

**CURSO DE
FORMACIÓN DE
PROFESORES DE
CIENCIAS**

Unidad Introdutoria

**CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS**

UNIDAD INTRODUCTORIA

**CÓMO COMENZAR UN CURSO
ELEMENTAL DE CIENCIAS**

**(Y CÓMO COMENZAR UN PROCESO DE
FORMACIÓN CONTINUA)**

Equipo de redacción:

Daniel Gil Pérez

Carlos Furió Más

Jaime Carrascosa Alís

(Universitat de València)

44118-1

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

**CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS**

(Y CÓMO COMENZAR UN PROCESO DE
FORMACIÓN CONTINUA)

Equipo de redacción:

Daniel Gil Pérez

Carlos Furio Mts

Jaine Carrascosa AIG

(Universitat de València)

Dirección y coordinación general:

Ánimo Gutiérrez Martín

Área de Estudios de Grado (Instituto de Investigación)

Formación Continua

Departamento de la S.E.H. MEC

Dirección científica y didáctica:

Daniel Gil Pérez (Universitat de València)

Dirección de la producción audiovisual:

Enric Foz (OMIA) (IAE)

Agradecemos de los textos para la educación a distancia

Este curso de enseñanza a distancia para la Televisión Educativa Iberoamericana se compone de 29 unidades didácticas, cada una de las cuales consta de material impreso y de un programa audiovisual.

R. 136430

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

Dirección y coordinación general:

Antonio Gutiérrez Martín
María Esperanza Galarraga González
Ramón Amiguet García
Gabinete de la S.E.E. MEC

Dirección científica y didáctica:

Daniel Gil Pérez (Universitat de València)

Dirección de la producción audiovisual:

Enric Pérez i Obiol (UAB)

Adaptación de los textos para la educación a distancia:

María González González

Soledad Esteban Santos

Carlos Romera Carrión

UNED

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de todas las personas e Instituciones que han participado en la elaboración de estos materiales y, en particular:

Agradecemos a todos los colegas que nos han ayudado con sus críticas y sugerencias. Concretamente queremos destacar la lectura cuidadosa de los textos que han realizado Josefina Barandiarán, Valentín Gavidia, Jordi Solbes, Pablo Valdés y Amparo Vilches.

Agradecemos también la inestimable labor de asesoría de las siguientes personas del Ministerio de Educación y Ciencia de España: Pilar Bacas, M^a Jesús Martín y Cristina Sanz (Centro de Desarrollo Curricular); Pilar Montero, M^a Jesús Martínez y M^a Jesús Peña (CIDEAD -Subdirección Gral. de Formación Permanente); Rafael Fontán y Aurelio Santisteban (Subdirección Gral. de Formación del Profesorado), Pablo Sanz (Programa de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación) y M^a Dolores López-Aranguren (Subdirección Gral. de Cooperación Internacional)

Agradecemos especialmente la cuidadosa lectura de esta unidad, así como las críticas y sugerencias, de los Asesores de Ciencias de los 21 Centros de Profesores y de Recursos que participan como tutores en la puesta en marcha del curso en España.

Por último, agradecemos la fructífera colaboración que, a través de M^a José García Sípido y Salvador Muñoz, la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando para la formación de tutores y adecuación de las redes nacionales para la educación a distancia en los países usuarios del curso.

Textos elaborados en 1995

©
Ministerio de Educación y Ciencia (España)
Universidad Autónoma de Barcelona
Universidad Nacional de Educación a Distancia

NIPO: 176-95-289-0
ISBN: 84-369-2802-4 (Obra completa)
ISBN: 84-369-2804-0 (Unidad Introdutoria)
Depósito legal: M-3380-1996

Diseño cubierta: Dpto. Dibujo UNED
Imprime: Din Impresores
Marqués de San Gregorio, 5 - 28026 Madrid

I. PRÓLOGO/SALUTACIÓN

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
I. PRÓLOGO/SALUTACIÓN	9
II. DESARROLLO DE LA UNIDAD	11
1. Cómo empezar un curso elemental de ciencias.....	11
2. Algunas concepciones docentes "de sentido común".	15
3. Visiones simplistas de la actividad científica.....	27
4. Creación de un clima de aula favorecedor del interés e implicación de los estudiantes.	35
5. Un hilo conductor para un curso elemental de ciencias.	44
III. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	51
IV. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE	55
V. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS	69
VI. SÍNTESIS Y PROFUNDIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS CIENTÍFICOS TRATADOS	73
VII. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA	77

I. PRÓLOGO/SALUTACIÓN

Estimadas y estimados colegas,

Somos varios equipos de profesores de ciencias que nos hemos planteado la necesidad de renovar nuestra enseñanza, porque nos preocupa el desinterés e incluso el rechazo de los estudiantes por las ciencias; porque nos preocupa que tantos alumnos y alumnas resulten suspendidos, año tras año, y abandonen los estudios científicos; porque nos preocupa, en definitiva, que las ciencias hayan perdido su atractivo como instrumento de liberación del pensamiento, de transformación positiva de nuestras vidas y de protección de la diversidad y riqueza de nuestro pequeño planeta.

Creemos que siguen teniendo razón quienes, a principios del siglo XX, reclamaban la incorporación de las ciencias en la formación general de los futuros ciudadanos, como elemento esencial de unas nuevas humanidades. Pero reconocemos que más de cincuenta años de enseñanza de las ciencias no han producido los optimistas resultados esperados. Ello tiene, sin duda, múltiples causas que es preciso estudiar con cuidado, sin caer en interpretaciones simplistas ni confiar en soluciones milagro. Pero estamos seguros de que nuestra preparación y actividad docente tienen mucho que ver en este asunto.

Hemos llegado a comprender que enseñar ciencias, o cualquier otra materia, no es una tarea simple, para la que basten unos ligeros conocimientos -como los que recibimos en nuestra formación inicial- y algo de práctica. Sabemos que existe ya una abundante investigación, en torno a los problemas de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, que permite plantear la enseñanza sobre bases más sólidas que la simple intuición o la mera repetición de "lo que siempre se ha hecho".

Los autores de estos materiales que hoy llegan a vuestras manos somos deudores de ese trabajo de investigación e innovación y os invitamos a trabajar con nosotros, a reflexionar y debatir en torno a los problemas con que nos hemos ido enfrentando -que os resultarán, sin duda, familiares- y a elaborar unos nuevos materiales para la introducción de las ciencias en esa etapa fundamental que se extiende de los 10/11 a los 14/15 años.

Entraréis así en contacto con seis equipos diferentes, que nos hemos coordinado para la realización de esta tarea y proseguir nuestra formación. Seis equipos que, como podréis apreciar, incorporan una clara -y, a nuestro entender, fecunda- diversidad de lenguajes, planteamientos y propuestas. Pero seis equipos que comparten también algunos principios básicos y, muy concretamente, una misma concepción de la enseñanza y

el aprendizaje de las ciencias, como actividades abiertas y creativas que no pueden reducirse a una simple transmisión/recepción de conocimientos.

Una primera visión de estos planteamientos comunes se ofrece en esta unidad de "Introducción al curso" e irá desarrollándose y profundizándose a lo largo de los seis bloques que conforman el curso, hasta culminar en una última unidad de recapitulación y perspectivas, con la que pretendemos dejar abierta la puerta a la continuación del perfeccionamiento docente, concebido como una tarea necesariamente permanente.

El formato de estos materiales intenta reflejar las actividades que suelen desarrollar los equipos: discutir sus dificultades científicas y didácticas, plantearse alternativas, preparar actividades para el trabajo en el aula... Hemos optado, pues, por una presentación en forma de diálogos. Unos diálogos entre profesores que poseen ya una cierta preparación didáctica y experiencia en tareas de innovación, pero que siguen siendo profesores en activo, con los que todos nosotros podemos dialogar y perfeccionar nuestra formación. Para ello se destacan mediante iconos las cuestiones que el equipo se plantea, para que -como se señala en la guía didáctica- cada lector o lectora genere su propia respuesta tentativa a los problemas científicos y didácticos abordados, antes de proseguir la lectura del texto, en el que podrá cotejar sus reflexiones con las que ofrecen sus colegas. Veréis así que, muy a menudo, tenemos intuiciones y planteamientos comunes, que expresan consensos crecientes en torno a la renovación de la enseñanza de las ciencias. Pero no se trata, por supuesto, de buscar una identidad empobrecedora de puntos de vista, sino de favorecer la reflexión y el debate para mejor fundamentar nuestra actividad docente, para abrir nuevas perspectivas y romper con la idea de que sólo es posible enseñar "como siempre se ha hecho"

Sabemos que participar en estos diálogos será una tarea exigente aunque también apasionante, que reclamará un trabajo constante y colectivo, como cualquier tarea con aspiración científica. Os invitamos, por ello, a embarcaros con nosotros en este proyecto de renovación de la enseñanza y de formación permanente. Tendremos, así, ocasión de discutir en profundidad los conocimientos científicos que hemos de enseñar; de plantear nuestros problemas y de aportar sugerencias, cotejándolas con las de otros profesores e investigadores; de conocer el cuerpo de conocimientos que constituye, ya hoy, la Didáctica de las Ciencias. Y, sobre todo, tendremos ocasión de repensar nuestra enseñanza, de hacerla más atractiva, eficaz y satisfactoria, para los estudiantes y para nosotros mismos.

¡Os esperamos cada semana! Muy cordialmente,

Vuestros nuevos colegas.

P.S. Debemos insistir en que esta unidad introductoria está destinada a la presentación y justificación de las orientaciones didácticas que presiden este proyecto, apoyándose en las adquisiciones de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. Se trata, por tanto, de una unidad con un contenido particularmente teórico... ¡pero no en el sentido peyorativo del término!. Muy al contrario, el tratamiento de los problemas que aquí se abordan es fundamental, como podréis constatar, para desbloquear los obstáculos que dificultan la renovación de la enseñanza de las ciencias. Os encargamos, pues, que discutáis con nosotros, detenidamente, las cuestiones que aquí se plantean y sobre las que habrá que volver a lo largo del curso. ¡No hay nada tan práctico como una buena reflexión teórica!

II. DESARROLLO DE LA UNIDAD

1. CÓMO EMPEZAR UN CURSO ELEMENTAL DE CIENCIAS

- ANA** Hoy comenzamos una nueva etapa de nuestro modesto seminario.
- LUIS** Modesto hasta hoy. A partir de ahora nos hemos comprometido en un trabajo mucho más sistemático y ambicioso.
- JUAN** Seguiré siendo modesto... aunque es verdad que ahora dejamos de trabajar solos y que ello nos va a abrir nuevas perspectivas.
- LUIS** Nos va a permitir conocer distintos planteamientos, estudiar propuestas novedosas...
- ANA** El hecho de que tengamos que presentar a los demás nuestro trabajo se convierte ya en un estímulo para profundizar e intentar mejorar nuestras propuestas.
- JUAN** Y la posibilidad de cotejar ese trabajo con el de otros grupos contribuirá a enriquecer nuestros planteamientos con nuevas ideas y procedimientos.
- LUIS** ¡Todo eso está muy bien! Pero no vamos a pasar la tarde diciendo lo estupendo que va a ser nuestro trabajo. Habrá que empezar a trabajar, ¿no?
- ANA** Habíamos quedado en preparar el comienzo de un curso de ciencias para niños y niñas de 10/11 a 14/15 años.
- JUAN** Sí, y se trata de algo bastante delicado: los comienzos de curso, los comienzos de cualquier tarea, tienen una importancia fundamental; deben permitir a los estudiantes plantearse el porqué de la misma, evitando que se vean "llevados por la nariz".
- LUIS** Sin embargo no se suele prestar mucha atención a esos comienzos. Se suelta un pequeño discurso el primer día de clase y ya está.

- ANA** Eso es el mejor de los casos. A menudo se comienza directamente por la primera lección.
- JUAN** Y la verdad es que los alumnos casi lo agradecen, porque los discursos del primer día de clase suelen ser aburridísimos y todos parecidos: cuatro frases sobre lo importante que es la asignatura... y, quizás, unas primeras advertencias sobre su dificultad y lo mucho que van a tener que estudiar si quieren aprobar.
- ANA** Así se dejan claras, desde el primer momento, las relaciones de poder y cuáles son las expectativas del profesorado.
- LUIS** En muchas ocasiones se incluye en este discurso inicial una descripción del "Método Científico", que los libros de texto presentan en las primeras páginas (y del que ya nadie vuelve a ocuparse en el resto del curso) que proporciona, además, una visión absolutamente empobrecida y deformada de la ciencia...
- JUAN** No es de extrañar que se produzca un claro rechazo, en nuestros estudiantes, hacia la ciencia y su aprendizaje, frustrando las optimistas previsiones de quienes a principio de siglo lucharon para que las ciencias formaran parte de la educación general de todos los ciudadanos.
- ANA** La verdad es que, según dicen los investigadores, los niños y niñas tienen, de entrada, una actitud muy favorable para acercarse al mundo de las ciencias (como hacia casi todo), pero su interés decrece de forma notoria a lo largo de su escolarización.
- LUIS** Quizás sea porque la dificultad de los estudios aumenta.
- ANA** Esa es una explicación simple y tranquilizadora: las ciencias son unas materias complejas, difíciles, que "no están al alcance de todo el mundo"
- LUIS** Bueno, algo de eso hay, ¿no?. Las ciencias y las matemáticas suelen ser las materias en las que el fracaso de los alumnos es mayor.
- ANA** ¡Sobre todo el de las alumnas!
- LUIS** ¿Qué quieres decir?
- ANA** Pues que bastantes investigaciones han mostrado mayores dificultades en las niñas que en los niños para seguir estudios superiores de ciencias, muy concretamente de Física o Matemática. Y una actitud más negativa de las alumnas hacia el aprendizaje de dichas materias. ¿Qué te parece?
- LUIS** Pues no sé...
- ANA** ¡Ajá! Eso es algo que no nos parece una solemne majadería y que estamos dispuestos a aceptar con facilidad.

LUIS ¡Mujer! No dejes que te ciegue el feminismo... Tú misma dices que es el resultado de numerosas investigaciones.

ANA ¡En efecto! Pero déjame que te cuente otra investigación que se hizo en Inglaterra con más de 300 profesores y profesoras... A cada uno de esos profesores se les propuso la corrección de un ejercicio en el que tenían que evaluar toda una serie de aspectos, catorce en total, acerca del nivel de los conocimientos, precisión en la realización de la tarea... y, sobre todo, "aptitud para la ciencia".

A todos se les entregó el mismo ejercicio, pero la mitad de las copias del ejercicio iban firmadas con el nombre de un chico y la otra mitad con el nombre de una chica.

LUIS No entiendo.

ANA. Quiero decir que todos los profesores corrigieron el mismo ejercicio, pero la mitad pensaban que era el de una chica y la otra mitad el de un chico.

LUIS ¿Y?

ANA ¿No te lo imaginas? ¡En los catorce aspectos, las medias de las calificaciones dadas a "la alumna" estuvieron claramente por debajo de las del "alumno"! Y, por supuesto, las aptitudes de "la chica" para proseguir estudios científicos eran inferiores a las del "chico".

LUIS ¡Eso no es posible!

JUAN Sí es posible. Y no se trata únicamente de una cuestión de discriminación sexista: algunas investigaciones han mostrado que cuando un profesor cree que determinados alumnos "son buenos", valora sus trabajos más positivamente y, lo que es más importante, les ayuda a progresar de acuerdo con sus expectativas; y lo mismo, pero al revés, si piensa que se trata de alumnos "malos".

Es muy conocida, p.e., la experiencia que se realizó en EEUU a finales de los años sesenta y que ha dado lugar a la expresión "Efecto Pigmalión": en un cierto número de escuelas de barrios desfavorecidos (con abundante población inmigrante, de la que suele fracasar en sus estudios y en muchas más cosas) se pasó un test de inteligencia y se hizo creer a cada profesor que tenía uno o dos estudiantes "superdotados", con un cociente intelectual muy por encima de la media.

LUIS ¿Y eso para qué?

JUAN Dos años después se volvió a pasar un test de inteligencia en esas clases y se constató que los estudiantes que habían sido seleccionados aleatoriamente como muy inteligentes... ¡ahora eran realmente más inteligentes que la media!

LUIS ¿Cómo es posible?



- JUAN** Está claro que el profesor les había ayudado porque creía en ellos; les había impulsado y transmitido sus expectativas positivas. Y esos estudiantes habían llegado a obtener buenos resultados y sus actitudes hacia el aprendizaje eran positivas.
- LUIS** ¿Tan poco objetivos somos?
- JUAN** La cuestión a debatir no es la objetividad... sino la importancia de las expectativas del profesor, su influencia en el comportamiento de los estudiantes. La cuestión estriba en darse cuenta de que nuestro propósito no ha de ser alcanzar esa difícil o imposible objetividad para discriminar a los estudiantes, sino tomar partido por ellos, ayudarles a todos y a todas, sabiendo que eso termina por producir resultados positivos hasta en condiciones muy desfavorables
- LUIS** Realmente son cuestiones inquietantes, sobre las que tendremos que volver con más detenimiento, puesto que parecen cuestionar radicalmente la forma de encarar la evaluación... pero creo que nos estamos alejando del tema de cómo comenzar el curso.
- ANA.** ¡No nos estamos alejando en absoluto! Piensa que **nuestro objetivo fundamental, en un comienzo de curso, tal vez sea despertar un interés crítico por la ciencia y su incidencia en nuestras vidas.** Y comportamientos nuestros como los que estamos discutiendo afectan muy negativamente a las actitudes de los estudiantes.
- JUAN** De hecho, comienza a comprenderse que no es posible mejorar, ni la actitud de los estudiantes ni otros resultados de nuestra enseñanza, si no se modifican previamente bastantes concepciones de los profesores acerca de la ciencia y su enseñanza. Si seguimos pensando, p.e., que las ciencias son una materia demasiado compleja para el común de los mortales conseguiremos, sin darnos cuenta, que la mayoría de nuestros estudiantes fracasen.
- LUIS** ¿Quieres decir que nosotros los profesores somos el obstáculo para la mejora de la enseñanza? ¡Me niego a que se nos culpabilice! Se nos paga mal, se nos obliga a trabajar con demasiados alumnos, sin medios, con horarios que no dejan tiempo para preparar adecuadamente las clases y encima... ¡La culpa del fracaso escolar es nuestra!
- ANA** ¡Venga, no te exaltes! No creo que Juan haya querido decir eso.
- JUAN** Bien sabéis que no. Yo también rechazo las culpabilizaciones. Pero tampoco pienso que Luis esté intentando decir que todo se resume en un problema de recursos (más salario, menos alumnos por aula, etc). Todos nosotros somos conscientes de que el problema de la enseñanza es muy complejo y que es necesario batallar en muchos frentes. Pero no creo que podamos excusarnos en las deficiencias estructurales (que exigen una acción sindical y política específicas) para no ocuparnos también de aquello en lo que tenemos una responsabilidad muy directa, como es la

cuestión de las expectativas y prejuicios docentes. Expectativas y prejuicios que, por otra parte, son los de toda la sociedad. Luchar contra ellos no es un ejercicio de autoflagelación, sino de liberación frente a los prejuicios sociales. Se es más crítico cuestionando la inevitabilidad del fracaso de la mayoría de los estudiantes y trabajando contra ella que tratando de explicarla con ataques a la administración.

ANA Además, no se trata de buscar culpables sino soluciones.

LUIS ¡De acuerdo, de acuerdo!

ANA Así, pues, habrá que ocuparse de esas concepciones docentes que hemos adquirido "por impregnación", sin darnos cuenta y, por tanto, sin someterlas a crítica, aceptándolas como algo "de sentido común".

LUIS ¿Y cuáles pueden ser esas concepciones?

JUAN Vale la pena que nos formulemos la pregunta. Aunque parezca que ello nos desvíe del tema, aclarar esta cuestión es fundamental para replantear nuestra enseñanza sobre bases más seguras.

ANA Pues hagámonos la pregunta:

¿Cuáles pueden ser las ideas, comportamientos y actitudes "de sentido común" sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que puedan estar obstaculizando la renovación de la enseñanza?



LUIS La verdad es que nunca había pensado en estas concepciones "de sentido común", pero ahora que lo hemos planteado se me ocurren un montón de cosas.

JUAN Es lo que nos pasa a todos; ello evidencia, en mi opinión, algo fundamental: estas concepciones docentes no constituyen un obstáculo de difícil superación, no son creencias y comportamientos muy arraigados, en cuya defensa "estemos dispuestos a morir", sino que son consecuencia de la falta de ocasiones para la reflexión explícita, para el análisis crítico. En realidad basta que nos planteemos la cuestión para que adoptemos una postura crítica y seamos capaces de distanciarnos de esas ideas y comportamientos, dejando de verlas como "evidencias" y pasando a considerarlas como simples hipótesis de las que hay que dudar.

ANA Así es. Pero, venga Luis, empecemos.

2. ALGUNAS CONCEPCIONES DOCENTES "DE SENTIDO COMÚN"

LUIS Creo que hemos de referirnos, en primer lugar, a las concepciones que ya hemos estado discutiendo sobre el carácter "natural" que atribuimos al fracaso de los

alumnos. La verdad es que los profesores recurrimos, a menudo, a clasificar a los alumnos en "listos" y "torpes", como si ello pudiera explicar los resultados de éxito o fracaso.

ANA Y lo peor es que también nuestros estudiantes aceptan esa explicación, como aceptan, sin ser conscientes de ello, que la Física, las Matemáticas o las Ingenierías son cosa de hombres.

JUAN A veces se da una explicación algo más sofisticada: no se habla de listos y torpes, sino de medio sociocultural alto o bajo, afirmando que "no se puede hacer nada con niños procedentes de medios culturalmente deprimidos", niños en cuya casa no se lee, etc.

ANA Sí, se argumenta que es muy difícil o imposible lograr nada de esos niños y niñas, olvidando experiencias como la del "Efecto Pigmalión" que has descrito antes, realizada en escuelas marginales... y muchas otras similares.

LUIS Podríamos decir que se busca una *justificación* al fracaso, más que intentar luchar contra el mismo.

ANA ¡Exacto! Y lo peor es que, si aceptamos el fracaso como algo normal -que tiene causas biológicas o sociológicas, *ajenas a nuestra acción*- transmitiremos expectativas negativas a quienes tengan dificultades, considerándolos como "incapaces"; valoraremos negativamente su trabajo y les haremos asumir a ellos mismos su "incapacidad". De este modo transformamos las dificultades iniciales en fracaso real.

LUIS Bueno, eso lo hemos de tomar como una hipótesis, ¿no?.

JUAN Por supuesto, una hipótesis contradictoria con la que considera "natural" el fracaso de elevados porcentajes de estudiantes. Es algo sobre lo que existe abundante investigación y sobre lo que tendremos que hablar detenidamente.

ANA Algo que obliga a replantear la función de la evaluación (¿ha de ser un instrumento de constatación o de intervención?). La evaluación es un aspecto de la enseñanza en el que se dan otras muchas concepciones docentes igualmente cuestionables.

JUAN Tendremos que hablar largamente sobre evaluación, claro está, pero ahora conviene seguir considerando la influencia de estas ideas sobre el clima que se crea en la clase desde los primeros días. Es preciso

discutir con los estudiantes estas cuestiones sobre el fracaso escolar,



llevarles a comprender que la inmensa mayoría de estudiantes pueden y deben tener éxito en sus estudios, que la clase no es un lugar de competición en el que el profesor haya de discriminar los "buenos" de los "mediocres", sino un lugar de trabajo colectivo del que todos pueden resultar beneficiados.

ANA El profesor o profesora ha de saber transmitir de forma sincera y creíble esas expectativas positivas y mostrar su compromiso personal para lograr que los estudiantes tengan éxito y disfruten, como él o ella, con el tratamiento de problemas científicos y tecnológicos. Tendrá que esforzarse, desde el primer momento (*sobre todo en los primeros momentos*), en vencer los temores e inercias de muchos estudiantes que se han habituado ya a dudar de ellos mismos y a desconfiar de la escuela. *Quizás sea ésta una de las primeras y más importantes cuestiones a plantearse en un comienzo de curso*. Pero sigamos viendo otras posibles "concepciones/obstáculo" de los docentes.

JUAN Existe otra concepción, pienso, o conjunto de concepciones que se refieren a la *obligación compulsiva de "cubrir el programa"*; una obligación que se convierte en obstáculo para profundizar debidamente en los temas y nos lleva a reducir la enseñanza de las ciencias a la transmisión verbal de conocimientos conceptuales, olvidando los procedimientos de la ciencia y, aún más, todo lo concerniente a los aspectos históricos y sociales de relación Ciencia/Tecnología/Sociedad.

ANA Estoy totalmente de acuerdo. Los temarios son siempre enciclopédicos y los profesores y profesoras nos sentimos en la obligación de cubrirlos o, mejor dicho, de cubrir sus aspectos más cerrados, más memorísticos, como si los otros aspectos procedimentales o de interacción CTS tuvieran mucha menos importancia.

JUAN También aquí es preciso algún tipo de acción, al principio de curso.

¿Qué podemos hacer para romper los prejuicios sobre la ciencia con que muchos estudiantes llegan a la clase, contemplándola como materia seca y aburrida, además de difícil?



LUIS ¡La fama de las "virtudes" de la enseñanza de las ciencias es ya "vox populi"!

ANA Habría que desmarcarse explícitamente de esa enseñanza habitual de las ciencias seca y aburrida y comenzar creando expectativa, "levantando el telón" a un mundo fantástico, lleno de incógnitas, de dilemas que van a apasionarles, de hechos sorprendentes, de conflictos dramáticos en los que se han enfrentado el dogmatismo y la búsqueda de la verdad, o los intereses particulares con la liberación de las mayorías...

LUIS ¡Eso suena a poesía!

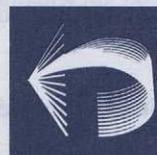
ANA. No sé si lo dices burlándote, pero aunque no sea poesía, sí es pasión y compromiso. Sin ellos es imposible que logremos transmitir a nuestros estudiantes el interés crítico por la ciencia. Mucho más importante que cualquier técnica de enseñanza es que los estudiantes puedan percibir el entusiasmo del profesor por la materia y su compromiso con el progreso de todos los alumnos y alumnas, sin discriminaciones por cuestión de sexo, origen social u otras.

JUAN La verdad es que todo esto afecta a otro tipo de concepciones docentes que se traducen en un cierto clima de frustración de quienes nos dedicamos a la enseñanza, como si se tratara de una actividad sin relevancia y escaso interés. Ignoramos, así, las satisfacciones que puede producir la docencia como tarea abierta y creativa que es... si somos capaces de romper con inercias y visiones empobrecedoras de la enseñanza como tarea "simple y repetitiva"; si somos capaces de apropiarnos del cuerpo de conocimientos que la Didáctica de las Ciencias está generando.

ANA Y de implicarnos en la construcción de ese cuerpo de conocimientos, sin limitarnos a "asimilar" pasivamente lo que producen los "expertos".

LUIS Eso me parece fundamental. Si los profesores nos limitamos a "aplicar recetas" elaboradas por otros, difícilmente podremos ver nuestra tarea como algo creativo y apasionante.

ANA. Bien... ¿Habéis pensado en alguna otra concepción que pueda constituir un obstáculo a la renovación de la enseñanza de las ciencias?



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 1

1. Enumere las concepciones docentes "de sentido común" que han sido discutidas.
2. ¿Por qué se considera que las concepciones docentes no constituyen un obstáculo de difícil superación?
3. ¿Qué argumentos daría contra la práctica de discriminar a los estudiantes en "listos" y "torpes"?
4. ¿En qué sentido la "obligación de cubrir el programa" puede convertirse en obstáculo a una buena enseñanza?

JUAN Creo que hemos tocado aspectos esenciales del pensamiento docente "de sentido común". Yo añadiría solamente las concepciones que los profesores solemos tener y transmitir *sobre la propia ciencia*. Aunque pueda parecer extraño, la

enseñanza de las ciencias proporciona una visión muy deformada y empobrecida sobre la naturaleza de la actividad científica.

LUIS Ello puede ser consecuencia de la atención casi exclusiva que se da a la transmisión de conocimientos ya elaborados.

ANA La verdad es que, últimamente, se está investigando mucho en torno a las concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia.

Juan En opinión de muchos investigadores, esas visiones deformadas constituyen uno de los obstáculos fundamentales para la renovación de la enseñanza.

LUIS Convendría, pues, sacarlas a la luz.

¿Cuáles pueden ser las concepciones deformadas sobre la ciencia que la enseñanza suele transmitir?



ANA Bueno, no se trata únicamente de concepciones de los docentes, sino de toda la sociedad. Los estudiantes llegan ya con una visión muy deformada. Una forma muy simple y fecunda de ver la imagen que nuestros estudiantes adquieren de la actividad científica es

pedirles que representen, mediante algún dibujo, lo que para ellos es la ciencia,



Esa es una actividad que, creo, todos nosotros hemos ensayado.

JUAN En efecto, esos dibujos resultan muy ilustrativos. Aparece, en general, un único científico, mostrando la ciencia como una actividad individual, de "genios solitarios".

LUIS La forma de trabajo en clase contribuye a ello, con la habitual prohibición a los alumnos de que hablen entre ellos y la exigencia de un trabajo puramente individual.

ANA Y ese científico es, por supuesto un hombre, denotando el habitual elitismo sexista.

JUAN Ese elitismo es una de las deformaciones más graves que proporciona la enseñanza de las ciencias: se transmiten así expectativas negativas hacia la mayoría de los estudiantes, con claras discriminaciones por razones étnicas, de origen social o, como tú señalas, Ana, por razones de sexo, presentando la ciencia y la técnica como actividades eminentemente "masculinas".

- LUIS** Una cosa curiosa es que, a veces, se da una visión diametralmente opuesta a esa concepción "velada" de la que tú hablas, presentando los conocimientos como algo muy claro, obvio, "de sentido común", olvidando que la construcción científica parte, precisamente, de la duda sistemática, del cuestionamiento de lo que parece obvio. Olvidando que muchas de las cosas que se intenta presentar como "de sentido común", fueron mal comprendidas durante mucho tiempo por los propios científicos y son el resultado de un largo proceso de clarificación.
- JUAN** Es cierto, pero en el fondo esa visión "de sentido común" no deja de ser elitista, porque el efecto es el mismo: convencer a los estudiantes de que "no están a la altura", puesto que ni siquiera pueden entender las cosas más sencillas.
- LUIS** Volviendo a los dibujos, puede notarse también que el investigador aparece manipulando cachivaches, en una habitación en la que, sorprendentemente, no se ven libros... como si hacer ciencia fuera, fundamentalmente, observar y manipular.
- ANA** En ocasiones, además, dibujan un signo de admiración o la palabra ¡Eureka! sobre la cabeza del científico, para resaltar la idea de descubrimiento, fruto de esas observaciones y manipulaciones. Con otras palabras, el prototipo del científico es el de alguien que mira y manipula para "descubrir" los hechos, las leyes, sin dejarse influenciar por "ideas contaminantes".
- JUAN** Se trata de un empirismo extremo que destaca el papel de la observación y experimentación "neutras" ("no contaminadas por ideas apriorísticas"), olvidando el papel que juegan las hipótesis y los conocimientos que se poseen en aquello que se observa y estudia. Ello constituye uno de los tópicos más extendidos y erróneos acerca de la naturaleza de la ciencia.
- ANA** Hay que señalar, sin embargo, que esa exaltación es puramente verbal y que la enseñanza, en general, es puramente libresca, sin apenas trabajo experimental.
- JUAN** Eso es menos contradictorio de lo que parece. En realidad, sólo en la medida en que la enseñanza continúa siendo libresca, puede mantenerse el mito de una ciencia basada en la observación y experimentación "neutras". Con otras palabras: la experimentación constituye en la enseñanza una especie de "revolución pendiente" cuyo papel ha sido mitificado: se espera que el solo hecho de realizar prácticas va a resolver todos los problemas, que los estudiantes van a interesarse y a comprender, etc.
- LUIS** Ligada, en parte, a esa concepción, está la creencia en un "Método Científico" (con mayúsculas) como conjunto de etapas a seguir rígidamente: primero observar, etc.
- JUAN** Sí, se trata de una *visión rígida, "exacta"* e infalible que resalta, fundamentalmente, los tratamientos cuantitativos, el control riguroso, etc, olvidando -e incluso rechazando explícitamente- lo que supone invención, duda, creatividad...

ANA Por ello el hombre de los dibujos suele ser muy serio: calvo, con gafas... como corresponde a alguien que realiza un trabajo metódico, desapasionado...

LUIS Además, los dibujos muestran al científico como una persona "fuera del mundo", que se aísla y sólo vive para su ciencia, ajeno a la vida real, a las relaciones ciencia/técnica/sociedad. Se transmite así la idea de que lo importante es observar y experimentar, aplicando el "Método científico" para descubrir la verdad (por supuesto absoluta y neutra).

ANA Ello no es de extrañar, si tenemos en cuenta que el contexto social, los intereses que mueven la actividad científica, son escamoteados en la enseñanza habitual.

JUAN En efecto, esta visión aséptica, exacta e infalible es el resultado de la práctica habitual de ocuparse únicamente de los aspectos conceptuales y, más aún, de transmitir dichos conocimientos en su forma actual, sin mostrar su evolución, las dificultades encontradas... ni siquiera los problemas que generaron su construcción, ni, mucho menos, las limitaciones del conocimiento actual y sus perspectivas de desarrollo. Se proporciona así una *visión aproblemática y ahistórica*, vale decir dogmática.

ANA Contribuye a esa visión ahistórica la *presentación lineal* de los conocimientos, como si estos se hubieran producido ordenadamente en un proceso acumulativo, sin dificultades, sin crisis, sin necesidad de remodelaciones profundas.

JUNA Tampoco se resaltan -ni siquiera se mencionan- los procesos de unificación, de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios. No se hace comprender que la idea de unidad de la materia es una conquista de la ciencia, fruto de profundizaciones que han mostrado la relación entre campos aparentemente desconexos:

¿A qué procesos de unificación podríamos referirnos, que hayan tenido una cierta relevancia en la historia de la ciencia?



LUIS Un ejemplo paradigmático lo constituye la teoría de la gravitación universal, que unificó las mecánicas terrestre y celeste, consideradas como esencialmente distintas.

ANA Y la teoría Darwiniana de la evolución, que estableció lazos entre la especie humana y el resto del mundo animal.

LUIS El electromagnetismo vino a unificar campos tan aparentemente separados como la óptica y la electricidad.

- ANA** La síntesis orgánica vino a derribar la supuesta barrera entre la química de los seres vivos y la de las sustancias inanimadas. Hasta bien avanzado el siglo XIX se pensaba que era imposible sintetizar en el laboratorio las sustancias químicas que forman los seres vivos.
- JUAN** Quizás este olvido sea debido al carácter conflictivo que algunas de estas unificaciones tuvieron desde el punto de vista ideológico, al afectar, p.e., a los dogmas religiosos que colocaban a la Tierra, en reposo, en el centro del universo, o que se negaban a ver la relación existente entre la especie humana y el resto de los animales.
- ANA** Pero hoy se sigue transmitiendo una *visión exclusivamente analítica* y cada asignatura es tratada como algo absolutamente autónomo, sin referirse a los problemas que permiten establecer puentes entre distintos dominios científicos y concebir nuevas unificaciones.
- JUAN** Como vemos, las concepciones sobre la ciencia vienen a reforzar las que habíamos discutido acerca de la enseñanza y el aprendizaje. Por ello se considera hoy tan importante sacar a la luz y someter a crítica esas concepciones deformadas sobre la ciencia que la enseñanza habitual transmite a los estudiantes.
- LUIS** Pero no se trata sólo de la visión transmitida por la escuela: los "comics" o la TV ofrecen esa misma imagen. En la sociedad, el calificativo de científico es sinónimo de incuestionable e inmejorable. Por eso, a menudo, los productos comerciales son anunciados en la TV por un señor con bata blanca que utiliza una terminología aparentemente científica.
- JUAN** Exacto. Pero la escuela, en vez de cuestionar esa imagen "folk" de la ciencia, la refuerza por acción u omisión.
- LUIS** **La clarificación de la naturaleza de la ciencia debería ser una de las primeras actividades a realizar en el curso**, si queremos que los estudiantes comiencen a ver la actividad científica como algo más próximo a ellos y, por otra parte, como algo más creativo, *más aventura del pensamiento y de la acción*.
- ANA** Sí, pero ello exige bastante más que sacar a la luz y discutir estas concepciones.
- JUAN** Podríamos recapitular un poco lo que hemos hecho hasta aquí y ver cómo planteamos la continuación.
- LUIS** La verdad es que hasta aquí hemos hablado más de los profesores que de los estudiantes. No sé cómo, pero la cuestión del comienzo de un curso de ciencias nos ha llevado a discutir acerca de las concepciones docentes "de sentido común".

JUAN. Creo que la relación está bastante clara: un comienzo de curso debería servir para romper con ciertas visiones incorrectas acerca de la ciencia y su enseñanza, que están ejerciendo una influencia muy negativa en las actitudes de los estudiantes. Lo que ocurre es que las visiones de los estudiantes son consecuencia y reflejo del comportamiento y actitudes de los propios profesores. Pensar en modificar las actitudes de los estudiantes conduce, así, a cuestionar ciertas concepciones docentes que pueden estar jugando un papel de obstáculo. Y eso es lo que hemos estado haciendo.

LUIS ¿No creéis que valdría la pena resumirlas?

ANA Yo me he entretenido en elaborar un pequeño cuadro que sintetiza más o menos las concepciones docentes a las que hemos hecho referencia, mirad (ver **cuadro 1**).

LUIS ¡No sé como te las apañas para preparar estas síntesis mientras estamos discutiendo!

CUADRO 1

ALGUNAS CONCEPCIONES DOCENTES DE SENTIDO COMÚN

- A) Considerar como "natural" el fracaso generalizado de los alumnos y alumnas en las materias científicas por razones de determinismo biológico (alumnos "listos" y "torpes") o sociológico (no se puede hacer nada con alumnos "marcados" por medios culturalmente desfavorecidos). Se tiene, en particular, una actitud distinta hacia los alumnos y hacia las alumnas por lo que respecta a la "capacidad" para las ciencias. Es preciso a este respecto poner en duda la supuesta objetividad de las evaluaciones, así como su uso casi exclusivo para juzgar a los alumnos.
- B) Atribuir las actitudes negativas hacia la ciencia y su aprendizaje a causas externas (sociales, etc), ignorando el papel que en ello juega el tipo de enseñanza, actitud y expectativas del profesorado hacia los alumnos, etc.
- C) Reducir el aprendizaje de las ciencias a ciertos conocimientos y (a lo sumo) algunas destrezas, olvidando aspectos históricos, sociales,... A este respecto es esencial cuestionar la "obligación de cubrir el programa" (en general enciclopédico), lo que se convierte en obstáculo para profundizar debidamente en los temas.
- D) Vivir la profesión docente con frustración, como una tarea de "rango inferior", ignorando las satisfacciones potenciales que esta actividad comporta como tarea abierta y creativa.
- E) Actuar como autoridad que debe imponerse a los estudiantes (evitando que "se desmanden") y obligarles a trabajar.
- F) Considerar que enseñar es fácil, bastando algunos conocimientos científicos, experiencia, sentido común... o encontrar la receta adecuada.
- G) Transmitir una visión simplista de lo que es la ciencia y el trabajo científico.

JUAN ¿No te has dado cuenta de cómo se pasa el tiempo llenando fichas que ordena y reordena hasta quedar satisfecha?

ANA Es cuestión de práctica. Ya sabéis que, durante algún tiempo, trabajé en una empresa en la que frecuentemente tenía que preparar informes de largas sesiones de discusión. Me acostumbré a elaborar esquemas y a sintetizar las ideas principales de un debate. La verdad es que eso me ha sido muy útil en clase, porque puedo extraer y ordenar con relativa facilidad las aportaciones de los estudiantes.

JUAN Pienso que es una capacidad fundamental en la que deberíamos ejercitarnos todos.

ANA En realidad, con los estudiantes resulta bastante fácil; si has preparado la sesión puedes prever en buena medida las ideas que van a aparecer, y ello te permite reformular aportaciones confusas o embrionarias, para que el resto de la clase pueda apreciarlas.

LUIS ¿No se corre el riesgo de *forzarles* a decir lo que tú esperas que digan e ignorar otras aportaciones?

ANA Creo que, en realidad, ocurre justo lo contrario. Cuanto más preparada llevas la sesión, más flexible eres y menos se te escapan las aportaciones novedosas, inesperadas... porque dominas mejor la situación. También eso lo aprendí durante mi trabajo en esa empresa: siempre que podía me informaba previamente de quiénes iban a reunirse, cuál era el tema del encuentro, etc. De esa manera mis síntesis eran mucho más ricas y fieles.

LUIS ¡Se ve que te fue muy útil ese período para tu actividad docente!

ANA Es verdad, me fue útil en muchos aspectos; me dio, p.e., un cierto sentido de responsabilidad, de necesidad de elaborar productos bien hechos, que no siempre adquirimos en la enseñanza, donde a veces parece que no importa lo que ocurra en el aula, no importa, p.e., que la mitad de los estudiantes repruebe. Pero, sobre todo, ese período me ha hecho apreciar en todo su valor el trabajo docente, la posibilidad que encierra de realizar un trabajo abierto y creativo. Creo que el sentimiento de frustración de muchos docentes es debido a que no saben apreciar su trabajo, porque carecen de referencias.

JUAN Tienes razón. Muchos profesores no hemos salido nunca de la escuela; dejamos de ser alumnos para, al día siguiente, ser profesores. No es extraño que nos ahogemos un poco. Algunos autores recomiendan que los profesores hagamos, durante cierto tiempo, otro tipo de trabajo. Parece que ello tiene efectos muy favorables, tanto desde el punto de vista psicológico como desde el que supone

conocer una actividad de las llamadas productivas, con todas sus exigencias en lo que se refiere a compromisos de fechas, calidad del "acabado", etc.

LUIS Sin embargo, pienso que eso no deja de comportar ciertos riesgos. Las situaciones de trabajo "productivo" están, a menudo, asociadas a un cierto clima autoritario -con capataces "vigilantes", desconfiados y exigentes- y ello puede reforzar las tendencias autoritarias de los profesores. Desde ese punto de vista, una experiencia extraescolar más fructífera puede ser participar en un equipo de investigación, donde se vive una situación más libre, centrada en una tarea interesante, y en donde las relaciones entre los expertos y los "aprendices" están marcadas por la colaboración, por la implicación en objetivos comunes, y no por la imposición.

JUAN Me parecen reflexiones muy acertadas.

ANA Por supuesto; no se trata de hacer pensar que el modelo "fábrica" es el que debe inspirar a la escuela. Ya he dicho que, para mí, la principal aportación de ese trabajo "extraescolar" ha sido hacerme apreciar las ventajas de la enseñanza, a la que volví, pese a que el otro trabajo era más conveniente desde el punto de vista económico.

LUIS En cualquier caso, volviendo a tu cuadro, creo que has sintetizado muy bien las concepciones que hemos discutido... ¡e incluso una que no habíamos discutido!

ANA Te refieres a la del autoritarismo, claro. La verdad es que yo la tenía apuntada, pero se me pasó exponérsela. Ahora podemos discutirla y eliminarla, si pensáis que no debe aparecer.

JUAN Al contrario, ese autoritarismo es muy real y está contribuyendo a la visión dogmática que transmitimos de la ciencia.

LUIS Precisamente, lo que yo echo en falta en tu cuadro son los ejemplos que hemos dado de las visiones simplistas y deformadas de la actividad científica. ¡Es lo que más tiempo hemos estado discutiendo!



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 2

1. Resumir en un cuadro las principales deformaciones sobre la naturaleza de la ciencia a las que se ha hecho referencia.

CUADRO 2.

LAS CONCEPCIONES ESPONTÁNEAS SOBRE LA CIENCIA
COMO OBSTÁCULO FUNDAMENTAL

- **Visión empirista y ateórica:** Se resalta el papel de la observación y de la experimentación "neutras" (no contaminadas por ideas apriorísticas"), olvidando el papel esencial de las hipótesis y de la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos (teoría).

Por otra parte, pese a esta importancia dada (verbalmente) a la observación y experimentación, en general la enseñanza es puramente libresco, sin apenas trabajo experimental. Ello favorece que la experimentación conserve para profesores y alumnos el atractivo de una "revolución pendiente".

Se incide particularmente en esta visión ateórica cuando se presenta el aprendizaje de la ciencia como una cuestión de "descubrimiento" o se reduce a la práctica de "los procesos" con olvido de los contenidos.

- **Visión rígida** (algorítmica, "exacta", infalible...): Se presenta el "Método Científico" como conjunto de etapas a seguir mecánicamente. Se resalta, por otra parte, lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc, olvidando -o, incluso, rechazando- todo lo que significa invención, creatividad, duda...
- **Visión problemática y ahistórica** (ergo dogmática): Se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, etc, ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento actual o las perspectivas abiertas.
- **Visión acumulativa, lineal:** Los conocimientos aparecen como fruto de un crecimiento lineal, ignorando las crisis, las remodelaciones profundas. Se ignora, en particular, la discontinuidad radical entre el tratamiento científico de los problemas y el pensamiento ordinario.
- **Visión exclusivamente analítica,** que resalta la necesaria parcialización de los estudios, su carácter acotado, simplificadorio, pero que olvida los esfuerzos posteriores de unificación y de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios, el tratamiento de problemas "frontera" entre distintos dominios que pueden llegar a unirse, etc.
- **Visión "velada", elitista:** Se esconde la significación de los conocimientos tras el aparato matemático. No se realiza un esfuerzo por hacer la ciencia accesible, por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores... como los de los propios alumnos.

En el mismo sentido, se presenta el trabajo científico como un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmitiendo expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos, con claras discriminaciones de naturaleza social y sexual (la ciencia es presentada como una actividad eminentemente "masculina").

- En el polo opuesto nos encontramos con una **Visión de "sentido común":** Los conocimientos se presentan como claros, obvios, "de sentido común", olvidando que la construcción científica parte, precisamente, del cuestionamiento sistemático de lo obvio.
- **Visión individualista:** Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos... Se deja creer, en particular, que los resultados de un sólo científico o equipo pueden verificar o falsar una hipótesis.
- **Visión descontextualizada, socialmente neutra:** Se olvidan las complejas relaciones C/T/S y se proporciona una imagen de los científicos como seres "por encima del bien y del mal", encerrados en torres de marfil y ajenos a las necesarias tomas de decisión.

Como reacción puede caerse en una **visión excesivamente sociologista** de la ciencia que diluye completamente su especificidad, así como en planteamientos muy simplistas: exaltación de la ciencia como factor absoluto de progreso o rechazo sistemático (a causa de su capacidad destructiva, efectos contaminantes, etc).

ANA La importancia de las concepciones espontáneas sobre la ciencia merece un cuadro aparte. ¿Qué os parece éste? Está sacado de un artículo que resume bastante bien las deformaciones más comunes (ver **cuadro 2**).

JUAN Deja que lo

leamos con detenimiento.



ANA Quizás resulta algo duro de leer así seguido, pero es un buen documento de referencia que recoge con claridad, pienso, las deformaciones más graves y frecuentes.

JUAN Refleja las visiones deformadas que transmite la enseñanza y nos sugiere, al propio tiempo, cuáles van a ser las concepciones de los estudiantes. En el comienzo del curso hemos de sacar a la luz y cuestionar esas concepciones sobre la ciencia de los estudiantes, que constituyen un verdadero obstáculo para lograr una actitud positiva hacia el aprendizaje.

LUIS Y a lo largo de todo el curso deberemos cuidar de no favorecer esas deformaciones e intentar su sustitución por una visión más correcta.

ANA ¡Más abierta y creativa!

LUIS ¡Socialmente contextualizada!

ANA ¡Que resalte su carácter colectivo!

LUIS ¡Cuántas cosas! Tendremos que pensar en un programa de actividades para lograr que los estudiantes adquieran esa nueva visión.

JUAN Quizás debamos pensar, primero, en un programa *para nosotros*. A lo mejor no es tan importante (o no es siquiera posible) que estudiantes de estas edades reflexionen explícitamente sobre la naturaleza de la ciencia. Pero lo que sí está claro es que los profesores necesitamos tener y transmitir una visión más correcta de la ciencia.

3. VISIONES SIMPLISTAS DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

LUIS Creo que es una buena idea que discutamos nosotros algo más sobre la naturaleza del trabajo científico.

ANA En efecto, si los peligros de deformación son tan grandes, me parece necesario dedicar mayor atención a clarificar lo que puede ser una visión más correcta y a cómo conseguir transmitirla.

JUAN Yo matizaría lo de "peligros tan grandes". El auténtico peligro está en la falta de reflexión, aceptando acríticamente las visiones simplistas que suelen transmitirse. Pero conviene insistir, una vez más, en que basta un mínimo de reflexión colectiva para que estas visiones sean cuestionadas. Los peligros no son, pues, tan grandes.

ANA Lo que quiero decir es que hay numerosas posibilidades de formación.

JUAN Eso es verdad. Y a menudo sólo se presta atención a una de ellas, al inductivismo, p.e., con lo que se incurre fácilmente en las otras. Últimamente está de moda denunciar las visiones socialmente descontextualizadas de la ciencia y se introducen muchas actividades sobre interacciones CTS... pero se está incurriendo en visiones ateóricas, olvidando que no se puede hablar de ciencia si no hay construcción de cuerpos *coherentes* de conocimientos. En ese sentido, creo que tienes razón, Ana: hay que prestar atención, *a la vez*, a los distintos aspectos de la actividad científica, proporcionando una imagen que los integre todos adecuadamente.

LUIS Una forma de mostrar con bastante claridad las ideas que se tienen sobre el trabajo científico es mediante un "diagrama de flujo".

ANA ¿Qué es eso?

LUIS Imaginemos que en nuestra opinión la actividad científica comenzara por la observación, continuara después con una experimentación sistemática, con la interpretación de los resultados... pues vamos dibujando cuadritos con cada uno de esos aspectos y uniéndolos mediante flechas que indiquen cómo están relacionados, ¿ves?, algo así.

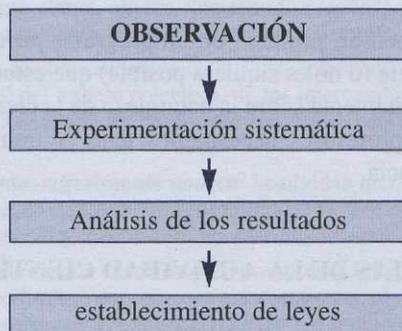


Figura 1. Posible diagrama de un proceso de investigación.

¿Qué críticas podría hacerse a un diagrama como el de la figura 1?



ANA Puede decirse que ese esquema reúne casi todos los defectos que hemos criticado. Por ejemplo, es empirista y atórica: no hace ninguna referencia al cuerpo de conocimientos... se comienza a observar y ya está, como si lo que observáramos no estuviera determinado por los conocimientos que ya tenemos y los problemas que nos interesan.

LUIS Da una visión apromblemática y absolutamente rígida y lineal.

ANA. Y no refleja para nada la naturaleza colectiva del trabajo científico, ni las relaciones CTS... ¿No creéis que estos diagramas transmitirán siempre una visión rígida y empobrecida de la actividad científica?

JUAN Constituyen representaciones esquemáticas, por supuesto, pero pueden proporcionar una visión mucho más compleja y correcta que ésta. Y constituyen una forma muy gráfica de resumir información. Un diagrama como el anterior nos ha permitido detectar rápidamente hasta qué punto la visión de su autor es rígida y simplista.

LUIS (riendo) ¡Eh, oye, que lo he hecho yo!

ANA Yo no veo cómo se puede mostrar con estos diagramas el carácter colectivo de la ciencia o su contextualización social. Y ¿cómo mostrar que es un proceso complejo, con intentos fallidos, con hipótesis que resultan "falsadas" (o "falseadas", como dicen algunos)? Yo pienso que todo eso es demasiado para una representación gráfica.

JUAN Creo que lo importante es no perder de vista lo que se quiere mostrar, hacerse preguntas como las que tú acabas de formular. Estoy seguro de que a ti y a cualquiera de nosotros se nos ocurre la forma de evitar la impresión de actividad lineal.

LUIS Se pueden incluir bifurcaciones, flechas hacia atrás para indicar revisiones y vueltas a empezar...

ANA No creo que se pueda mostrar toda la riqueza de la actividad científica en un diagrama.

JUAN *Toda* la riqueza, seguro que no. Pero piensa que, como dice Luis, la gente necesita visualizar sus ideas. Incluso si no los hacemos explícitos, nuestra mente "dibu-

ja" diagramas como esos. Es importante, pues, intentar elaborar algo que no caiga en los simplismos y deformaciones que has sintetizado en tu segundo cuadro. Si tenemos eso en mente, estoy seguro de que podemos construir algo aceptable.

ANA Quizás tengáis razón...

LUIS Lo que ocurre es que eso necesita tiempo. Si queréis yo puedo encargarme de hacer un borrador y traerlo el próximo día.

ANA Me parece muy bien, pero ¡preparate! En esos diagramas se notan mucho los defectos.

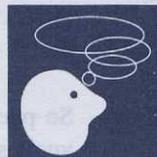
JUAN ¡Acabas de destacar uno de sus méritos principales! En esos diagramas *todo* se nota mucho, todo está a la vista; un texto es más dúctil, permite decir más cosas, pero es más opaco, no muestra con tanta claridad aquello a lo que se da importancia. Pienso que podemos confiar en el trabajo de Luis, pero estoy seguro de que tú misma harías también un buen diagrama, *porque tienes una idea clara de lo que quieres mostrar*.

LUIS Estoy de acuerdo. Lo esencial es tener presente todos los peligros de deformación, todos los reduccionismos que hemos contemplado, e intentar que nuestro diagrama no incurra en ellos. De ese modo el producto ha de ser, casi inevitablemente -lo haga quien lo haga- más correcto. (¡Eso espero!).

ANA Si me permites una sugerencia... una buena forma de construir esquemas complejos como éste es preparar pequeñas fichas de papel y escribir en cada ficha los distintos aspectos que pensamos deben figurar en el diagrama. Después ensayamos su colocación sobre una hoja grande; una vez satisfechos podemos pegar las fichas y trazar las conexiones (flechas y textos complementarios) que consideremos necesarias para que el diagrama refleje lo mejor posible la visión que tenemos de la actividad científica.

LUIS Me parece una buena idea, porque la movilidad de las fichas facilita los ensayos y correcciones. Me encargaré, pues, de:

Elaborar un diagrama que refleje el proceso de investigación científica, intentando evitar los habituales reduccionismos y deformaciones en que se incurre al hablar de "Método Científico".



ANA (Una semana después) ¡Estoy impaciente por ver tu diagrama!

LUIS Nuestro diagrama. Es, en gran medida, fruto de nuestra discusión; y espero que refleje adecuadamente que fue una discusión productiva. Aquí tenéis una copia para cada uno (ver figura 2).

DIAGRAMA DE UNA INVESTIGACION

REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UN PROCESO ABIERTO, SIN REGLAS NI ETAPAS RIGIDAS

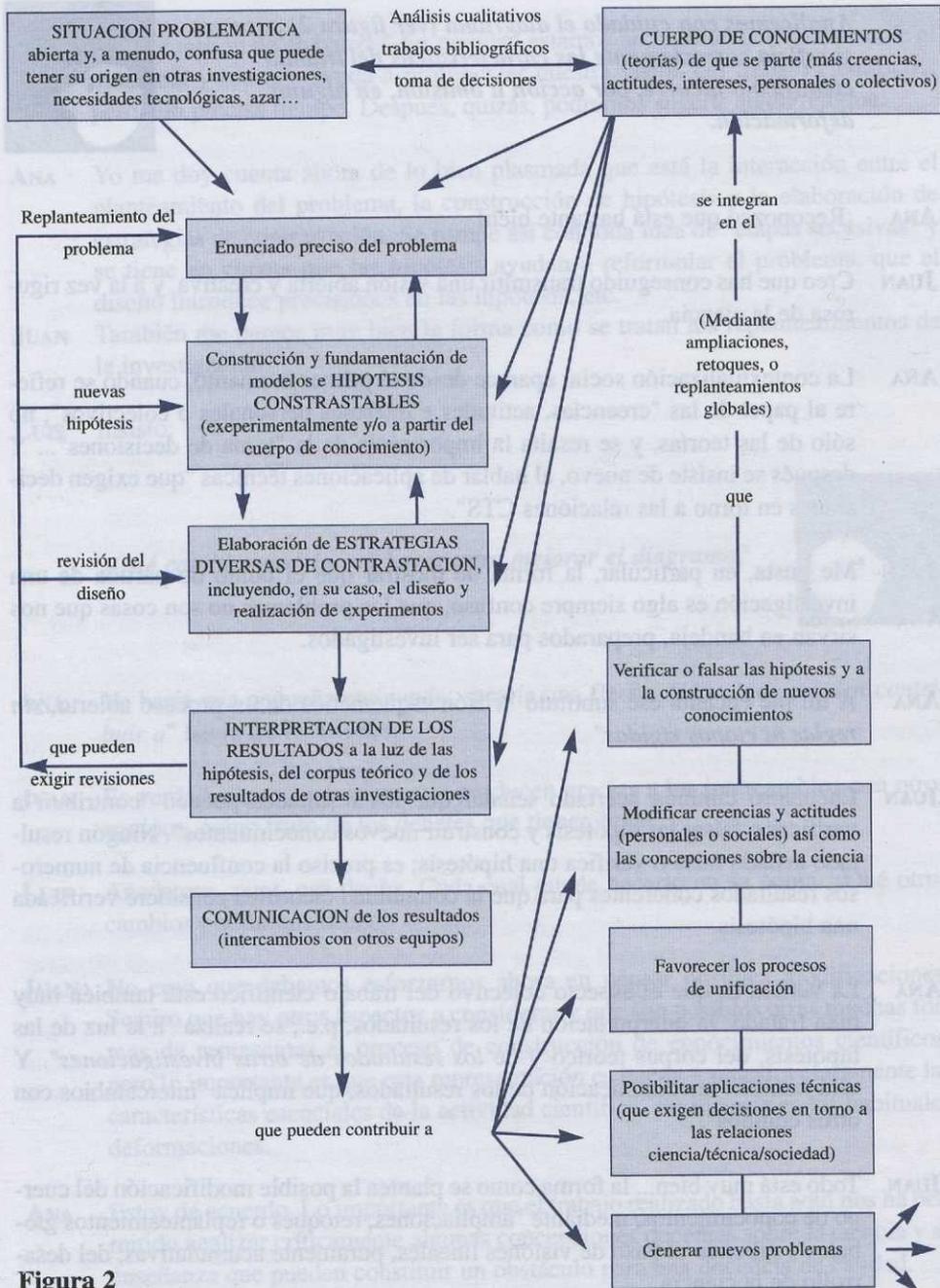


Figura 2

ANA ¡Uy cuánta flechita! Esto parece muy complicado.

JUAN Venga, leámoslo con cuidado:

Analicemos con cuidado el diagrama (ver figura 2) para ver si refleja correctamente las características del trabajo científico o incurre, por acción u omisión, en alguna deformación.



ANA ¡Reconozco que está bastante bien!

JUAN Creo que has conseguido transmitir una visión abierta y creativa, y a la vez rigurosa de la ciencia.

ANA La contextualización social aparece desde el primer momento, cuando se refiere al papel de las "creencias, actitudes e intereses personales o colectivos", no sólo de las teorías, y se resalta la importancia de la "toma de decisiones"... Y después se insiste de nuevo, al hablar de aplicaciones técnicas "que exigen decisiones en torno a las relaciones CTS".

JUAN Me gusta, en particular, la forma de mostrar que el punto de partida de una investigación es algo siempre confuso, que los problemas no son cosas que nos sirvan en bandeja, preparados para ser investigados.

ANA A mí me encanta ese subtítulo "visión esquemática de un proceso abierto, *sin reglas ni etapas rígidas*"

JUAN Encuentro también acertado señalar que los resultados pueden "contribuir a verificar o falsar las hipótesis y construir nuevos conocimientos". Ningún resultado aislado falsa o verifica una hipótesis; es preciso la confluencia de numerosos resultados coherentes para que la comunidad científica considere verificada una hipótesis.

ANA La verdad es que el aspecto colectivo del trabajo científico está también muy bien tratado: la interpretación de los resultados, p.e., se realiza "a la luz de las hipótesis, del corpus teórico y de *los resultados de otras investigaciones*". Y está también la comunicación de los resultados, que implica "intercambios con otros equipos".

JUAN Todo está muy bien... la forma como se plantea la posible modificación del cuerpo de conocimientos, mediante "ampliaciones, retoques o replanteamientos globales", saliendo al paso de visiones lineales, puramente acumulativas, del desarrollo de la ciencia.

ANA Y la visión abierta que se ofrece con esas flechitas finales que surgen de "generar nuevos problemas". Como dijo no sé quien, una investigación fructífera plantea más problemas que resuelve.

LUIS Dejaros de alabanzas y pensemos qué convendría añadir o modificar.

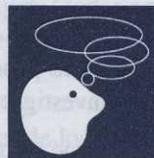
JUAN No es cuestión de alabanzas. En realidad estamos analizando cuidadosamente el diagrama y eso nos ayuda a profundizar nuestra visión del trabajo científico... pero ello precisa tiempo. Después, quizás, podremos sugerir algún retoque.

ANA Yo me doy cuenta ahora de lo bien plasmada que está la interacción entre el planteamiento del problema, la construcción de hipótesis y la elaboración de estrategias de contrastación. Se rompe así con toda idea de "etapas sucesivas" y se tiene en cuenta que las hipótesis ayudan a reformular el problema, que el diseño introduce precisiones en las hipótesis, etc.

JUAN También me parece muy bien la forma como se tratan los replanteamientos de la investigación.

LUIS Insisto:

¿Qué cambios podríamos hacer para mejorar el diagrama?



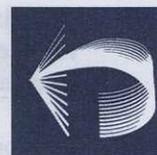
ANA Yo haría una pequeña enmienda: sacaría una flecha desde "que pueden contribuir a" hacia las revisiones.

JUAN Es verdad, algunas revisiones se producen gracias a los intercambios con otros equipos, como fruto de los debates que tienen lugar.

LUIS Añadamos, pues, esa flecha. Cada cual puede hacerlo en su copia. ¿Qué otros cambios podríamos hacer?

JUAN No creo que debamos esforzarnos ahora en pensar posibles modificaciones. Seguro que hay otros aspectos a considerar y que son posibles otras muchas formas de representar el proceso de construcción de conocimientos científicos, pero lo importante es que esta representación es buena y muestra claramente las características esenciales de la actividad científica, sin incurrir en las habituales deformaciones.

ANA Estoy de acuerdo. Lo importante es que el trabajo realizado hasta aquí nos ha permitido analizar críticamente algunas concepciones docentes sobre la ciencia y su enseñanza que pueden constituir un obstáculo para una docencia de calidad.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 3

1. La observación es considerada, a menudo, como el origen de una investigación. ¿Qué argumentos utilizaría contra dicho planteamiento?
2. En otras ocasiones se señala que las investigaciones tienen su origen en un problema. Matice esa afirmación.
3. ¿A la luz de qué ha de hacerse la interpretación de los resultados en una investigación?
4. ¿Podemos considerar que una hipótesis queda verificada si los resultados de un experimento la apoyan?
5. Indique alguna de las posibles implicaciones de una investigación, además de contribuir a verificar o falsar las hipótesis manejadas.
6. ¿Qué papel juega el cuerpo teórico de conocimientos en el desarrollo de una investigación?
7. ¿Qué se quiere decir al afirmar que "una buena investigación plantea más problemas que resuelve"?

JUAN Me parece que hemos tratado con detenimiento la cuestión de la naturaleza del trabajo científico. Ello va a permitir proporcionar a nuestros estudiantes una visión que salga al paso de las deformaciones más comunes. Pero pienso que el comienzo del curso no puede limitarse a esa clarificación, ni que debemos insistir demasiado en la misma.

ANA Yo insisto en que **el objetivo fundamental de un comienzo de curso debería ser despertar un interés crítico para la ciencia y su incidencia en nuestras vidas.** Y ello exige, por supuesto, romper con ciertas deformaciones como las que hemos comentado y que afectan negativamente a la actitud de los estudiantes. Pensemos, p.e., en la incidencia de una concepción elitista que presente la ciencia como una actividad muy compleja, supuestamente inalcanzable para la mayoría de los estudiantes. Es preciso desmitificar esas ideas.

LUIS Pienso que sería muy útil promover una discusión en torno a **¿Por qué estudiar ciencias?** ¿Por qué incluirlas en la formación general de los futuros ciudadanos y ciudadanas? Esto puede permitir que los estudiantes expongan y discutan algunos intereses y preocupaciones iniciales en torno al papel de la ciencia.

JUAN Vale la pena que discutamos todo eso y pensemos en cómo crear un clima favorable en el aula y, en definitiva, en cómo generar interés por los estudios científicos, tal como insiste Ana.

4. CREACION DE UN CLIMA DE AULA FAVORECEDOR DEL INTERÉS E IMPLICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES

ANA Yo pienso que la discusión inicial acerca de por qué estudiar ciencias deberíamos modificarla ligeramente y plantearla de una forma más abierta, como, p.e.:

¿Hasta qué punto merece o no la pena dedicar parte de nuestros esfuerzos al estudio de las ciencias?



Habría que plantearlo como un debate realmente abierto, pidiendo a los estudiantes que expongan todos sus argumentos a favor o en contra, todas sus críticas y temores... que discutan con entera libertad sobre la ciencia y sobre la enseñanza de las ciencias que han recibido hasta el momento.

LUIS Me parece una buena idea. Eso va a permitir que surjan bastantes de los defectos de la enseñanza habitual de las ciencias y bastantes de las deformaciones más comunes sobre la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, no sé si empezaría así o dedicaría un par de clases, antes de entrar en materia, a algo mucho más informal como "**levantar el telón al espectáculo de la ciencia**" y realizar algunas actividades "vistosas", sólo por el placer de realizarlas y poder afirmar "*la ciencia tiene la respuesta*".

JUAN Me parece excelente pensar en una introducción "suave y placentera", utilizando algunas de las numerosísimas experiencias atractivas que pueden realizarse en el campo de la óptica, de la electricidad, de la química... y despertar el gusano de los cómo y los por qué.

ANA Seguro que los propios estudiantes conocen algunos "trucos" y juegos que pueden mostrar a sus compañeros y compañeras. Se puede crear así un clima de "feria científica" que se podría mantener, bien dosificado, a lo largo del curso. Este aspecto de ciencia/espectáculo puede convertirse en un aliciente fabuloso y dejar planteadas preguntas que podrán contestarse, en parte al menos, a lo largo del temario.

JUAN Sí, es muy importante recuperar para la clase esta aproximación lúdica que, como han mostrado algunos museos interactivos de la ciencia, puede convertir-

se en un potente factor motivador, sobre todo si son cosas que los estudiantes aprenden a hacer y les permite después sorprender a sus familiares y amigos:

Pensemos en algunas experiencias atractivas para una introducción lúdica al curso.



- LUIS** Los propios estudiantes conocen algunos fenómenos (aunque no sepan explicarlos) y pueden presentarlos a los demás. Seguro que muchos de ellos saben, p.e., cómo erizar los largos cabellos de una compañera, o cómo "pegar" un globo al techo de la habitación con sólo frotarlo un poco.
- ANA** O cómo fabricar "móviles" de un equilibrio muy estable, con tres palillos y dos migas de pan.
- LUIS** O cómo montar cinco palillos con forma de estrella para que, al quemar una punta de la misma, los palillos salten por los aires.
- JUAN** Si nos ponemos a mencionar ejemplos no terminaremos nunca. Existen numerosos libros de *ciencia recreativa* que recogen centenares de observaciones y experiencias que pueden convertirse en espectáculo. El mismo *Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias* es una buena fuente de información a este respecto.
- LUIS** Bueno, que conste que esta introducción lúdica no la he propuesto como alternativa al debate que Ana propone acerca de "hasta qué punto merece o no la pena estudiar ciencias", que me parece fundamental.
- JUAN** En efecto, ese debate puede favorecer una participación autocrítica del profesor, que dé pie a cuestionar la forma en que habitualmente se enseñan las ciencias y la visión deformada que se transmite de la actividad científica.
- ANA** Una cosa que no ha quedado muy clara es hasta qué punto conviene entrar en una discusión sobre lo que es o no es la ciencia. Parece una reflexión demasiado abstracta para niños y niñas de estas edades.
- JUAN** Es cierto; pero también lo es que llegan ya con ideas al respecto que no podemos ignorar ni dejar que sigan jugando su papel desmotivador. Habrá que buscar la forma de discutir estas cuestiones, sin pretender profundizar demasiado, pero cuestionando claramente las principales deformaciones "bloqueadoras". Ya nos hemos referido, p.e., a la que atribuye a la ciencia una dificultad por encima de la capacidad de la mayoría de la gente. Si no deshacemos esas concepciones será imposible crear un clima favorable y lograr una real implicación de los estudiantes.

- LUIS** Yo pienso que no será demasiado difícil discutir estas cuestiones y presentar la ciencia como una aventura apasionante y como algo que nos afecta a todos. La ciencia no puede aparecer como una actividad y un lenguaje secretos, en manos de sus sumos sacerdotes, los científicos... ¡y del poder que les paga!
- JUAN** Habrá que recordar, por el contrario, el papel "subversivo" y liberador que jugó inicialmente. Recordar que las comunidades científicas y los movimientos democráticos se apoyaron mutuamente.
- LUIS** Sin ocultar tampoco el sometimiento creciente de muchos científicos a los poderes establecidos.
- JUAN** En efecto, no se trata de hacer un panegírico, sino de plantear un debate y mostrar que *hay una lectura progresista de la ciencia*, que es la que debemos impulsar, ofreciendo criterios a los futuros ciudadanos para contribuir a un desarrollo científico-técnico favorable para la humanidad y nuestra pequeña nave espacial.
- LUIS** Y para oponerse de forma efectiva a aquellos desarrollos tecnológicos que sólo favorecen los intereses a corto plazo de pequeñas minorías.
- ANA** Esos son argumentos para estudiar ciencias, para hacer comprender la necesidad de que todo ciudadano y ciudadana adquiera la formación que le permita participar en la toma de decisiones fundamentadas sobre problemas de interacción CTS.
- JUAN** Pero también es una forma de romper con la imagen de una ciencia "neutral", desconectada de los problemas que afectan a nuestras vidas.
- LUIS** La idea sería aprovechar las intervenciones de los estudiantes en un debate inicial "pro y contra la ciencia y su enseñanza". Seguro que aparecerán críticas a, p.e., el carácter "oscuro", difícil de comprender, de la ciencia, etc. Eso nos permitirá denunciar la visión elitista y *tomar partido contra ella*, garantizándoles que en nuestra clase eso no va a ocurrir, que vamos a trabajar de una forma que hará posible que todos comprendan, que todos adquieran una formación científica.
- ANA** Y al decir todos queremos decir *todos y todas*. Será una buena ocasión para cuestionar la creencia de que hay ciencias y tecnologías más propias de los hombres. Podemos informarles de hechos como el que os conté ayer sobre las distintas notas dadas a un mismo ejercicio atribuido a un niño o a una niña.
- LUIS** Seguro que las críticas de los estudiantes dan pie para discutir la visión "exacta", dogmática, de la ciencia. Se puede, entonces, resaltar la importancia de la imaginación, de las conjeturas (como ensayos o intentos de explicación) que son después analizadas, puestas a prueba. Hacerles perder el miedo al error: toda

idea es, en principio, buena, puesto que las que no funcionan nos ayudan a imaginar otras. Creo que es importante resaltar este carácter *tentativo* del trabajo científico; puede ayudarles a romper con la idea de que se trata de "acertar" la buena respuesta, lo que es causa de inhibición.

ANA Eso me parece fundamental, puesto que permite a los estudiantes expresar libremente las ideas que tengan o se les ocurran, sin temor a que sean erróneas. Muchos investigadores están dando hoy una gran importancia a las "ideas previas" con las que los estudiantes llegan a clase y con las que es preciso conectar, so pena de que interfieran con los nuevos aprendizajes. Tendremos que hablar con detenimiento, en alguna sesión, de estas ideas previas, pero vale la pena señalar que los tratamientos tentativos que estamos proponiendo favorecen la expresión funcional de las mismas.

JUAN Me parece muy importante transmitir este carácter tentativo de la ciencia... aunque habría que evitar también que caigan en una visión de simple "ensayo y error". Deben comprender que, antes de pasar a la acción, los científicos sopesan las conjeturas intentando imaginar otras, argumentando sus pros y contras, analizándolas a la luz de lo que ya hemos aprendido al estudiar otros problemas.

ANA Eso tendrán que ir aprendiéndolo poco a poco, con nuestra ayuda, con nuestras preguntas... puesto que se trata, en cierto modo, de *violentar* formas cotidianas de comportamientos que son muy diferentes.

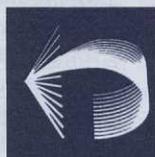
LUIS Sí, tendrán que ir acostumbrándose a que, cuando se hace ciencia, hay que dudar sistemáticamente, esforzarse en imaginar posibilidades, no precipitarse, no dejarse llevar por la primera idea que pasa por la cabeza...

ANA Quizás la diferencia esencial entre el pensamiento ordinario y el científico estriba, precisamente, en dejar de apoyarse en las "evidencias" del sentido común, en lo que parece obvio y fuera de dudas, para pasar a pensar en términos de hipótesis, cuestionando las evidencias e imaginando nuevas posibilidades que hay que fundamentar y someter cuidadosamente a prueba, comparando los resultados de diferentes estudios, etc.

LUIS En el pensamiento ordinario nos planteamos, además, cuestiones concretas para las que buscamos respuestas y soluciones inmediatas, mientras que el pensamiento científico se caracteriza por una preocupación constante por la coherencia global, por relacionar los estudios puntuales y ver en qué medida se contradicen o se apoyan, contribuyendo a la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos.

JUAN Son diferencias muy marcadas que suponen un cambio profundo en el comportamiento. Por ello mismo no podemos pretender, en esta etapa, que los estudiantes hagan un trabajo plenamente científico, con todas sus exigencias de

búsqueda de coherencia, construcción de cuerpos de conocimientos... Se trata, más bien, de favorecer una actividad pre-científica, la entrada en contacto con nuevos campos de experiencia, la resolución de problemas prácticos... Es mucho más efectivo, en esta etapa, favorecer la ampliación del campo de experiencias interesantes y la resolución de problemas tecnológicos, que intentar la adquisición de cuerpos de conocimientos.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 4

1. Exponga algunos argumentos en favor del estudio de las ciencias en la formación general de los futuros ciudadanos y ciudadanas.
2. ¿Qué diferencias esenciales señalaría entre el pensamiento ordinario y el pensamiento científico?
3. ¿Puede considerarse que el objetivo de la enseñanza de las ciencias, en esta etapa, es proporcionar una formación plenamente científica?

LUIS Yo tengo aquí el esquema propuesto por unos autores para plantear el aprendizaje de las ciencias como una investigación (ver **cuadro 3**). Si queréis podemos analizarlo y

pensar en qué medida serían válidas, para esta etapa, unas estrategias que orienten el aprendizaje como una investigación (cuadro 3) o qué cosas habría que modificar.



ANA Para empezar yo diría que es una propuesta que me parece muy coherente con la idea de ciencia que hemos estado discutiendo, como actividad abierta que aúna creatividad y tratamiento riguroso, que tiene en cuenta las interacciones CTS... La veo como una buena propuesta para la enseñanza secundaria superior.

LUIS Coincido contigo... para nuestros alumnos creo que habría que "rebajar" algunos aspectos, como el énfasis puesto en la elaboración de cuerpos coherentes de conocimientos.

JUAN ¿Creéis conveniente otra orientación?

CUADRO 3.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA PARA UN APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN

1. **Plantear situaciones problemáticas que** -teniendo en cuenta las ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes de los alumnos y alumnas- **generen interés** y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
2. Proponer a los estudiantes el **estudio cualitativo de las situaciones problemáticas** planteadas y la toma de decisiones, con la ayuda de las necesarias búsquedas bibliográficas, para acotar problemas precisos (oportunidad para que comiencen a explicitar funcionalmente sus ideas y formas de pensamiento).
3. **Orientar el tratamiento científico de los problemas** planteados, lo que conlleva, entre otros:
 - La invención de conceptos y emisión de hipótesis (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones).
 - La elaboración de estrategias de resolución (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
 - La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en **oportunidad de conflicto socio-cognoscitivo entre distintas concepciones** (*tomadas todas ellas como hipótesis*) y obligar a concebir nuevas hipótesis.
4. **Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones** para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Tecnología/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones) y dirigiendo este tratamiento -hasta donde sea posible en este nivel- a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene toda ciencia.

Favorecer, en particular, las *actividades de síntesis* (esquemas, memorias, mapas conceptuales...), la *elaboración de productos* (susceptibles de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea) y la concepción de nuevos problemas.

LUIS Yo creo que no... la idea general es poner a los estudiantes en situación de construir conocimientos en vez de recibirlos ya elaborados, ¿no?

ANA De construirlos a partir de situaciones problemáticas susceptibles de generar interés... En eso creo que estamos completamente de acuerdo.

JUAN Y responde a los resultados de la investigación didáctica, que han mostrado la escasa efectividad del modelo de transmisión/recepción.

- LUIS** El problema reside, claro está, en saber encontrar o diseñar esas situaciones problemáticas susceptibles de generar interés. Más aún: no se trata de pensar en actividades sueltas, sino en auténticos *programas de investigación* susceptibles de orientar y prever el trabajo de los estudiantes. Y, por supuesto, no existen recetas para garantizar que un determinado programa vaya a funcionar bien.
- JUAN** Eso es un problema, sin duda, pero también un reto, un estímulo que transforma la enseñanza en algo creativo, no sólo para los estudiantes, sino también para nosotros, que hemos de preparar programas adecuados de actividades y saber dirigir la realización de las mismas... ayudar a los estudiantes con nuestra retroalimentación, con nuestras reformulaciones, con nuestras preguntas... Todo eso se convierte, para nosotros, en un trabajo de investigación aplicada que debe someter los programas de actividades a control experimental (al utilizarlos en el aula) y a la crítica de otros colegas, introduciendo retoques o remodelaciones en profundidad.
- ANA** ¡Para eso estamos aquí! ¿no? Para hacer una tarea que nos interese y que interese a nuestros estudiantes, para pasarlo bien y hacérselo pasar bien... ¡Y encima que aprendan y que nosotros sigamos aprendiendo! Eso es muy exigente, claro, pero también hay que saber tomárselo con calma, sin forzar los ritmos ni pretender "revolucionar" la enseñanza de la noche a la mañana. Aquí hay y habrá siempre mucho trabajo que hacer... pero también hay cada vez más gente trabajando.
- LUIS** Pensemos que nosotros, no hace mucho, todavía dábamos la clase "explicando la lección" o haciendo que se aprendieran el libro. Pero volvamos a nuestro cuadro. Yo creo que también es muy adecuado para esta etapa resaltar el estudio cualitativo de las situaciones. En realidad cualquier tarea exige una aproximación cualitativa inicial. Lo que ya no veo tan claro es llevar adelante con alumnos de estas edades todo lo que supone el tratamiento científico de los problemas.
- ANA** Estoy de acuerdo, pienso que habrá que ir con cuidado con los aspectos más operativos y rigurosos, tales como la definición precisa de problemas, la invención de conceptos, la realización de experimentos rigurosos o el análisis de resultados... y sobre todo, como ya hemos dicho, habrá que evitar poner un énfasis excesivo en la construcción y manejo de cuerpos de conocimientos... Pienso que hay que centrarse en tratamientos más puntuales y pre-teóricos.
- LUIS** Por lo demás, creo que esta orientación investigativa es muy válida, para esta etapa, si se destacan aspectos como la elaboración de productos, susceptible de favorecer la actividad tecnológica que, como sabemos, ha precedido miles de años a la propiamente científica.
- JUAN** La cuestión estriba en transmitir esta perspectiva a los estudiantes, ofrecerles esta posibilidad de implicarse en una tarea creativa y apasionante.
- ANA** Deberíamos plantear esta propuesta como el fruto de sus propias reflexiones críticas sobre la ciencia y sobre la enseñanza, no como algo que viene de fuera, que se les da ya hecho.

JUAN De este modo empezamos a ser coherentes con esa orientación investigativa.

LUIS ¡Tampoco vamos a hacerles creer que ellos pueden inventarlo todo! Eso también sería presentar una visión deformada de la ciencia; deben saber que cualquier pequeño avance exige mucho trabajo.

JUAN Tienes razón; esto es algo que convendrá aclarar. La situación que van a vivir en clase no será la de meros receptores obligados a asimilar lo que nosotros les transmitimos ya hecho... pero tampoco va a ser la que viven los científicos que investigan en un campo desconocido; en ese caso, los avances -si los hay- son lentos y sinuosos. Lo que trataremos de hacerles vivir en la escuela es una situación de *investigación dirigida*.

ANA Esa es la que suelen vivir los científicos durante su período de formación, es decir, cuando se incorporan a un equipo.

JUAN Exacto. Se les suele proponer que repliquen alguna investigación, que aborden algún problema conocido por gente del equipo. De este modo pueden ayudar al "principiante", aunque no mediante una simple transmisión de conocimientos, sino planteándoles preguntas adecuadas, permitiéndoles comparar sus resultados embrionarios con los de quienes han avanzado ya en ese campo, etc.

ANA Podríamos decir que este modelo de enseñanza concibe a las estudiantes como *investigadores noveles* y al profesorado como expertos capaces de dirigir a los noveles, es decir, de ayudarles a avanzar. Ésta es una metáfora más fructífera que la que concibe a los estudiantes como simples receptores o la que les considera científicos plenamente formados.

LUIS En algún momento habrá que aclarar esto a los estudiantes, para que no se formen una idea equivocada de las exigencias y dificultades del trabajo científico. En caso contrario, huyendo del elitismo, podemos caer en la trivialización.

JUAN Todo eso habrá que ir dosificándolo poco a poco; pero, al principio, lo más importante es romper con la idea de que aprender ciencias es una actividad libresca, poco o nada interesante, dirigida a memorizar conceptos oscuros.

ANA Debemos conseguir que vean la clase como un "centro de investigaciones" en el que van a realizar tareas creativas, interesantes, con la ayuda del profesor/experto.

JUAN Ese es el clima que hemos de crear, en efecto. Y eso afecta a muchas cosas: a la idea de ciencia que los estudiantes tienen y que la escuela, lamentablemente, refuerza...

ANA. Al tipo de interacciones que pueden darse en el aula; ahora hemos de potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico, estructurando la clase en equipos y favoreciendo los intercambios entre dichos equipos...

LUIS Al papel del profesor, que no puede ser el de un "capataz" desconfiado que "vigila" el trabajo de los estudiantes, ni tampoco el de un "juez" objetivo, sino el de un "director de investigaciones", tan interesado en el avance de los "noveles" como ellos mismos y que "tira de ellos" con cordialidad, sin exigencias ni acritud.

ANA La verdad es que se trata de un cambio de clima bastante profundo, que exige seguridad en el profesorado.

LUIS Y un cierto "aguante" inicial, porque a veces los alumnos interpretan este cambio de clima como debilidad del profesor.

JUAN Hace falta una serena firmeza, es verdad, pero, sobre todo, transmitir seguridad a los estudiantes; seguridad de que así van a aprender más y más a gusto. Y eso supone evitar discursos moralizantes y centrarse cuanto antes en tareas interesantes que proporcionen resultados satisfactorios. Si esto funciona, el clima de la clase cambiará y la actitud de los estudiantes hacia la ciencia y su aprendizaje se hará más positiva.

LUIS ¡Así sea!

ANA ¡Estupendo! Podemos pasar, pues, al último punto de esta introducción al curso, destinado a la elaboración de una concepción preliminar de la tarea a realizar, que pueda servir de hilo conductor para los estudiantes... y para nosotros mismos.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 5

1. Intente recapitular las estrategias de enseñanza de las ciencias que conciben el aprendizaje como una investigación y coteje su síntesis con el cuadro 3.
2. ¿Qué aspectos de dichas estrategias conviene resaltar en esta etapa?
3. ¿En qué sentido las estrategias de enseñanza propuestas constituyen también una investigación para los profesores y profesoras?
4. ¿Qué metáfora ilustra mejor el papel de los estudiantes y profesores en las estrategias de enseñanza-aprendizaje como investigación? ¿A qué otras metáforas se opone?

5. UN HILO CONDUCTOR PARA UN CURSO ELEMENTAL DE CIENCIAS

LUIS Lo primero que hay que tener en cuenta es que, en nuestro caso, hay un programa oficial que contiene una serie de bloques, dados en un cierto orden (no sé con qué criterios):

1. Los ecosistemas
2. Los seres vivos
3. Energía
4. Descripción y estructura de la materia
5. Estudio de algunos sistemas materiales
6. El cuerpo humano y la salud.

JUAN Creo que merece la pena "guardar" momentáneamente esa información, que habrá que tener en cuenta, por supuesto, pero que planteada así, de entrada, puede parecer una camisa de fuerza.

ANA ¿Acaso no lo es?

JUAN Debemos intentar que no lo sea.

LUIS ¡Ya nos dirás cómo!

JUAN Ya *buscaremos* cómo. Por lo pronto sugiero que nos olvidemos de esa información y comencemos como si tuviéramos plena libertad para diseñar un currículo junto con nuestros estudiantes.

ANA ¿Para después frustrarles y frustrarnos?

JUAN Os ruego un poco de confianza. Hagamos como si tuviéramos plena libertad y no nos preocupemos más; mi hipótesis es que eso nos permitirá conectar con las propuestas oficiales, pero dándoles un sentido del que ahora carecen. ¡Dadme media hora de confianza, por favor!

LUIS ¡Está bien! ¿Qué es lo que propones?

JUAN Primero, como ya hemos dicho, plantearíamos **cuál puede ser el interés de estudiar ciencias**. Después creo que deberíamos preguntarnos -y preguntar a nuestros estudiantes- **cuál puede ser la imagen que se han ido formando sobre cómo son las cosas y cómo se comportan**, a través de sus estudios de enseñanza Primaria y, sobre todo, a través de la actividad cotidiana en su vida extraescolar. **Qué pueden decir, en definitiva, de este mundo del que forman parte.**

ANA ¿Y cuál puede ser esa imagen?

JUAN Se trata, precisamente, de que lo pensemos:

¿Qué imagen de la realidad pueden haber adquirido los estudiantes, a través de su actividad cotidiana y de sus estudios de Primaria?



LUIS Para mí esa imagen se resume en una palabra: confusión. La diversidad de lo existente y los constantes cambios observados y vividos van a producir una impresión de desorden.

JUAN Sí, ¿pero eso es todo?

ANA Yo pienso que también habrán apreciado constancias, cosas que se repiten o no varían.

JUAN Esa oposición entre diversidad y cambio, por una parte, y regularidad y permanencia, por otra, constituye, precisamente, un buen resumen de la visión compleja que generan las primeras reflexiones sobre nuestro universo. En eso nuestros estudiantes van a conectar con reflexiones de pensadores de hace 2000 años... que siguen siendo válidas como punto de partida.

El deseo de avanzar en la comprensión de esa realidad compleja, confusa y contradictoria, para poder incidir en ella y por el placer mismo de la comprensión, ha constituido uno de los más potentes móviles de reflexión y de trabajo a lo largo de la historia de la humanidad. Y potenciar o generar ese deseo ha de constituir un objetivo fundamental de la enseñanza, muy particularmente en esta etapa.

LUIS Entiendo, pues, que un hilo conductor para este curso elemental de ciencias podría ser la búsqueda de regularidades en la diversidad de lo existente y la comprensión de los cambios para hacer posible el control de los mismos.

JUAN No me parece nada mal.

ANA A mí me parece bastante abstracto. Habría que concretar eso; quizás sería más claro y más interesante hablar de "búsqueda de regularidad en la diversidad de los seres vivos", p.e., o de "cambios en el medio físico terrestre"...

LUIS Estoy de acuerdo. En realidad mi frase sólo tiene sentido como síntesis reformuladora. Los estudiantes pueden manifestar su interés por conocer cosas de los animales y de las plantas, por comprender algunos fenómenos como los terremotos o los volcanes...

ANA Por asomarse a ese mundo fantástico que nos muestra una noche estrellada...

LUIS Por penetrar en el interior de los objetos y saber de qué y cómo están hechos, es decir, cuál es la estructura de la materia.

JUAN Fijaos que esos son dominios en los que se ejemplifica la diversidad, en los que buscar regularidades, y cuyos cambios queremos conocer y controlar. Realmente podemos tomar la propuesta de Luis como hilo conductor, especificando cuáles son los dominios de la realidad por los que los estudiantes pueden interesarse.

ANA Los seres vivos, en primer lugar, y muy particularmente la especie humana.

LUIS El medio físico terrestre en el que vivimos: las montañas, el mar... la atmósfera... asomándonos al estudio de las sustancias, es decir, intentando saber de qué está formado lo que nos rodea, incluido nuestro propio cuerpo.

JUAN Y asomándonos también a los objetos celestes, es decir, al resto del universo y al lugar de la Tierra en el mismo.

ANA De esa forma lo incluimos todo: desde lo extraordinariamente pequeño (el estudio de los componentes de las sustancias, de la estructura de la materia) a lo extraordinariamente grande (estudio de los cuerpos celestes, del firmamento) pasando por lo que corresponde a nuestra propia escala, que merece una atención más detenida: el medio físico terrestre y los seres vivos que lo ocupan, incluidos nosotros mismos.

LUIS Sí, puede ser una especie de mirada panorámica a lo que existe; una mirada descriptiva e interpretativa, que intente comprender los cambios, cómo y por qué se producen...

ANA Los cambios y las permanencias.

JUAN Los equilibrios dinámicos, en definitiva, que caracterizan lo que denominamos *ecosistemas*... Ahora os ruego que volvamos al temario oficial:

Intentemos acoplar en nuestro hilo conductor los bloques incluidos en el temario oficial.



LUIS A ver... Aparecen los seres vivos, incluido el estudio del cuerpo humano; también aparece el medio físico terrestre en el tema de los ecosistemas.

JUAN Y en el de "Estudio de algunos sistemas materiales", donde se engloba la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera, además del sistema solar.

- ANA** Con lo cual nos asomamos también al mundo de lo extraordinariamente grande.
- LUIS** El capítulo de la energía permite asomarse al estudio de los cambios.
- JUAN** Y el de los ecosistemas al de las permanencias, o, con otras palabras, al estudio de los equilibrios dinámicos, fruto de las interacciones entre sus componentes.
- ANA** Es verdad que el temario oficial puede adaptarse a nuestra propuesta, pero lo que no entiendo en absoluto es el orden de los temas. ¿Por qué comenzar viendo el de "los ecosistemas" que introduce un concepto bastante complejo?
- JUAN** Yo tampoco creo que ese sea el mejor orden. *Y nadie nos obliga a mantenerlo.* Un currículo no puede ser algo tan cerrado que no sólo fije el temario, sino incluso el orden de los temas. Lo que importa es que el orden elegido tenga una cierta lógica y ésta se haga explícita, de forma que el hilo conductor elegido tenga sentido para los estudiantes.
- ANA** Vale la pena insistir en eso porque, en general, un temario es presentado sin justificación alguna, con lo que se produce un efecto puramente acumulativo.
- LUIS** También vale la pena llamar la atención sobre la diferencia entre currículo y temario, pues en caso contrario se favorece la reducción del primero al segundo.
- ANA** En efecto, el currículo es algo mucho más amplio que el temario elegido. En nuestro caso incluye la familiarización con todo lo que hemos discutido acerca de las estrategias del trabajo científico y del desarrollo de un interés crítico por la ciencia y las interacciones CTS.
- LUIS** Volviendo al temario, quizás fuera mejor comenzar con el estudio de los seres vivos, como algo más próximo y motivante para los estudiantes y seguir con el estudio del medio físico terrestre, asomándonos, por último, al estudio del universo y, más concretamente, del sistema solar al que pertenece nuestra Tierra. Estos estudios iniciales, más descriptivos, plantean problemas de comprensión acerca de los cambios que se observan y de las transformaciones de unas sustancias en otras. Ello nos lleva a estudiar los bloques de la energía y de la estructura de la materia. El estudio de los ecosistemas puede plantearse, ahora, como un intento de explicación de las permanencias, de los equilibrios dinámicos. Para acabar, el estudio del cuerpo humano y de las condiciones de una vida saludable, puede constituir el colofón, en la medida en que contempla, de forma globalizadora, las interacciones entre los seres humanos y su medio, las condiciones de un desarrollo sostenible (no destructor del medio), etc.
- JUAN** Me parece un hilo conductor muy adecuado, pero insisto en que son posibles otras ordenaciones, ¡incluso la del temario oficial! Esta puede presentarse como un intento de respuesta a la aparente contradicción entre permanencia y cam-

bios, entre diversidad y regularidades. Esto permite introducir, en primer lugar, el bloque de los ecosistemas y continuar después con el de los seres vivos, como constituyentes esenciales de los ecosistemas terrestres y el estudio de la energía y de la estructura de la materia para profundizar en la comprensión de los cambios que tienen lugar en esos ecosistemas. El bloque "Estudio de algunos sistemas materiales" puede justificarse, ahora, por su importancia para la vida en nuestro planeta. En cuanto al bloque que resta, de "estudio de nuestro cuerpo y de las condiciones de una vida saludable", quedaría para una recapitulación como la que tú has planteado, Luis.

ANA Está clara esta idea de flexibilidad en la organización del temario, y me parece muy positiva. Sin embargo, no negarás que el bloque de los ecosistemas puede estudiarse más fácilmente después de haber visto el de la energía; tengamos en cuenta que un aspecto esencial en la comprensión de los ecosistemas es el "ciclo de la materia y flujo de energía".

JUAN Estoy de acuerdo, sí. La verdad es que si empezamos por los ecosistemas, el tratamiento tendrá que ser distinto, menos profundo en algunos aspectos, puesto que conceptos básicos como el de energía aún no habrán sido estudiados. Pero tengamos en cuenta que tampoco conviene profundizar mucho en este nivel.

LUIS Pienso que habría que trasladar algo de este debate a los propios alumnos, para que comprendan que son posibles distintas aproximaciones, que no hay un orden rígido para el tratamiento de los distintos aspectos. Existen opciones, mejor o peor fundamentadas, pero opciones.

JUAN Me parece muy bien: frente al error de presentaciones puramente acumulativas, podemos caer en el de justificar tanto el hilo conductor que éste aparezca como el "orden natural".

ANA Podríamos ensayar, si os parece, esta secuencia (Ver cuadro 4) y ya analizaremos la conveniencia o no de modificarla.

JUAN De acuerdo, aunque insisto en que son posibles otras secuencias y que cada equipo de profesores ha de sentirse libre de adoptar aquella que razonadamente decida.

LUIS De hecho, cada vez son más los países en los que se propone un currículo parcialmente abierto que cada centro, cada equipo de profesores y, en última instancia, cada profesor, ha de concretar justificadamente en función de las características de la comunidad en la que se inserta la escuela, intereses de los estudiantes, etc.

ANA Eso es lo que recomiendan precisamente los expertos en diseño curricular.

LUIS Me da la impresión de que, casi sin darnos cuenta... ¡hemos acabado lo que nos habíamos planteado!

CUADRO 4.

POSIBLE SECUENCIA PARA EL DESARROLLO DEL TEMARIO

0. Introducción general al estudio de las ciencias: **Papel de la actividad científica en nuestras vidas.**
1. Comprender y orientar **los cambios** que continuamente se producen en la materia. Conceptos de **Interacción y Energía.**
2. **Los ecosistemas** como equilibrios dinámicos que hacen posible, a la vez, las permanencias y los cambios, la diversidad y las regularidades.
3. **Los seres vivos** como elementos esenciales de los ecosistemas de nuestra Tierra.
4. ¿Cómo se comportan los distintos materiales? **Propiedades y estructura de la materia.**
5. **Estudio de algunos sistemas materiales** particularmente importantes para la vida en nuestro planeta.
6. **Estudio de nuestro cuerpo y de las condiciones de una vida saludable.**
7. **Recapitulación y perspectivas** (¡Brindis final a la salud de Gaia!)

ANA A modo de síntesis podríamos

recordar los distintos puntos que hemos considerado conveniente incluir en una introducción general al curso.



ANA Hemos pasado revista a los cuatro puntos que habíamos decidido incluir en una introducción general al curso. Yo, siguiendo la costumbre, los he resumido en este cuadrado (ver cuadro 5).

LUIS Nos quedaría, tan sólo, concretar el programa de actividades para desarrollar esta introducción al curso.

ANA Creo que estamos en situación de preparar ese programa sin grandes dificultades. Ya hemos discutido el hilo conductor y el contenido de los distintos apartados (que hemos resumido en el cuadro 4) y bastaría añadir algunas actividades más.

JUAN ¿Por qué no preparas tú un borrador con todas las notas que has tomado? Luego se lo pasas a Luis o a mí y vemos si se nos ocurre alguna cosa más.

ANA De acuerdo. Yo escribo el primer borrador, se lo paso a Luis y él que te lo pase a ti y añadís o cambiáis lo que convenga.

CUADRO 5.

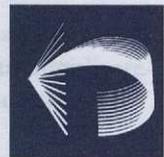
POSIBLE CONTENIDO DE UNA INTRODUCCIÓN GENERAL A UN CURSO ELEMENTAL DE CIENCIAS

- Un primer debate en torno a ¿por qué estudiar ciencias? que permita a los estudiantes exponer y discutir sus preocupaciones e intereses y considerar el papel de las ciencias en su vida.
- Una mínima clarificación de las características de la actividad científica, saliendo al paso de algunas deformaciones muy comunes que afectan negativamente a la actitud de los estudiantes.
- Desmitificación, en particular, de la "especial dificultad" de las ciencias (supuestamente "inalcanzables" para la mayoría de los estudiantes), transmitiendo, en su lugar, expectativas positivas.
- Elaboración de una concepción preliminar del trabajo a desarrollar a lo largo del curso, que permita comprender su relevancia y actúe de hilo conductor.

LUIS Seguro que no harán falta muchos cambios por ahora; podemos esperar a probarlo en el aula para volver a discutir el programa.

JUAN Convendría que cada uno de nosotros se lo diéramos a leer a un par de colegas para recoger sus sugerencias; pero, a menos que aparezca algo muy importante, podemos esperar, como tú dices, al primer ensayo, para rediscutir este programa.

ANA Entonces... Finis coronat opus. ¡Hasta la próxima!



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 6

1. ¿Qué argumentos apoyan la idea de un currículo flexible?
2. ¿Qué se precisa para que resulte aceptable una secuencia determinada de los contenidos de un curso?
3. Exponga el hilo conductor de la secuencia elegida para el desarrollo del temario de este curso

III. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

NOTA: Las cuestiones que se plantean en este apartado tienen por objeto comprobar el grado de comprensión alcanzado sobre el contenido de la unidad didáctica. Son cuestiones cuya respuesta se encuentra desarrollada en los diálogos de la unidad y cualquier dificultad puede resolverse, por tanto, releendo los apartados correspondientes, tal como se indica en las "soluciones" a estas actividades de autoevaluación.

1. ¿Qué dice la investigación didáctica acerca del interés de los niños y niñas hacia las ciencias?
2. Numerosas investigaciones han mostrado mayores dificultades en las niñas que en los niños para seguir estudios de Física o Matemática y una actitud más negativa de las alumnas hacia el aprendizaje de dichas materias. ¿Qué explicación puede darse a este hecho?
3. Enumere algunas concepciones docentes "de sentido común" sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, que puedan estar obstaculizando la renovación de la enseñanza.
4. Proporcione algunos argumentos contra la creencia de que el éxito o fracaso de los estudiantes puede explicarse por lo más o menos listos (o torpes) que sean.
5. ¿Qué implicaciones puede tener dar prioridad a "cubrir el programa"?
6. Enumerar algunas concepciones deformadas sobre la ciencia que la enseñanza suele transmitir.
7. Indicar algunos de los procesos de unificación entre dominios científicos que hayan tenido relevancia en la historia de la ciencia.
8. ¿Cuál puede considerarse el origen de una investigación?
9. ¿A la luz de qué ha de hacerse la interpretación de los resultados de una investigación?

10. Indicar algunas posibles implicaciones de una investigación.
11. Señalar algunas diferencias esenciales entre el pensamiento ordinario y el pensamiento científico.
12. Resumir las estrategias de enseñanza propuestas para un aprendizaje como investigación
13. Los estudiantes son concebidos, a menudo, como meros receptores de conocimientos; en oposición a esta metáfora, algunos autores les consideran auténticos científicos. ¿Qué otra metáfora ha sido sugerida?
14. ¿Qué ideas se han adoptado como hilo conductor para un curso elemental de ciencias?
15. Exponga la secuencia elegida para el desarrollo del temario de dicho curso elemental de ciencias
16. ¿Cuál es el contenido propuesto para la introducción a un curso elemental de ciencias?

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. Los niños y niñas tienen, de entrada, una actitud muy favorable hacia las ciencias, pero su interés decrece de forma notoria a lo largo de su escolarización (ver página 12).
2. Estas investigaciones han puesto en evidencia la importancia de las expectativas que el profesorado y toda la sociedad transmite a todos los estudiantes. Si se piensa, p.e., que las chicas son inferiores en Física a los chicos, terminarán siéndolo (ver páginas 12 y 13).
3. Ver cuadro 1 en página 23).
4. Pueden recordarse los resultados del "Efecto Pigmalión" o los que se obtienen cuando exámenes idénticos son atribuidos a alumnos diferentes (ver páginas 12 a 15).
5. Esta obligación se convierte, a menudo, en obstáculo para profundizar y lleva a reducir la enseñanza a la transmisión de conocimientos conceptuales, olvidando los procedimientos de la ciencia y los aspectos históricos y sociales de las relaciones Ciencia/Tecnología/Sociedad (ver página 17)
6. Ver cuadro 2 en página 26.
7. El ejemplo más conocido es, sin duda, el de la Teoría de la Gravitación Universal, que vino a unificar las mecánicas terrestre y celeste, consideradas, durante siglos, como esencialmente diferentes. Puede recordarse también la Teoría Darwiniana de

la Evolución, el electromagnetismo... (ver página 21).

8. Hay que rechazar, en primer lugar, la idea de un "Método científico" con etapas ordenadas. Hecha esta puntualización, cabe decir que las investigaciones responden al tratamiento de situaciones problemáticas, inicialmente confusas, que pueden tener su origen en investigaciones previas, necesidades tecnológicas, observaciones difíciles de interpretar con el cuerpo de conocimientos disponible, azar... (ver figura 2 en la página 31).
9. A la luz de las hipótesis emitidas, del cuerpo de conocimientos disponible y de los resultados de otras investigaciones (ver figura 2).
10. Contribuir a:
 - verificar o falsar las hipótesis y a la construcción de nuevos conocimientos;
 - modificar creencias y actitudes, incluidas las concepciones sobre la propia ciencia;
 - favorecer los procesos de unificación entre distintos dominios científicos;
 - posibilitar aplicaciones técnicas;
 - generar nuevos problemas;(Ver figura 2).
11. El pensamiento ordinario se caracteriza por apoyarse en las "evidencias" del sentido común", en lo que parece obvio y fuera de duda. Aborda, además, cuestiones particulares, para las que se buscan respuestas y soluciones también puntuales, inmediatas. El pensamiento científico, por su parte, cuestiona sistemáticamente las evidencias, razonando en términos de hipótesis que es preciso fundamentar y someter cuidadosamente a prueba, comparando los resultados de diferentes estudios, con una preocupación constante por la coherencia global y la construcción de cuerpo de conocimientos cada vez más amplios y mejor trabados (ver página 38).
12. Ver cuadro 3 (página 39).
13. Ver en página 41 la metáfora de los estudiantes como investigadores noveles.
14. La búsqueda de regularidades en la diversidad de lo existente y la comprensión de los cambios para hacer posible el control de los mismos (ver página 45).
15. Ver cuadro 4 (página 48).
16. Ver cuadro 5 (página 49).

la elección, el comportamiento de los sujetos...

En este sentido, el presente trabajo se centra en el estudio de los factores que influyen en la elección de los sujetos...

Los resultados de esta investigación son los siguientes...

En conclusión, los resultados de esta investigación...

Los resultados de esta investigación...

Los resultados de esta investigación...

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

1. Los resultados de esta investigación...

2. Los resultados de esta investigación...

3. Los resultados de esta investigación...

4. Los resultados de esta investigación...

5. Los resultados de esta investigación...

6. Los resultados de esta investigación...

7. Los resultados de esta investigación...

IV. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

INTRODUCCIÓN GENERAL AL ESTUDIO DE LAS CIENCIAS: PAPEL DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA EN NUESTRAS VIDAS

NOTA: Rogamos la lectura del apartado 4.1 de la Guía Didáctica para la clarificación del papel que juega la elaboración de los programas de actividades en este curso.

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
1. ¡Se levanta el telón!	57
2. Por y contra la ciencia	59
3. ¿La ciencia para los científicos? (O, ¿por qué debemos estudiar ciencias?)	61
4. ¿En qué consiste hacer ciencia?	63
5. Otras formas de enseñar y aprender ciencias	65
6. ¿Qué estudiar en un curso introductorio de ciencias?	66
7. Actividades de revisión y recapitulación	68

1. ¡SE LEVANTA EL TELÓN!

Hablar de la ciencia, o, mejor, de las ciencias y de las técnicas, es referirse a una de las actividades que más ha influido en la vida de los seres humanos. ¿Para bien o para mal? La respuesta no es fácil y nos incumbe a todos... como nos incumbe a todos decidir fundamentadamente hacia dónde debe ir (o no ir) el desarrollo científico-técnico.

Las ciencias son también, más allá de cualquier implicación práctica, un poderoso instrumento de comprensión de nuestro universo, de búsqueda de respuesta para muchas preguntas que la humanidad se ha formulado y que los hombres y mujeres seguimos hoy formulándonos sobre el mundo en que vivimos y sobre nosotros mismos.

Pero quizás una forma frecuente de aproximación de muchos de nosotros a la ciencia haya sido la atracción ejercida por algunos fenómenos sorprendentes, algunas experiencias llamativas e inquietantes que los científicos dominan y que parecen abrir las puertas a un mundo fantástico. Y aunque éste no sea el aspecto más importante de la ciencia, no tenemos por qué renunciar a él. Muy al contrario, tenemos el derecho y casi la obligación de sorprender, inquietar, emocionar, en definitiva, de disfrutar y de hacer disfrutar con la ciencia, igual que con la literatura, el deporte o la música. También la ciencia puede ser espectáculo y juego.

Por eso, antes de nada, antes de ponernos serios (¡si es que hay que ponerse!) y comenzar a estudiar (¡si encontramos algo que nos interese!) os proponemos que levantemos el telón al espectáculo de la ciencia:

A.1. Durante dos o tres clases, el profesor y los diferentes grupos realizarán experiencias que conozcan y puedan resultar interesantes como espectáculo, es decir, como algo capaz de despertar sorpresa, admiración... y plantear incógnitas.

Comentarios A.1. Como se ha señalado en la introducción y se discutió en los diálogos de la unidad didáctica (páginas 34-35), esta actividad pretende recuperar el aspecto lúdico que puede tener la actividad científica. Al propio tiempo, se intenta facilitar un comienzo "suave" del curso, haciendo que los primeros contactos se produzcan en torno a unas actividades atractivas y sin pretensiones cognitivas, aunque sí generadoras de preguntas, muchas de las cuales podrán contestarse a lo largo del curso. En los programas audiovisuales correspondientes a esta unidad y a otras

muchas (p.e., las del primer bloque I.2, I.3 y I.4) se muestra a los estudiantes realizando este tipo de actividades que tienen para ellos un indudable atractivo y favorecen su implicación. La variedad de actividades que se pueden realizar es, por supuesto, enorme, y sería empobrecedor seleccionar aquí algunas. Los propios estudiantes conocen algunos de estos "juegos" y pueden presentarlos a los demás. Algunos saben, p.e.:

- cómo erizar los largos cabellos de una compañera;
- cómo montar cinco palillos en forma de estrella para que, al quemar una punta de la misma, los palillos salten por los aires;
- cómo lograr equilibrios muy estables, con tres palillos y dos migas de pan;
- cómo "fabricar el arco iris", pulverizando agua en una zona iluminada por un sol "bajo";
- cómo fabricar un "cohetes a reacción", bien con un globo unido a un canuto estrecho (por donde puede salir el aire), bien con cuatro cerillas y papel de aluminio pegado a papel ordinario);
- cómo fabricar un "teléfono", mediante dos vasos de cartón y un hilo bramante;
- cómo quemar papel con una lupa (¡e incluso con un trozo de hielo!... con forma de lente);
- cómo fabricar un globo que ascienda por los aires;
- cómo hacer que un vaso "absorba" el agua de un plato;
- cómo hacer ver los objetos del revés (fabricando una pequeña cámara oscura);
- Cómo hacer que una lata se "arrugue" bajo un chorro de agua...

Existen, además, numerosos libros (como el clásico "Física recreativa" de Perelman y tantos otros, incluido el mismo Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias) que recogen centenares de observaciones y experiencias que pueden convertirse en espectáculo. Precisamente, una segunda actividad que podemos proponer a los estudiantes, es que manejen algunos de estos libros, para que busquen en ellos alguna experiencia interesante y la presenten al resto de la clase:

A.2. Consultad los libros proporcionados por el profesor para buscar alguna experiencia atractiva que pueda realizarse en clase.

Comentarios A.2. Es conveniente que los estudiantes preparen una ficha de cada experiencia que seleccionen (o de las que ya conocían) explicando cómo preparar la

experiencia e incluyendo dibujos ilustrativos y la referencia, en su caso, a los libros donde aparece.

Conviene normalizar el formato de estas fichas para confeccionar un fichero común que irá engrosándose a lo largo de todo el curso:

A.3. Preparad una ficha de cada experiencia realizada por vuestro grupo, para ir formando un fichero común a disposición de toda la clase, que pueda servir para preparar una "feria científica". Includ, además de la descripción de la experiencia, aquellas preguntas que se os ocurran relacionadas con la misma.

Comentarios A.3. El interés de esta actividad estriba en que proporciona al trabajo realizado por los estudiantes, el carácter de un producto durable, con una finalidad real, más allá de un simple ejercicio. La inclusión de alguna pregunta permite, además, crear expectativas sobre los estudios que van a realizarse. Esta actividad A.3., da, así, sentido "académico" a esta fase inicial, pero ello no debe disminuir la importancia del aspecto puramente lúdico, que consideramos esencial en este "comienzo del comienzo" de curso.

A.4. Visitad, si es posible, algún museo o exposición científica y extraed ideas con vistas a organizar una feria científica en la escuela durante el curso.

Comentarios A.4. La realización de esta actividad depende de la posibilidad de visitar algún museo. No tiene, naturalmente, por qué incluirse a comienzo de curso, pero sí conviene referirse, desde el comienzo, a la existencia de estos museos y a su función estimuladora y de "auto-propaganda" de la ciencia (resaltando su importancia, sus grandes aportaciones, etc). Es el momento, pues, de preguntarse hasta qué punto la ciencia merece, o no, una valoración positiva.

2. POR Y CONTRA LA CIENCIA

Las actividades que hemos realizado -y otras muchas que tendremos ocasión de realizar- deben haber mostrado con claridad que la ciencia puede ser divertida, intrigarnos e incluso apasionarnos. Pero esto no basta, claro está, para hacer una valoración positiva del papel de las ciencias en nuestras vidas. Ésta es una cuestión mucho más compleja e importante que la consideración de la ciencia como juego y espectáculo.

A.5. Preparad argumentos que apoyen una valoración positiva de la ciencia y otros que fundamenten una crítica negativa. Tras esta preparación se organizará un debate en el que la mitad de los grupos (elegidos al azar) han de defender el papel jugado por la ciencia y la otra mitad han de atacarlo.

Comentarios A.5. La forma en que cada grupo ha de preparar el debate obliga a contemplar argumentos a favor y en contra de la ciencia, evitando visiones sesgadas. El

objetivo de este debate es, precisamente, llevar a los estudiantes a una reflexión matizada en torno al papel jugado por la ciencia en nuestras vidas. Se puede favorecer la profundización de esta valoración crítica con actividades como las siguientes:

A.6. *Imaginemos que tuviéramos que vivir como hace 100 años. ¿Qué cosas de las que ahora disponemos habría que suprimir?*

Comentarios A.6. Esta actividad puede presentarse en forma de juego: el juego de "¿Qué hemos de quitar?" Cada grupo, por turno, ha de señalar una cosa que hace 100 años no existía. El profesor sólo interviene para señalar si las propuestas son o no correctas y para preguntar "¿Qué más habría que suprimir?".

Los estudiantes, aunque no tengan una visión muy clara de lo que son adquisiciones recientes, se ven obligados, con este juego, a ampliar, a título de hipótesis, el número de cosas inexistentes hace unas pocas generaciones. De esta manera llegan a saber que hubieran carecido de luz eléctrica, de los medios de transporte hoy habituales, como el automóvil, el avión e incluso, en muchos lugares, el tren; de neveras, radio, teléfonos, televisión; de la totalidad de materiales sintéticos con los que nos vestimos, calzamos, fabricamos pinturas y muebles... (hasta el punto de que si suprimimos esos materiales nuestras casas y nosotros mismos quedaríamos casi desnudos); y lo mismo puede decirse de la mayoría de productos farmacéuticos (vacunas, antibióticos, vitaminas...), etc, etc.

De esta forma los estudiantes van adquiriendo conciencia de las grandes transformaciones provocadas por el desarrollo científico-técnológico. Otra forma de obtener resultados similares es la planteada por la actividad A.7:

A.7. *Pedid a vuestros abuelos (o a otras personas mayores) que os cuenten las cosas que no existían cuando ellos eran niños y que hoy son comunes. Podéis grabar sus respuestas o tomar notas y elaborar con ese material una lista de los cambios que se han producido a lo largo de, aproximadamente, medio siglo.*

Comentarios A.7. Las entrevistas realizadas por los estudiantes pueden constituir un valioso documento sobre las preconcepciones de los ciudadanos acerca de las transformaciones que se han producido en nuestras formas de vida en el lapso de unas pocas décadas. Habría que evitar, sin embargo, la impresión de que todo es debido al desarrollo científico-técnico. Se puede añadir, para ello, la pregunta "¿A qué piensa que han sido debidas estas transformaciones?", o, mejor todavía, se puede plantear la actividad de una forma que dé pie a considerar tanto los avances como los retrocesos y sus causas:

A.8. *Preguntad a vuestros abuelos (o personas mayores que conozcáis) qué cosas creen que han mejorado, y qué cosas han empeorado, en la forma de vivir desde que eran niños. Analizad vosotros en qué medida esos cambios pueden atribuirse a la ciencia o/y a otros factores.*

A.9. *Extraed noticias de prensa sobre ciencia y técnica, a lo largo de una semana, y construid un mural que resalte y comente las noticias que os parezcan más interesantes.*

Comentarios A.9. Además de contribuir a evidenciar la fuerte incidencia de la ciencia y la técnica en nuestras vidas, esta actividad puede convertirse en una forma de mostrar que la ciencia no constituye un conocimiento acabado, sino que conserva un extraordinario dinamismo. Se puede proponer, para ello, que los equipos elaboren, rotativamente, un mural semanal con noticias de prensa sobre ciencia y técnica y dedicar sistemáticamente algún tiempo a que el resto de los estudiantes comenten las noticias que les han parecido más interesantes.

La influencia de las ciencias no se ha limitado a los aspectos prácticos de nuestras vidas, sino que ha influido también notablemente en nuestras creencias:

A.10. *¿Podrías indicar algún gran cambio en las creencias, algún gran debate de ideas, al que haya contribuido la ciencia?*

Comentarios A.10 Los estudiantes, en general, no tienen suficientes elementos para contestar adecuadamente a la cuestión planteada, pero se trata tan sólo de comenzar a llamar la atención sobre la influencia cultural de la ciencia, su contribución a algunos dramáticos debates, como el del lugar de la Tierra en el universo o el del origen de la especie humana, que serán estudiados durante el curso (lo que debe contribuir a crear nuevas expectativas).

A.11. *A modo de recapitulación os proponemos que cada grupo confeccione un mural sobre las repercusiones de la ciencia en la vida de los seres humanos. Un mural que contemple, tanto los avances debidos a la ciencia, como los inconvenientes y peligros, y cualquier otro aspecto que consideréis de interés.*

3. ¿LA CIENCIA PARA LOS CIENTÍFICOS? (O, ¿POR QUÉ DEBEMOS ESTUDIAR CIENCIAS?)

El hecho de que la ciencia juegue un importante papel en nuestras vidas no justifica, por sí sólo, que todos los hombres y mujeres tengamos que estudiar ciencias. De hecho, en el primer tercio de este siglo, las ciencias no formaban parte de la cultura general, pese a que su importancia era ya evidente. Conviene, pues, preguntarse si tiene sentido, o no, que todos tengamos que estudiarlas. Al fin y al cabo, sólo unos pocos de nosotros vamos a trabajar como científicos. ¿Por qué obligarnos a estudiar cada vez más cosas? En el siglo pasado casi nadie estudiaba (¡ni ciencias ni nada!). ¿No era eso mejor? ¿Acaso los niños y niñas no serían más felices si no tuvieran que estudiar?

A.12. *Discutid el documento que transcribimos a continuación, presentado por el Presidente de la Royal Society inglesa a principios del siglo pasado, para oponerse (con éxito) a la creación de escuelas elementales en todo el país:*

"En teoría, el proyecto de dar una educación a las clases trabajadoras es ya bastante equívoco, y, en la práctica, sería perjudicial para su moral y su felicidad. Enseñaría a las gentes del pueblo a despreciar su posición en la vida en vez de hacer de ellos buenos servidores en agricultura y en los otros empleos a los que les ha destinado su posición. En vez de enseñarles subordinación les haría facciosos y rebeldes, como se ha visto en algunos condados industrializados. Podrían entonces leer panfletos sediciosos, libros peligrosos y publicaciones contra la cristiandad. Les haría insolentes ante sus superiores; en pocos años, el resultado sería que el gobierno tendría que utilizar la fuerza contra ellos".

Comentarios A.12. La discusión de este documento debe permitir dejar claro que no es cierto que el estudio arranque a los niños del mundo feliz del juego y del placer, sino, en general, de las garras de la explotación más salvaje, del embrutecimiento de las 12 horas bajo la mina (o haciendo girar una noria, o...). Los estudiantes han de comprender que el sistema escolar generalizado constituye una conquista tardía de la humanidad y que su carácter obligatorio pretende garantizar que nadie utilice a los niños como mano de obra... aunque estemos aún muy lejos de que la escolarización se haya generalizado para todos los niños y niñas de la Tierra.

La conveniencia de una formación general para todos los futuros ciudadanos y ciudadanas no conlleva aceptar automáticamente la inclusión de las ciencias en ese currículo general: como ya hemos señalado, apenas hace 50 años las ciencias estaban ausentes de los planes de estudio y, por otra parte, la introducción de las ciencias en la cultura general no ha generado el entusiasmo que muchos esperaban; muy al contrario, la actitud de los estudiantes hacia las ciencias es, en general, negativa y, lo que es peor, se hace más y más negativa con los años de escolarización. ¿Vale la pena, pues, mantener una formación científica que se traduce en rechazo y en fracaso generalizado?

A.13. La enseñanza de las ciencias no goza de muy buena fama. Exponed con la máxima sinceridad vuestras críticas y temores sobre cualquier aspecto de la misma, con objeto de estudiar la posibilidad de darle solución. Considerad, por otra parte, si merece la pena, o no, que todo el mundo haga estudios científicos.

Comentarios A.13. Digamos de entrada que los estudiantes no cuestionan la presencia de las ciencias en el currículo; al contrario, consideran que es importante recibir una formación científica, dada la influencia que el desarrollo científico-técnológico tiene en nuestras vidas. Pero esta actividad permite que afloren algunos temores sobre, p.e., la especial dificultad de los estudios científicos, etc, que, como ya hemos comentado en la unidad didáctica, conectan con visiones deformadas de la ciencia transmitidas explícita o implícitamente por la enseñanza. Ello aparece con más claridad aún en una actividad como la siguiente:

A.14. Las ciencias aparecen como una de las materias con mayor número de fracasos escolares. ¿Cuál sería, en vuestra opinión, la causa de este hecho?

Comentarios A.14. Las opiniones de los estudiantes señalan, como causa principal del elevado índice de fracasos, la especial dificultad de las materias científicas, mostrando que han hecho suya la visión elitista de la ciencia (lo que era de esperar, puesto que es algo asumido por el profesorado y la sociedad). Las críticas de los estudiantes apuntan así hacia la propia naturaleza de la ciencia:

Vuestras opiniones sobre las causas del fracaso escolar en las materias científicas y de las actitudes negativas de muchos estudiantes hacia su estudio, parecen apuntar, en general, a las características de la propia ciencia. Pero también aparecen algunas ideas que atribuyen estos resultados a una enseñanza inadecuada. Resulta esencial, pues, clarificar hasta qué punto los defectos señalados son consustanciales a la propia ciencia o son debidos a una incorrecta orientación de la enseñanza. Con otras palabras: ¿Hasta qué punto las ciencias son difíciles y carentes de interés... o las hemos hecho así con nuestra enseñanza? Es preciso, por ello, que nos detengamos en clarificar las características de la actividad científica.

4. ¿EN QUÉ CONSISTE HACER CIENCIA?

A.15. *Haced un dibujo que ilustre lo que para vosotros es la investigación científica.*

Comentarios A.15. Se puede pedir que cada estudiante dibuje un poster (tamaño folio) y exponerlos todos para que puedan ser contemplados y analizados mientras dure este estudio sobre la naturaleza del trabajo científico.

Como ya hemos comentado en los diálogos de la unidad didáctica (páginas 19-20) estos dibujos reflejan bastante fielmente las deformaciones más comunes acerca de la naturaleza de la ciencia y permiten una reflexión crítica sobre las mismas.

A.16. *¿Qué imagen de la ciencia proporciona el conjunto de los dibujos? Estudiad los distintos dibujos y anotad todo aquello que os parezca interesante.*

Comentarios A.16. Se trata de impulsar a los alumnos y alumnas a que se fijen en las características de la ciencia que han resaltado los dibujos. En caso necesario, se puede ayudar a los estudiantes proponiendo alguna actividad más directa como, p.e:

A.17. *¿Quién hace la ciencia, de acuerdo con la mayoría de los dibujos?*

Comentarios A.17. Si los estudiantes no se hubieran fijado en que los dibujos muestran una ciencia realizada, en general, por hombres solitarios, una cuestión como la que plantea esta actividad les obliga a "caer en la cuenta". A partir de ahí es posible discutir estas visiones individualistas y elitistas:

A.18. *Los dibujos que se suelen realizar para ilustrar la actividad científica muestran la ciencia como una actividad individual, de "genios solitarios". Discutid brevemente esta visión para profundizar en ella y aclarar en qué medida os parece correcta.*

Comentarios A.18. Conviene dejar claro que ésta es una visión muy extendida (por lo que no es extraño que ellos la hayan manifestado) pero profundamente errónea, destacando la importancia del trabajo colectivo y de la comunicación entre distintos equipos.

A.19. *Los dibujos, en general, muestran la ciencia como obra de **hombres**. Comentad esta visión.*

A.20. *Algunas investigaciones señalan que la actitud de las niñas hacia ciencias como la Física o los estudios técnicos, es más negativa que la de los niños. ¿A qué podría ser debido? ¿Cuál es vuestra opinión?*

A.21. *Muchos investigadores piensan que no existen diferencias entre chicos y chicas en lo que se refiere a la capacidad para hacer ciencia y que los distintos resultados escolares responden a prejuicios de los profesores y de los propios estudiantes (en realidad de toda la sociedad). ¿Qué se os ocurre para averiguar si es cierto que los profesores tienen prejuicios que les llevan a apoyar más a los chicos que a las chicas (o, dicho con más propiedad, a **desanimar** más a las chicas que a los chicos)?*

Comentarios A.19. a A.21. Estas actividades persiguen, como es obvio, cuestionar la visión "machista" de la ciencia y, más en general, el elitismo que lleva a creer que es una actividad reservada a pequeñas minorías especialmente dotadas, lo que origina discriminaciones de origen étnico, social, etc. (ver páginas 12-13 de la unidad didáctica).

La actividad A.21., en particular, permite hacer referencia a los resultados de la investigación consistente en dar a corregir un mismo ejercicio como obra de "un alumno" o de "una alumna", cuyos resultados son tan reveladores.

De forma similar a como hemos hecho con estas concepciones individualistas y elitistas, se pueden plantear otras actividades que destaquen las distintas visiones deformadas comentadas en la unidad didáctica y que permitan su discusión:

A.22. *Los dibujos suelen mostrar al científico como una persona "fuera del mundo", que se aísla y sólo vive para su ciencia, ajeno a la vida real. Discutid esta visión, señalando en qué medida estáis de acuerdo con ella.*

A.23. *Los dibujos transmiten, en general, la idea de que la ciencia se "descubre" mediante observaciones y manipulaciones. Con otras palabras: el prototipo de científico es el de alguien que mira y manipula la realidad para descubrir los hechos, sin dejarse influenciar por "ideas contaminantes". Comentad esta visión, indicando en qué medida estáis de acuerdo con ella.*

A.24. *En general se presenta el trabajo de los científicos como un "Método" exacto, infalible, basado en observaciones y medidas cuidadosas y en cálculos complejos... en*

contraposición con las actividades artísticas, en las que cuenta la intuición, la imaginación, la creatividad... Ello lleva a presentar los conocimientos científicos como verdades seguras e intocables, fruto del descubrimiento de leyes exactas. Discutid estas visiones, manifestando vuestro acuerdo o desacuerdo con las mismas.

Comentarios A.22 a A.24. Nos remitimos a los diálogos (páginas 19-22 y 25-29) para la discusión de estas visiones deformadas del trabajo científico, que constituyen auténticas barreras a una actitud favorable hacia la ciencia y su aprendizaje. Al hacer explícitas estas visiones y pedir a los estudiantes que las discutan, se favorece un cierto distanciamiento crítico y se les prepara para, con la ayuda del profesor, cuestionarlas y aproximarse a una imagen más correcta de la ciencia.

A modo de síntesis se puede plantear la siguiente actividad:

A.25. *Sintetizad, como fruto de las discusiones realizadas, lo que consideréis que sean las características fundamentales de la actividad científica.*

Comentarios A.25. Como recapitulación de las ideas discutidas por los estudiantes, el profesor/a puede presentar el "diagrama de un proceso de investigación" (ver página 31 de la unidad didáctica) y comentarlo siguiendo las ideas recogidas en el apartado VI ("Síntesis y profundización de los contenidos científicos tratados")

Por último, en caso de que ello sea factible, convendría realizar alguna actividad como las siguientes:

A.26. *Visitad algún laboratorio o centro de investigación, preparando dicha visita, es decir, preparando preguntas a formular a los investigadores.*

A.27. *Dialogad con algún investigador o investigadora que pueda visitaros, invitado por vuestros profesores. Idem con algún experto en tecnologías "punta".*

A.28. *Visitad algún centro de documentación para "asomarse" a la información acumulada por la comunidad científica en algún campo.*

5. OTRAS FORMAS DE ENSEÑAR Y APRENDER CIENCIAS

Si, como acabamos de ver, la causa del fracaso de los estudiantes en las materias científicas y de su actitud negativa hacia el aprendizaje de las ciencias, no puede atribuirse a la naturaleza del trabajo científico, debemos pensar en la posibilidad de que estos problemas se deban a una orientación incorrecta de las ciencias. De hecho, la investigación ha mostrado que, aunque en general los resultados de la enseñanza son negativos, existen centenares de escuelas en las que los estudiantes aprenden con éxito y adquieren un interés creciente por la ciencia. Y cuando se analiza qué ocurre en dichos centros, se constata que hay diferencias notables en la forma de enseñar ciencias. Ello hace concebir esperanzas en la posibilidad de que la ciencia adquiriera para los estudiantes el interés que corresponde a una actividad abierta, creativa e importante para nuestras vidas.

A.29. *¿De qué forma pensáis que habría que orientar la enseñanza de las ciencias para que el resultado sea positivo, tanto en lo que se refiere a aprender mejor, como a adquirir una actitud más positiva? Dicho de otro modo ¿qué cosas cambiaríais en la forma de estudiar las ciencias?*

Comentarios A.29. El trabajo realizado hasta aquí permite que los estudiantes hagan algunas sugerencias, a partir de las cuales el profesor puede presentar formas de trabajo como las que hemos discutido en el apartado 4 de la unidad didáctica ("Creación de un clima de aula favorecedor del interés e implicación de los estudiantes") orientadas a la construcción de conocimientos científicos.

Conviene reforzar y profundizar las intuiciones de los estudiantes con una presentación más explícita de las propuestas de enseñanza de las ciencias como investigación dirigida, que están hoy concitando el consenso de investigadores y profesores innovadores (y que hemos resumido en el mencionado apartado 4 de la unidad didáctica). Puede ser interesante, en este sentido, plantearles algunas de las cuestiones que hemos discutido en dicho apartado, como, p.e:

A.30. *¿Pensáis realmente que los estudiantes son capaces de construir los conocimientos científicos que tantos esfuerzos exigieron a potentes equipos de investigadores?*

Comentarios A.30. Tal como se discute en el apartado 4 de la unidad didáctica, una actividad como ésta permite salir al paso de una visión trivializante del trabajo científico, introduciendo la metáfora de los estudiantes como "investigadores noveles" ayudados por expertos (situación que está igualmente alejada de la pura transmisión de conocimientos como de las investigaciones en la frontera del conocimiento). Es posible, como hemos visto, organizar la clase de ciencias de forma que el resultado sea un trabajo satisfactorio y eficiente. Ello exige establecer acuerdos entre profesores y estudiantes para impulsar y cuidar esa nueva orientación:

A.31. *Haced vuestras propuestas para un pacto con el profesorado, que permita trabajar satisfactoriamente las ciencias. Especificad cuáles pensáis que deberían ser las funciones del profesor.*

Comentarios A.31. Como síntesis de esta actividad y como contribución al pacto planteado, el profesor podría exponer su "credo didáctico" para transmitir a los estudiantes expectativas positivas de aprendizaje y pasión crítica por las ciencias.

6. ¿QUÉ ESTUDIAR EN UN CURSO INTRODUCTORIO DE CIENCIAS?

Hasta aquí hemos intentado poner en evidencia el posible carácter creativo y apasionante -incluso espectacular- del estudio de las ciencias, si su enseñanza se orienta por criterios distintos a los habituales, aproximándose a lo que significa hacer ciencia. Ello ha sido posible gracias a vuestra participación, a vuestras críticas y vuestras propuestas.

De hecho la enseñanza de las ciencias no puede dar buenos resultados si no conecta con las ideas y necesidades de los estudiantes. Y ello es verdad también en lo que se refiere a la selección de los temas que van a estudiarse: no tiene sentido que los estudiantes se vean llevados de un tema a otro sin tener alguna idea de por qué. Os proponemos, pues, que participéis en una reflexión inicial acerca de qué estudiar en un curso de introducción a las ciencias como éste:

A.32. *Indicad algunos temas que os interesaría estudiar en un curso de introducción al mundo de las ciencias.*

A.33. *Preparad algunas preguntas de interés -relacionadas con los temas señalados- cuyas respuestas os gustaría encontrar al estudiar las ciencias.*

Comentarios A.32. y A.33. Estas actividades no pretenden obtener respuestas suficientes para organizar el temario de un curso introductorio de ciencias sino, fundamentalmente, implicar a los estudiantes en una reflexión sobre qué estudiar y comenzar a hacerles vivir la importancia (y las dificultades) de la formulación de preguntas en la construcción de conocimientos científicos.

Cabe esperar, sin embargo, que sus sugerencias toquen, de una u otra forma, los aspectos contemplados en el apartado 5 de la unidad didáctica ("Un hilo conductor para un curso elemental de ciencias"), refiriéndose al estudio de los seres vivos, etc. El profesor o profesora puede presentar el temario a desarrollar, intentando integrar las propuestas de los estudiantes. Una forma de constatar en qué medida ello se ha logrado, puede ser plantear las siguientes actividades:

A.34. *Comentad el programa de la asignatura presentado por el profesor indicando, en particular, el posible interés de los temas que aparecen y la conexión que se aprecia entre los distintos temas.*

Comentarios A.34. Esta actividad obliga a los estudiantes a analizar el temario y a formarse una concepción preliminar de la tarea, al tiempo que constatan en qué medida sus propuestas tienen cabida en dicho temario, favoreciéndose, así, su implicación. Los profesores hemos de insistir, (como se discute en las páginas 45-47), en que la secuencia de los temas responde a una opción fundamentada, pero no a un "orden natural".

Digamos, para terminar, que conviene "dejar abierta la puerta" a nuevas sugerencias y propuestas de los estudiantes, proponiendo la siguiente actividad para su realización a lo largo de todo el curso:

A.35. *Formulad preguntas, realizad observaciones, etc, relacionadas con el mundo de las ciencias, que puedan tener, en vuestra opinión, algún interés. Cada semana se recogerán las fichas que cada cual haya preparado (una ficha por cada pregunta, observación, propuesta, etc).*

Comentarios A.35. El objetivo esencial de esta actividad es, repetimos, impulsar a los estudiantes a mantener una implicación activa en el desarrollo de la asignatura, habituándoles a realizar esfuerzos sistemáticos de reflexión y búsqueda.

7. ACTIVIDADES DE REVISIÓN Y RECAPITULACIÓN

Proponemos, a continuación, algunas actividades que pueden ayudarnos a recapitular y afianzar los conocimientos introducidos... o a sacar a la luz algunas dificultades e incomprendiones que hayan podido persistir y en las que nos detendremos de nuevo, hasta conseguir un dominio aceptable de los contenidos de esta unidad.

Comentarios al apartado 7. Nos limitaremos en este apartado a ofrecer el enunciado de posibles actividades, sin numerar ni ordenar. Por supuesto algunas de ellas podrían ser incorporadas al programa ordinario y, del mismo modo, algunas de las actividades ordinarias podrían ser utilizadas para favorecer la revisión y el afianzamiento. Lo esencial, en nuestra opinión, es que al acabar de introducir los contenidos de un tema, nos detengamos algún tiempo en el mismo antes de pasar a otro, pues, en caso contrario, se corre el riesgo de que los estudiantes no lleguen a consolidar mínimamente los conocimientos tratados.

- Comentar las siguientes proposiciones:
 - "Los estudios científicos exigen una capacidad intelectual que no todo el mundo tiene. Esa es la razón del gran número de fracasos en las materias científicas".
 - "Los científicos son gente que trabaja con rigor y exactitud, dejando de lado la imaginación, típica de las actividades artísticas".
 - "Los científicos son personas objetivas que trabajan con hechos, lo que excluye las confrontaciones y disputas que se dan en otras actividades".
 - "La función del profesor de ciencias es transmitir los conocimientos científicos de forma clara y ordenada; y la de los estudiantes aprenderlos de la forma más exacta posible".
 - ...
- Escribid frases sobre la ciencia. (Cada estudiante escribe una frase en un folio y el conjunto es expuesto para su lectura y discusión).
 - Escribid un breve ensayo con el título ¿Por o contra la ciencia?
 - Haced un nuevo dibujo que ilustre la actividad científica, corrigiendo los errores detectados en el primero que realizasteis.
 - Elaborad un pequeño glosario con palabras relacionadas con la actividad científica.
 - ...

V. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS

CONTEMPLADOS EN ESTA UNIDAD

NOTA: La recapitulación de los problemas didácticos tratados en cada unidad aparece como una tarea esencial para quienes siguen el curso, con objeto de facilitar su familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

No se trata, claro está, de realizar una búsqueda exhaustiva de todos los aspectos didácticos tratados (puesto que la mayoría de ellos aparecerán explícita o implícitamente en casi todas las unidades didácticas) sino de recoger aquellos que en opinión del lector o lectora aparezcan más destacados o hayan atraído más su atención. Tampoco creemos conveniente intentar una presentación ordenada, con criterios definidos, etc., sino tan solo de señalar, repetimos, los aspectos didácticos más destacados en la unidad.

Con objeto de proporcionar una cierta retroalimentación a cada profesor/a, se incluye en este apartado la recapitulación realizada por el propio equipo de profesores que ha preparado la unidad, pero se insiste en la conveniencia de que cada profesor realice esta tarea de recapitulación, indicando las páginas en las que cada aspecto ha sido tratado.

- Se ha discutido con un cierto detenimiento la **importancia de los comienzos de cualquier tarea** y, muy particularmente, del comienzo de un curso, evitando las "entradas en materia" abruptas o los discursos habituales, repetitivos y carentes de interés para los estudiantes.

En este sentido se ha hecho hincapié en la **necesidad de una reflexión explícita sobre las razones para incluir el estudio de las ciencias** en la formación general de los futuros ciudadanos y ciudadanas y en la conveniencia de **desarrollar la componente lúdica y espectacular** que puede tener el estudio de las ciencias (ver apartado ... de la unidad didáctica y apartado ... del programa de actividades).

♦♦♦♦♦

• Se ha llamado la atención sobre las **concepciones docentes "espontáneas"** (basadas en la aceptación acrítica de "lo que siempre se ha hecho") a las que la investigación didáctica está dando una gran importancia, por su notable incidencia en el proceso de enseñanza/aprendizaje. (El cuadro ... resume algunas de estas concepciones).

Se ha insistido, sin embargo, en que estas concepciones docentes no constituyen un obstáculo de difícil superación, sino la consecuencia de la falta de reflexión explícita, por lo que basta que se facilite dicha reflexión para que los profesores y profesoras adoptemos una postura crítica y seamos capaces de distanciarnos de esas ideas y comportamientos (página ...).

Entre las preconcepciones docentes estudiadas, destacan:

- La creencia en el **carácter "natural" del fracaso escolar en materias científicas**, con las discriminaciones que ello entraña, por razón de sexo, origen social, etc, que ponen de relieve la influencia de las expectativas del profesorado en el aprendizaje y en las actitudes de los estudiantes (páginas ...).
- El **clima de frustración** vivido por parte del profesorado, que ignora las satisfacciones potenciales que esta actividad comporta como tarea abierta y creativa (páginas ...).

A este respecto se ha discutido el interés de que los docentes tengamos, durante algún tiempo, una actividad laboral distinta a la enseñanza (página ...).

- **El autoritarismo**, que asimila el papel del profesor a un "capataz" desconfiado y exigente (página ...)
- Las **visiones simplistas y deformadas sobre la propia ciencia**, que constituyen un serio obstáculo para la renovación de la enseñanza de las ciencias (páginas ...).

Se ha discutido también cómo transformar esas concepciones sobre la ciencia de los profesores y estudiantes (ver apartado ... de la unidad didáctica y apartado ... del programa de actividades).

.....

• Se han presentado **estrategias de enseñanza para un aprendizaje como investigación**, que intentan aproximar el aprendizaje a la construcción de conocimientos científicos, a partir de situaciones problemáticas abiertas, susceptibles de interesar a los estudiantes (ver cuadro ...).

Como parte esencial de estas estrategias se ha discutido, entre otros:

- La **metáfora de los estudiantes como investigadores noveles**, dirigidos por expertos, que aleja la situación de aprendizaje tanto de la simple recepción de conoci-

mientos como de una investigación autónoma en la frontera del conocimiento (páginas ...).

- La necesidad de **diseñar programas de actividades** capaces de guiar el trabajo de los estudiantes y el carácter de **investigación aplicada** que este diseño tiene, lo que se convierte en un estímulo para el profesorado (página ...).
- La posibilidad que ofrece la orientación *tentativa* del trabajo científico, para **favorecer la expresión funcional de las concepciones de los estudiantes como hipótesis** (página ... y cuadro ...)
- Las limitaciones impuestas por la edad de los estudiantes de esta etapa para una plena aplicación de estas estrategias y la conveniencia de favorecer una actividad tecnológica pre-científica (páginas ...).
- La importancia del **manejo reiterado de los conocimientos construidos en una variedad de situaciones**, poniendo énfasis en la elaboración de productos y en las **relaciones CTS** (cuadro ...)

.....

• Se ha abordado la cuestión del currículo a desarrollar a lo largo del curso (ver apartado ...), discutiendo a este respecto los siguientes aspectos:

- **La distinción entre currículo y temario** (página ...).
- **La necesidad de un hilo conductor que dé sentido a los estudios a realizar**, evitando que queden en una simple acumulación de temas (páginas ...).
- **El rechazo a currículos totalmente cerrados** -que imponen, incluso, la secuencia de los temas- mostrando la posibilidad y conveniencia de que los profesores y los estudiantes se "apropien" de los currículos oficiales, modificándolos (páginas ...).

.....

- De forma más puntual, se han tocado otros aspectos didácticos, como:
 - La importancia de una preparación cuidadosa de las clases para facilitar la flexibilidad y receptividad a las aportaciones de los estudiantes, la elaboración de síntesis enriquecedoras, etc. (página ...).
 - **El interés de los esquemas gráficos** como síntesis de las aportaciones de los estudiantes ... y los peligros de los esquematismos empobrecedores (páginas ...)

.....

VI. SÍNTESIS Y PROFUNDIZACIÓN

DE LOS CONTENIDOS CIENTÍFICOS TRATADOS

Quizás la primera tentación sea considerar que en esta unidad no se han introducido conocimientos científicos. Ello es reflejo del reduccionismo que la enseñanza habitual de las ciencias impone, centrando la atención casi exclusivamente en los contenidos conceptuales y dejando de lado los aspectos metodológicos o las relaciones CTS.

La escasa atención prestada a las características del trabajo científico no supone, sin embargo, que no se transmita, implícitamente, una cierta visión de la naturaleza de la actividad científica; pero se trata de una visión deformada y empobrecida. En esta unidad hemos intentado, precisamente, arrojar alguna luz sobre las deformaciones que la enseñanza de las ciencias suele transmitir (ver resumen en el cuadro 2, página 26). Frente a estas deformaciones hemos ofrecido una visión más abierta, creativa y contextualizada (esquematisada en la figura 2, página 31). Añadiremos ahora algunas reflexiones a modo de síntesis y profundización.

Conviene señalar que la naturaleza de la actividad científica ha dado lugar a serios debates, en los que se manifiestan profundas discrepancias entre los estudiosos. Sin embargo existen algunos aspectos esenciales en los que se da una amplia coincidencia y que podemos resumir así:

1. En primer lugar hemos de referirnos al **rechazo de la idea misma de "Método Científico"**, con mayúsculas, como conjunto de reglas perfectamente definidas a aplicar mecánicamente e independientes del dominio investigado. Con palabras de Bunge: "La expresión (Método Científico) es engañosa, pues puede inducir a creer que consiste en un conjunto de recetas exhaustivas e infalibles..."

2. En segundo lugar hay que resaltar el rechazo generalizado de lo que Piaget denomina "el mito del origen sensorial de los conocimientos científicos", es decir, el **rechazo de un empirismo que concibe los conocimientos como resultado de la inferencia inductiva a partir de "datos puros"**. Esos datos no tienen sentido en sí mismos, sino que requieren ser interpretados de acuerdo con un sistema teórico. Así, p.e., cuando se utiliza un amperímetro no se observa la intensidad de una corriente, sino la simple des-

viación de una aguja. Se insiste, por ello, en que toda investigación y la misma búsqueda de datos vienen marcadas por paradigmas teóricos -es decir, por visiones coherentes, articuladas- que orientan dicha investigación.

Es preciso insistir en la importancia de los paradigmas conceptuales, de las teorías, como origen y término del trabajo científico, en un proceso complejo que incluye eventuales rupturas -cambios revolucionarios- del paradigma vigente en un determinado dominio y surgimiento de nuevos paradigmas teóricos. Y es preciso también insistir en que los problemas científicos constituyen inicialmente "situaciones problemáticas" confusas: el problema no viene dado, siendo necesario formularlo de manera precisa, modelizando la situación, haciendo determinadas opciones de cara a simplificarlo más o menos para poder abordarlo, clarificando el objetivo, etc. Y todo esto partiendo del corpus de conocimientos que se posee en el campo específico en que se realiza la investigación.

3. En tercer lugar hay que **resaltar el papel jugado en la investigación por el pensamiento divergente**, que se concreta en aspectos fundamentales -y erróneamente relegados en los planteamientos empiristas- como son la invención de hipótesis o el propio diseño de experimentos. No se razona, pues, en términos de certezas, más o menos basadas en "evidencias", sino en términos de hipótesis, que se apoyan, es cierto, en los conocimientos adquiridos, pero que son contempladas como simples "tentativas de respuesta" que han de ser puestas a prueba lo más rigurosamente posible. Y si bien la obtención de evidencia experimental en condiciones definidas y controladas ocupa un lugar central en la investigación científica, es preciso relativizar dicho papel que sólo cobra sentido con relación a la hipótesis que hay que contrastar y a los diseños concebidos a tal efecto. En palabras de Hempel, "al conocimiento científico no se llega aplicando un procedimiento inductivo de inferencia a datos recogidos con anterioridad, sino más bien mediante el llamado método de las hipótesis a título de intentos de respuesta a un problema en estudio y sometiendo luego éstas a la contrastación empírica". Son las hipótesis, pues, las que orientan la búsqueda de datos. Unas hipótesis que, a su vez, nos remiten al paradigma conceptual de partida, poniendo de nuevo en evidencia el error de los planteamientos empiristas.

Por otra parte, el hecho de trabajar en términos de hipótesis introduce exigencias suplementarias de rigor: es preciso dudar sistemáticamente de los resultados obtenidos y de todo el proceso seguido para obtenerlos, lo que conduce a revisiones continuas, a intentar obtener esos resultados por caminos diversos, a mostrar su coherencia con los resultados obtenidos en otras situaciones. Es necesario llamar aquí la atención contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos y contra un posible "reduccionismo experimentalista": no basta con un tratamiento experimental para falsar o verificar una hipótesis; se trata sobre todo de la existencia, o no, de coherencia global con el marco de un corpus de conocimientos.

4. Por último, es preciso **comprender el carácter social del desarrollo científico**, lo que se evidencia no sólo en el hecho de que el punto de partida -el paradigma teóri-

co vigente- es la cristalización de las aportaciones de generaciones de investigadores, sino también en que la investigación responde cada vez más a estructuras institucionalizadas en las que la labor de los individuos es orientada por las líneas de investigación establecidas, por el trabajo del equipo del que forman parte, careciendo prácticamente de sentido la idea de investigación completamente autónoma. Más aún, el trabajo de los hombres y mujeres de ciencias -como cualquier otra actividad humana- no tiene lugar al margen de la sociedad en que viven y se ve afectado, lógicamente, por los problemas y circunstancias del momento histórico, del mismo modo que su acción tiene una clara influencia sobre el medio físico y social en que se inserta. Señalar esto puede parecer superfluo; sin embargo, la idea de que hacer ciencia es poco menos que encerrarse en una torre de marfil -"en el mundo de los libros", etc- desconectando de la realidad, constituye una imagen tópica muy extendida y a la que la enseñanza lamentablemente contribuye con su reducción a la transmisión de contenidos conceptuales y, a lo sumo, entrenamiento en alguna destreza, pero dejando de lado los aspectos históricos, sociales... que enmarcan el desarrollo científico.

Se dibuja así una imagen imprecisa, nebulosa, de la metodología científica -lejos de toda idea de algoritmo- en la que nada garantiza que se llegará a un buen resultado, pero que representa, sin duda, la mejor forma de orientar el tratamiento de un problema científico (como atestiguan los impresionantes edificios teóricos construidos).

Puede decirse, en síntesis, que la esencia de la orientación científica -dejando de lado toda idea de "método"- se encuentra en el cambio de un pensamiento y acción basados en las "evidencias" del sentido común, a un razonamiento en términos de hipótesis, a la vez más creativo (es necesario ir más allá de lo que parece evidente e imaginar nuevas posibilidades) y más riguroso (es necesario fundamentar y después someter a prueba, cuidadosamente, las hipótesis, dudar del resultado y buscar la coherencia global).

Es preciso tener presente, por otra parte, que una característica esencial de una aproximación científica es la voluntad explícita de simplificación y de control riguroso en condiciones preestablecidas, lo que introduce elementos de artificialidad indudables, que no deben ser ignorados ni ocultados: los científicos deciden abordar problemas resolubles y comienzan, para ello, ignorando consciente y voluntariamente muchas de las características de las situaciones estudiadas, lo que evidentemente les "aleja" de la realidad; y continúan alejándose mediante lo que, sin duda, hay que considerar la esencia del trabajo científico: la invención de hipótesis, la construcción de modelos imaginarios.

La esencia misma del trabajo científico exige tratamientos analíticos, simplificatorios, artificiales. Pero ello no supone, como a veces se crítica, incurrir necesariamente en visiones parcializadas y simplistas: en la medida en que se trata de análisis y simplificaciones conscientes, se tiene presente la necesidad de síntesis y de estudios de complejidad creciente. Pensemos, por ejemplo, que el establecimiento de la unidad de la materia -que constituye un claro apoyo a una visión global, no parcializada- es una de las conquistas mayores del desarrollo científico de los últimos siglos: los principios de

conservación y transformación de la materia y de la energía fueron establecidos, respectivamente, en los siglos XVIII y XIX, y no fue hasta finales del siglo XIX cuando se produjo la fusión de tres dominios aparentemente autónomos -electricidad, óptica y magnetismo- en la teoría electromagnética, abriendo un enorme campo de aplicaciones que sigue revolucionando nuestra vida de cada día. Y no hay que olvidar que estos procesos de unificación han exigido, a menudo, actitudes críticas nada cómodas, que han tenido que vencer fuertes resistencias ideológicas e incluso persecuciones y condenas, como en los casos, bien conocidos, del heliocentrismo o del evolucionismo. La historia del pensamiento científico es una constante confirmación de que ésta es la forma correcta de hacer ciencia, profundizando en el conocimiento de la realidad en campos definidos, acotados; es esta profundización la que permite, posteriormente, llegar a establecer lazos entre campos aparentemente desligados.

La idea de "método científico", en resumen, ha perdido hoy sus mayúsculas, es decir, su supuesta naturaleza de camino preciso -conjunto de operaciones ordenadas- e infalible, así como su supuesta neutralidad. Ello no supone, sin embargo, negar lo que de específico ha aportado la ciencia moderna al tratamiento de los problemas: la ruptura con un pensamiento basado en estudios puntuales, en las "evidencias" del sentido común y en seguridades dogmáticas, introduciendo un razonamiento que se apoya en un sistemático cuestionamiento de lo obvio y en una exigencia de coherencia global que se ha mostrado de una extraordinaria fecundidad.

VII. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

En cada unidad se abordan distintos contenidos científicos y de didáctica de las ciencias para los que existe una amplia bibliografía. Nos limitaremos, por ello, a recomendar, para cada uno de los aspectos tratados, algún texto en los que el lector o lectora pueda encontrar una visión de conjunto y abundantes referencias bibliográficas para posibles profundizaciones.

• Naturaleza de la ciencia.

Una buena introducción a los planteamientos recientes acerca de la naturaleza de la ciencia puede encontrarse en dos libros de Chalmers, A.F., editados por Siglo XXI (Madrid): *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?* (1982) y *La Ciencia y cómo se elabora* (1992).

• Concepciones del profesorado acerca de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Esta cuestión se ha convertido en una de las líneas prioritarias de investigación didáctica en la presente década. Una introducción a dicha problemática puede encontrarse en el libro editado por la O.E.I. (Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura), *Formación del Profesorado de las Ciencias y la Matemática. Tendencias y experiencias innovadoras*, de Gil D., Pessoa A.Mª et al. (Editorial Popular S.A. Madrid, 1994).

Cada una de estas concepciones (entendiendo por tal las ideas, actitudes y comportamientos del profesorado) está siendo investigada cuidadosamente. Así, las discriminaciones sexistas que los profesores realizamos (sin ser conscientes de ello), generando actitudes de rechazo hacia la ciencia entre las chicas, han recibido una particular atención estos últimos años. Revistas como *The International Journal of Science Education* le han dedicado números monográficos. A título de ejemplo puede leerse el interesante artículo de Sahuquillo E. et al (1993) "Un currículo equilibrado desde la perspectiva del género", *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp 51-58.

• **Importancia de la educación científica para la formación de los futuros ciudadanos y ciudadanas**

Puede consultarse, por ejemplo, el libro de Reid D. J. y Hodson D., *Ciencia para todos en secundaria* (Narcea: Madrid, 1993) o el de Guy Claxton: *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. (Visor: Madrid, 1994).

• **Modelos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias.**

En la revista *Enseñanza de las Ciencias* y en muchas otras, se vienen publicando numerosos trabajos con propuestas de renovación de la enseñanza de las ciencias, en las que se aprecia un consenso emergente para orientar el aprendizaje como una construcción de conocimientos. La O.E.I. ha editado, a este respecto, un pequeño volumen de Gil D. y Guzman M: *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tendencias e innovaciones* (Editorial Popular, S.A. Madrid, 1993).

• **Diseños curriculares y secuenciación.**

Puede consultarse el artículo de Coll, C., 1989, "Diseño Curricular Base y Proyectos Curriculares", *Cuadernos de Pedagogía*, 168, 8-14, así como los numerosos proyectos curriculares para el área de ciencias editados por el Ministerio de Educación y Ciencia español.

• **Orientación que conviene dar a la enseñanza de las ciencias en esta etapa inicial**

La literatura más reciente apunta a la necesidad de dar a la enseñanza de las ciencias, en esta etapa, una orientación de actividad pre-científica, más próxima de la tecnología que de la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos. Ver, a este respecto, p.e., el libro de Guy Claxton, ya citado, *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. (Visor: Madrid, 1994).

• **Experiencias elementales susceptibles de generar expectación e interés hacia la ciencia.**

El *Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias* (Editorial Sudamericana: Buenos Aires 1975), describe numerosas experiencias atractivas y de fácil realización. Existe, además, un gran número de libros con una orientación explícita de "Ciencia recreativa".







Ministerio de Educación y Ciencia de España

en coproducción con

Ministerio de Educación y Cultura (Argentina)

Ministerio de Educación (Cuba)

Ministerio de Educación / U.P.E.L. / U.C.V. / (Venezuela)

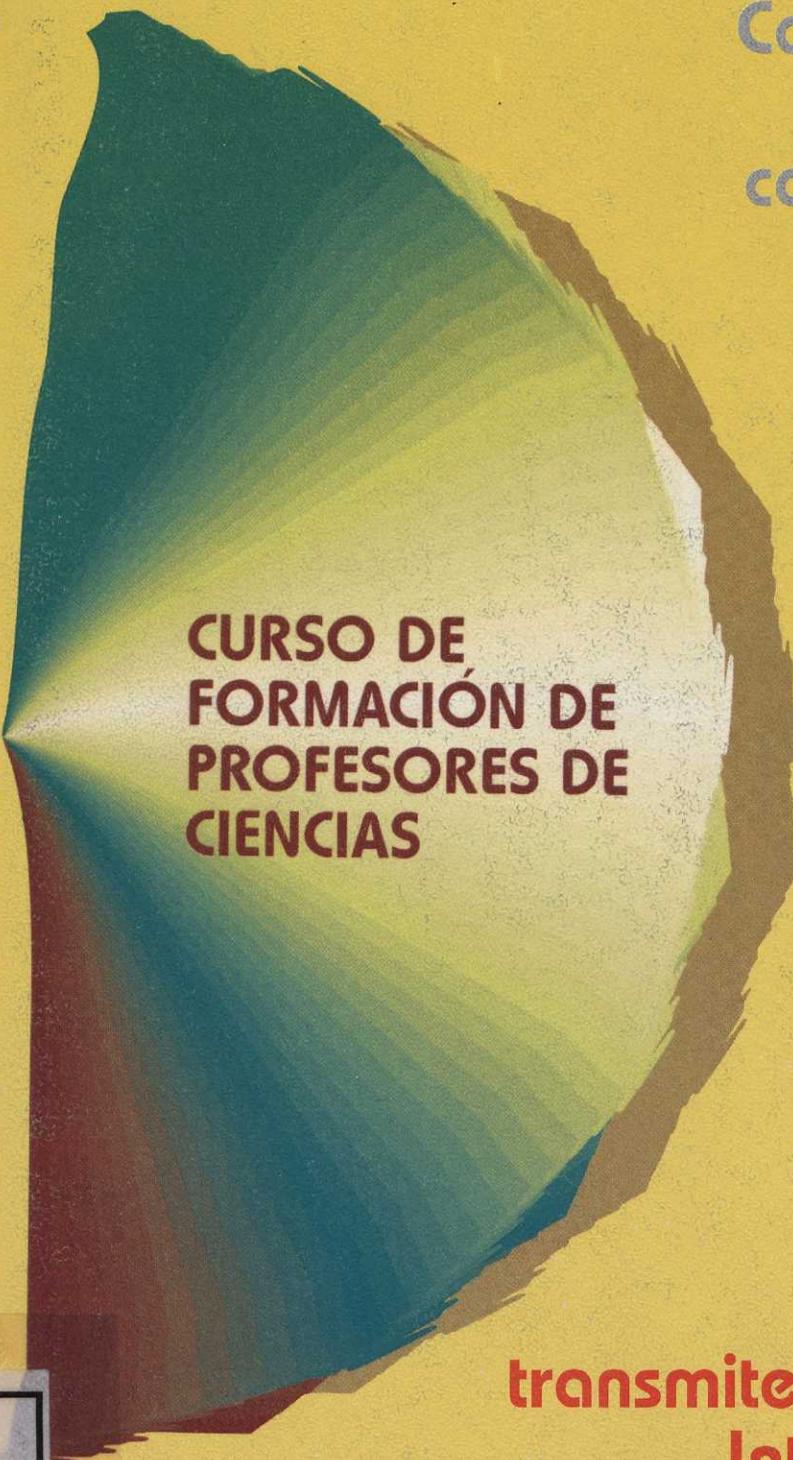
Universidad Nacional de Educación a Distancia (España)

Universidad Autónoma de Barcelona (España)

Televisión Educativa Iberoamericana



I
Comprender y
orientar los
cambios de la
materia



**CURSO DE
FORMACIÓN DE
PROFESORES DE
CIENCIAS**

3.
**¿Cómo se
transmite la energía?
Introducción al
estudio de las ondas**

4118-2

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

**CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS**

**¿CÓMO SE TRANSMITE LA ENERGÍA?
INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO
DE LAS ONDAS**

Equipo de redacción:

Daniel Gil Pérez

Carlos Furió Más

Jaime Carrascosa Alós

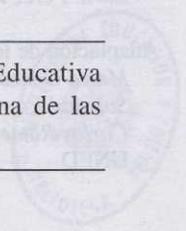
Director y coordinación general:
Antonio Guzmán Morán (Universidad de Valencia)
Marta Espinosa Galaviz (González)
Rafael Ángel García
Capítulo de la S.E.E. MBO

Revisión científica y didáctica:
Daniel Gil Pérez (Universidad de Valencia)

Director de la producción audiovisual:
Eusebio Pérez (UAB)

Este curso de enseñanza a distancia para la Televisión Educativa Iberoamericana se compone de 29 unidades didácticas, cada una de las cuales consta de material impreso y de un programa audiovisual.

A 136 41



Dirección y coordinación general:

Antonio Gutiérrez Martín

María Esperanza Galarraga González

Ramón Amiguet García

Gabinete de la S.E.E. MEC

Dirección científica y didáctica:

Daniel Gil Pérez (Universitat de València)

Dirección de la producción audiovisual:

Enric Pérez i Obiol (UAB)

Adaptación de los textos para la educación a distancia:

María González González

Soledad Esteban Santos

Carlos Romera Carrión

UNED

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de todas las personas e Instituciones que han participado en la elaboración de estos materiales y, en particular:

Agradecemos a todos los colegas que nos han ayudado con sus críticas y sugerencias. Concretamente queremos destacar la lectura cuidadosa de los textos que han realizado Josefina Barandiarán, Valentín Gavidia, Jordi Solbes, Pablo Valdés y Amparo Vilches.

Agradecemos también la inestimable labor de asesoría de las siguientes personas del Ministerio de Educación y Ciencia de España: Pilar Bacas, M^a Jesús Martín y Cristina Sanz (Centro de Desarrollo Curricular); Pilar Montero, M^a Jesús Martínez y M^a Jesús Peña (CIDEAD - Subdirección Gral. de Formación Permanente); Rafael Fontán y Aurelio Santisteban (Subdirección Gral. de Formación del Profesorado), Pablo Sanz (Programa de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación) y M^a Dolores López-Aranguren (Subdirección Gral. de Cooperación Internacional)

Por último, agradecemos la colaboración que, a través de M^a José García Sípido y Salvador Muñoz, la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando para la formación de tutores y adecuación de las redes nacionales para la educación a distancia en los países usuarios del curso.

Textos elaborados en 1995

©

Ministerio de Educación y Ciencia (España)
Universidad Autónoma de Barcelona
Universidad Nacional de Educación a Distancia

NIPO: 176-95-295-0
ISBN: 84-369-2802-4 (Obra completa)
ISBN: 84-369-2807-5 (Unidad I.3)
Depósito legal: M-3376-1996

Diseño cubierta: Dpto. Dibujo UNED
Imprime: Din Impresores
Marqués de San Gregorio, 5 - 28026 Madrid

DESARROLLO DE LA UNIDAD

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
I. DESARROLLO DE LA UNIDAD	9
1. Revisión de los mecanismos de transmisión de energía estudiados en las unidades precedentes.	10
2. Otros mecanismos de transmisión de energía: las ondas mecánicas y las radiaciones.	12
3. Producción y propiedades de las ondas mecánicas.	14
4. Estudio del sonido como onda mecánica.	23
4.1. Una aproximación funcional al estudio del sonido: ¿cómo producirlo?	23
4.2. ¿Puede considerarse el sonido una onda? (Contrastación de la hipótesis).	28
4.3. ¿Con qué velocidad se propaga el sonido?	33
4.4. ¿Es mucha o poca la energía que transmite el sonido?	36
4.5. La contaminación acústica: un problema social importante.	37
5. Estudio de la luz como ejemplo de radiación.	43
5.1. ¿Cómo se propaga la luz?	49
5.2. La reflexión de la luz nos ayuda a ver los objetos.	57
5.3. La refracción de la luz y sus aplicaciones prácticas.	60
5.4. Introducción al espectro de ondas electromagnéticas.	69
6. Síntesis de la unidad I.3 y perspectivas.	72
II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	79
III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE	85
IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS EN ESTA UNIDAD	105
V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA	109

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de todas las personas e instituciones que han participado en la elaboración de estos manuales y, en particular:

Agradecemos a todos los colegas que nos han ayudado con sus críticas y sugerencias. Concretamente queremos destacar la lectura cuidadosa de los textos que han realizado Josefa Barandiarán, Valentín Gavida, Jordi Solbes, Pablo Valdés y Ampar Vilches.

Agradecemos también la inestimable labor de asesoría de las siguientes personas del Ministerio de Educación y Ciencia de España: Pilar Bago, M^ª Jesús Martín y Cristina Sanz (Centro de Desarrollo Curricular); Pilar Montara, M^ª Jesús Martínez y M^ª Jesús Peña (CIDEAD - Subdirección Gral. de Formación Permanente); Rafael Pontón y Aurelio Santisteban (Subdirección Gral. de Formación del Profesorado); Pablo Sanz (Programa de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación) y M^ª Dolores López-Aranguren (Subdirección Gral. de Cooperación Internacional).

Por último, agradecemos la colaboración de las siguientes personas: María José Muñoz, la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) así como la Comisión de los Países de América Latina y el Caribe de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

12	3. Otros mecanismos de transmisión de energía: las ondas mecánicas y las radiaciones.....
14	3. Producción y propagación de las ondas mecánicas.....
23	4. Estudio del sonido como onda mecánica.....
29	4.1. Una aproximación funcional al estudio del sonido: ¿cómo percibimos el sonido?.....
28	4.2. ¿Puede considerarse el sonido una onda? (Contracción de la hipótesis).....
33	4.3. ¿Con qué velocidad se propaga el sonido?.....
36	4.4. ¿Es mucha o poca la energía que transmite el sonido?.....
37	4.5. La contaminación acústica: un problema social importante.....
43	5. Estudio de la luz como ejemplo de radiación.....
46	5.1. ¿Cómo se propaga la luz?.....
57	5.2. La reflexión de la luz nos ayuda a ver los objetos.....
60	5.3. La refracción de la luz y sus aplicaciones prácticas.....
63	5.4. Introducción al espectro de ondas electromagnéticas.....
66	6. Síntesis de la unidad 1.3 y perspectivas.....
II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	
III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE	
IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS	
V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA	

I. DESARROLLO DE LA UNIDAD

- ANA** Creo que llegados a este punto -ya tenemos dos unidades didácticas diseñadas y vamos a por la tercera- convendría echar una mirada hacia atrás para ver donde estamos y hacia donde vamos en el conocimiento de la energía.
- LUIS** Me parece muy bien que comencemos esta unidad didáctica haciendo la revisión que indicas, contribuyendo así a reforzar el hilo conductor de este bloque. Vale la pena, pues,

pasar revista a los problemas abordados en las unidades precedentes (señalando muy brevemente cuáles han sido las principales adquisiciones) y qué aspecto de la energía nos corresponde estudiar en este bloque.



- JUAN** En la primera unidad nos planteamos el *estudio de los cambios materiales*: el interés de los mismos, en qué reside la capacidad de un sistema para producir cambios, etc.
- ANA** Ello condujo a la introducción de una *primera idea de energía* como capacidad para producir cambios, para realizar trabajo.
- LUIS** A estudiar distintos tipos de energía y clarificar en qué consiste su capacidad para transformar la materia.
- ANA** Hablamos, así, de energía cinética (asociada al movimiento de los cuerpos) y de energía potencial o almacenada (asociada a las interacciones gravitatorias, electromagnéticas o nucleares).
- JUAN** Dejamos planteada la cuestión de *qué ocurre con la energía de un sistema cuando se producen transformaciones materiales*.
- LUIS** Éste fue el problema estructurante de la segunda unidad didáctica, en la que hemos clarificado la idea de *calor como una forma de intercambio de energía* a

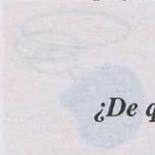
través de las interacciones entre las partículas que constituyen los cuerpos, introduciendo, además, el concepto de "energía interna".

JUAN Ello nos ha permitido relacionar la energía estudiada en el primer tema con los fenómenos caloríficos y establecer las leyes fundamentales que dan respuesta a la pregunta de qué ocurre con la energía cuando se producen los cambios: la de *conservación de la energía* y la de su *degradación*.

ANA La primera establece que, aunque todo proceso va acompañado de transferencias de energía (en forma de trabajo y/o de calor) entre los objetos que interactúan y de transformaciones de unas formas de energía en otras, *la energía total de un sistema aislado se conserva*.

LUIS Y la segunda establece que, aunque la energía se conserva, *en todo proceso se va degradando y disipando* (es decir, distribuyéndose entre el conjunto de partículas del sistema) de manera que cada vez se puede aprovechar menos o, dicho de otro modo, cada vez es menos útil.

JUAN Todo cambio va asociado, pues, a transferencias de energía y conviene que nos detengamos a estudiar, en esta unidad, los mecanismos de la transferencia y propagación de dicha energía:



¿De qué maneras se puede transmitir o propagar la energía?



ANA Podemos empezar recordando lo que hemos visto sobre el tema en las unidades anteriores.

1. REVISIÓN DE LOS MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ESTUDIADOS EN LAS UNIDADES PRECEDENTES.

LUIS Como acabamos de señalar este problema de la transmisión de energía ya se ha empezado a tratar en las unidades anteriores, cuando hemos introducido el *trabajo* y el *calor*, ¿no?

ANA En efecto, cabe aquí recordar que cuando un objeto ejerce fuerzas sobre otro cambiando su posición y movimiento, es decir, realizando trabajo -medible por la expresión $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d}$ -, está modificándole su energía. Vimos en la unidad 1 que el trabajo realizado sobre un sistema aparece asociado a variaciones de energía en dicho sistema ($W = \Delta E$). Así pues, *el trabajo puede interpretarse como un mecanismo de transferencia de energía* entre dos sistemas o, dicho de otro modo, de transmisión o propagación de energía entre sistemas.

LUIS Así es. Y otro mecanismo de transferencia de energía entre dos sistemas es el que se produce a través de las interacciones entre partículas submicroscópicas de dos cuerpos que están a distinta temperatura. Es decir, *el calor es otra forma de transmitir energía* y se puede interpretar como una manera de globalizar estadísticamente todos los pequeños y numerosos trabajos que se realizan al interaccionar los trillones de partículas de un cuerpo "caliente" con las de otro "frío".

JUAN Estáis diciendo que tanto el *calor como el trabajo ya son dos mecanismos de transmisión de energía*. El concepto de trabajo se aplicaría, a nivel macroscópico, cuando es posible conocer las fuerzas que actúan sobre los cuerpos y seguir sus movimientos y el calor a nivel submicroscópico, cuando se ponen en contacto cuerpos a distintas temperaturas y resulta imposible el seguimiento de lo que ocurre con cada una de los millones y millones de partículas.

En resumen, se puede decir que el trabajo y el calor son mecanismos usuales de transferencia de energía entre sistemas que interaccionan y, por tanto, son mecanismos de propagación de energía.

LUIS Y ¿no se puede hablar de propagación de energía dentro de un mismo sistema?

ANA ¡Naturalmente que sí! Es obvio que si el sistema está aislado no se puede hablar de trabajo y calor en relación a un segundo sistema, puesto que no hay posibilidad de transferir energía con el exterior, pero puede haber transferencias energéticas entre partes del mismo sistema y entonces hablamos de *trabajo interno* y de propagación de calor de unas partes a otras del sistema. Ahora bien, los mecanismos físicos de propagación serán los mismos: interacciones entre objetos macroscópicos del mismo sistema o entre partículas submicroscópicas de dichos objetos cuando están a diferente temperatura. Pero, dejemos de lado este inciso y no perdamos el hilo conductor. Una vez revisados el trabajo y el calor como formas de transferir energía, propongo que

consideremos otros posibles mecanismos de transmisión de energía, distintos al trabajo y al calor, que merezca la pena estudiar.



LUIS Podemos pensar en aquellas transmisiones de energía como las que se producen en los terremotos, en las olas del mar, en un resorte, etc... Se trata de fenómenos en los que *no hay desplazamiento neto de materia ni tampoco hay objetos a distinta temperatura*. Su estudio nos conducirá a la introducción de la idea de *movimiento ondulatorio* -movimiento bastante distinto del de traslación o rotación de objetos corrientes- y al estudio de lo que conocemos como "*ondas mecánicas*".

JUAN También podemos tener en cuenta *la energía irradiada*, como la luz que nos llega del Sol. La importancia de esta forma de transmisión es, sin duda, enorme: pensemos que gran parte de la energía acumulada en nuestro planeta tiene su origen en la luz procedente del Sol. La naturaleza de la luz, sin embargo, ha constituido un enigma cuya resolución ha ocupado siglos de trabajo científico y a la que no podremos dedicar mucha atención en esta unidad didáctica.

ANA En definitiva, en esta unidad nos ocuparemos de estos dos mecanismos de propagación de la energía: **las ondas mecánicas y las radiaciones**. Ello nos permitirá entrar en contacto con algunos fenómenos de gran interés, tanto para la comprensión del comportamiento de la materia como por sus aplicaciones prácticas.

JUAN Pasemos, pues, a estudiar estas nuevas formas de transmisión de energía.

2. OTROS MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA: LAS ONDAS MECÁNICAS Y LAS RADIACIONES.

LUIS Así pues, la pregunta a hacer a los alumnos podría ser *qué otras formas de transmisión de energía concebimos que no impliquen desplazamientos de objetos macroscópicos* (como p.e. el de una piedra que, atraída por la Tierra, cae y choca contra el suelo o el del agua de un río que, al avanzar, golpea las paletas de una noria haciéndola girar,...) *ni exijan diferencias de temperatura entre objetos* (o partes de un mismo objeto) como las que acompañan a los fenómenos caloríficos. Se trata, en definitiva, de que los y las adolescentes

señalen ejemplos de transmisión de energía que no correspondan a los dos mecanismos ya estudiados, es decir, que no exijan desplazamientos de objetos ni diferencias de temperatura.



ANA Se pueden referir a toda una serie de ejemplos en los que la *transmisión de energía dentro de un mismo medio, aunque comporta movimiento no se traduce en desplazamientos netos de materia*. Es p.e. el caso conocido de las olas de mar: las vemos avanzar pero el agua no se desplaza, pues por muchas olas que veamos llegar a la playa, el agua permanece en el mar. Vemos que las olas levantan las barcas haciéndolas subir y bajar pero, en general, no las arrastran, si no hay corriente.

LUIS Apoyando lo que dices se puede mencionar que los "surfistas" saben bien que se necesita cierta técnica especial para ser arrastrados; en caso contrario, las olas los levantan pero les dejan en el mismo lugar.

ANA Nos encontramos, pues, con algo, la ola, que transporta energía capaz de derribarnos, de ir rompiendo rocas hasta reducirlas a arena, etc... y, sin embargo, ello no conlleva desplazamiento global de masas de agua de una parte a otra.

JUAN También surgirán -y, si no, haremos que surjan- otros ejemplos similares como son las ondulaciones que podemos provocar en una cuerda o en un resorte y, muy particularmente, las ondas sísmicas producidas por un terremoto, que recorren kilómetros en un tiempo brevísimo transportando gran cantidad de energía y, sin embargo, no supone arrastre de la tierra afectada.

LUIS A estos movimientos caracterizados por no producir transporte neto de materia (pero sí de energía) les llamamos *movimientos ondulatorios*. En cuanto a la importancia de su estudio aparece ya en alguno de los ejemplos que se habrán mencionado (olas, terremotos, ...) y en otros, como el sonido, que tienen, como veremos más adelante, la misma naturaleza.

JUAN Cabe esperar que se refieran también a la luz como un mecanismo de transmisión de energía, para ellos distinto, en principio, a los enumerados hasta aquí y de una gran importancia, puesto que como se les ha señalado repetidamente, casi toda la energía de que disponemos en la Tierra tiene su origen en la luz que nos llega del Sol.

ANA Sí, de entrada es difícil que vean su relación con los movimientos ondulatorios.

LUIS El problema de la naturaleza de la luz no sólo es difícil para ellos: históricamente ha constituido uno de los problemas más complejos con que se han enfrentado los científicos.

ANA Y también de los más fructíferos. Valdrá la pena que asomemos a nuestros estudiantes a este debate histórico, pero inicialmente es lógico que se refieran a la luz como mecanismo distinto de transmisión de energía.

JUAN Más aún: como una forma distinta de energía irradiada por el Sol o por una llama.

LUIS *De entrada*, pues, podemos referirnos a cuatro formas distintas de transmisión de la energía:

* *Trabajo* (realizado al interaccionar cuerpos macroscópicos y que se acompaña de desplazamientos de dichos cuerpos) estudiado en la unidad I.1.

* *Calor* (resultado de la interacción de partículas submicroscópicas de objetos a distinta temperatura) estudiado en la unidad I.2.

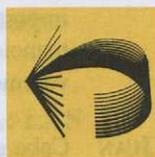
* *Ondas mecánicas* (movimientos ondulatorios sin desplazamiento neto de materia como terremotos, olas, etc.).



* *Radiaciones* (como las luces emitidas por el Sol, por una llama, etc. cuya naturaleza hemos de establecer).

ANA El estudio de estas dos últimas formas constituiría el objeto central de esta unidad.

JUAN El contenido de la unidad queda así bien relacionado con el de las unidades anteriores. Relación que, en general, no se suele establecer cuando se inicia el estudio de un nuevo capítulo y que conviene tener presente para no caer en una introducción compartimentada e inconexa de los problemas que se tratan durante un curso.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 1

1. Recuerde qué pregunta clave orienta el desarrollo de esta nueva unidad didáctica.
2. Indique formas generales de transferencia de energía entre sistemas o entre partes de un sistema que se han estudiado en las unidades precedentes y que aquí se han revisado.
3. Explique por qué puede considerarse al calor como un mecanismo de transmisión de energía.
4. ¿Qué nuevas formas de transmisión y propagación de energía constituyen el objeto de estudio de esta unidad?
5. Comente en qué formas de transmisión de energía clasificaría los siguientes ejemplos: a) un terremoto; b) la luz solar; c) el sonido; d) las olas de mar.

3. PRODUCCIÓN Y PROPIEDADES DE LAS ONDAS MECÁNICAS.

LUIS Habrá, pues, que entrar en el estudio de las ondas mecánicas como nueva forma de transmitir energía diferente al trabajo y al calor; para ello convendrá centrar la atención en aquellas ondas que sean fáciles de obtener, tales como las ondas producidas en cuerdas y resortes o las olas provocadas en la superficie de un estanque.

ANA Estoy de acuerdo con lo que dices porque didácticamente siempre es aconsejable aproximarse al estudio de cualquier temática seleccionando aquellos ejemplos que resulten más sencillos.

JUAN Además, hay que resaltar que lo que decís coincide también con lo que hacen los científicos cuando pretenden resolver problemas. En efecto, convertir una situación problemática 'natural' en un problema científico 'solucionable' requiere simplificar esa realidad compleja.

LUIS No obstante, no debemos olvidar que del tratamiento inicial se derivan otros problemas que suponen aumentar la complejidad y obligan a posteriores profundizaciones en el conocimiento.

ANA De todas maneras, precisar una situación problemática cuando se está haciendo ciencia no debe ser cosa fácil. Pero volviendo a nuestro tema... como todos estamos de acuerdo en la necesidad de centrar el estudio de las ondas mecánicas sobre fenómenos fáciles de reproducir en el aula, podríamos plantear al alumnado la siguiente cuestión:

¿Cómo podemos producir ondas?



LUIS En principio, cabe esperar respuestas concretas de los estudiantes tales como tirar piedras en un estanque o agitar cuerdas haciéndolas ondular mediante la producción de pulsos. Para la obtención de ondas de manera continuada se puede utilizar un pulsador y una cubeta con agua.

JUAN La discusión de esta primera cuestión conducirá seguramente a mostrar la *necesidad de hacer vibrar objetos*; es decir, para producir ondas hace falta *un foco emisor donde se originen perturbaciones que normalmente son vibraciones*.

ANA Ello puede llevar al alumnado a interpretar que el *movimiento ondulatorio es precisamente la propagación de esas vibraciones*.

LUIS Esto último que dices, Ana, ya no me parece tan obvio. Posiblemente algunos estudiantes piensen que, p.e., el agua de la superficie del estanque se desplaza cuando se producen olas.

ANA Conviene sacar a la luz estas ideas y llevarlas a contrastar:

*¿Cómo podríamos ver si al avanzar una onda (p.e. una ola en un estanque o en una cubeta) arrastra o no a la materia?
Sugerid algún montaje experimental adecuado.*



LUIS Los estudiantes sugieren situar algo que flote (un corcho o un barquito de papel) sobre la superficie del agua y comprobar que, al echar guijarros, aquellos objetos ligeros no son arrastrados por las olas.

ANA En el caso de una cuerda (o de un resorte) aún es más fácil comprender que la onda avanza sin que arrastre la materia que forma la cuerda.

LUIS Con un muelle largo, o con una cuerda larga y pesada, es muy fácil ver cómo avanzan los impulsos, la "onda", sin que, por supuesto, se desplace el muelle o la cuerda.

JUAN Experiencias como éstas con cuerdas y resortes, que son bastante atractivas, permiten a los estudiantes afianzar la idea de que en las ondas no hay desplazamiento neto de materia. Sólo avanza la oscilación, es decir la vibración de las partículas que se va comunicando a las demás. Esto es lo que afirman cuando se les pide:

Proponer una explicación de cómo se propaga una onda.



ANA Quizás fuera útil visualizar este mecanismo con ayuda de alguna maqueta como la constituida por unas esferitas unidas por elásticos, en la que se puede ver cómo al hacer vibrar una de las esferitas, la vibración se propaga a las demás.

LUIS Estoy pensando que la transmisión de energía en una onda, en definitiva, consiste en la realización de diminutos trabajos sobre las partículas del medio, que interaccionan entre sí y se desplazan alrededor de sus posiciones de equilibrio.

JUAN La verdad es que las partículas que vibran hacen fuerzas sobre las contiguas, desplazándolas de su posición de equilibrio y, por tanto, están haciendo trabajo. Y así estas vibraciones se van propagando al "arrastrar" unas partículas a sus contiguas.

ANA Entonces, ¿mantenemos o no a las ondas como un mecanismo específico de transmisión de energía, distinto al trabajo?

LUIS A mí me parece que sí, ya que el movimiento ondulatorio es un mecanismo de transmisión energética más complejo que la realización macroscópica de trabajo, con características propias: no hay desplazamiento neto de materia, la energía se distribuye en todas direcciones, etc. Aunque a nivel submicroscópico podamos hablar de fuerzas entre las partículas y de realización de trabajo, las ondas constituyen un mecanismo de intercambio de energía que no se confunde con el trabajo macroscópico.

JUAN No obstante, ello no significa que no existan relaciones muy estrechas entre las ondas y el trabajo, al igual que hemos visto en la unidad anterior, que existían relaciones entre el trabajo y el calor.

LUIS Aclarada esta duda, creo que podemos seguir. Una vez se ha visto que el movimiento ondulatorio es, en esencia, la propagación de una perturbación y, con ella, de la energía correspondiente, se puede introducir la *distinción entre ondas transversales y longitudinales*. Solamente habrían de comparar las direcciones de las vibraciones de las partículas con la de propagación de la onda.

ANA ¿Crees que ello vale la pena en este nivel? ¿Acaso estás pensando en estudiar algún problema que exija esta distinción?

LUIS La verdad es que no, pero como todos los textos hablan de ondas transversales y longitudinales...

JUAN Un buen principio es evitar introducir conocimientos de los que no vayamos a hacer uso después; en caso contrario, el programa se hace tan extenso que obliga a un tratamiento superficial y a un aprendizaje memorístico.

LUIS Estoy de acuerdo, ¡ya introduciremos esta distinción en niveles más avanzados! La verdad es que ahora lo que importa, fundamentalmente, es caracterizar las ondas como transmisoras de energía. Podríamos, pues, plantear la forma de favorecer esta transmisión:

¿Cómo podemos conseguir que la energía transportada por una onda sea elevada?



ANA Una idea que puede aparecer, pienso, es, p.e., que haciendo vibrar más rápidamente una cuerda se conseguirá transportar mayor cantidad de energía en el mismo tiempo. Es decir, aumentando la frecuencia de las vibraciones se transmitirá mayor cantidad de energía.

LUIS Esta idea puede venir bien para introducir la *frecuencia como magnitud básica de las ondas, definida como número de vibraciones por segundo*. Concepto que servirá para distinguir una onda de otras.

JUAN Al mismo tiempo, se puede ver que al hacer vibrar más rápidamente la cuerda, las ondas se hacen más cortas. Esto permite introducir, también, el concepto de *longitud de onda* como magnitud que mide la distancia de separación entre dos crestas o dos valles consecutivos de la onda. Y, por tanto, se puede avanzar cualitativamente que existe una relación estrecha entre esta nueva magnitud y la

energía transmitida. O sea, se puede decir que cuánto más cortas son las ondas (o mayor es su frecuencia) más energéticas serán.

LUIS También se les puede ocurrir otra manera de conseguir una mayor transmisión de energía, haciendo que la perturbación o vibración que se va a propagar sea *más intensa*. Es decir, haciendo que los valles o las crestas de, p.e., una cuerda oscilante, sean más 'profundos'.

JUAN Eso lo saben bien los marineros a través de la *altura de las olas* del mar: a mayor altura mayor energía... y más peligro. En este caso se puede proceder a introducir la *amplitud de la vibración* como nueva magnitud básica de las ondas. Se le define como *la máxima separación de las partículas vibrantes de su posición ordinaria (o de equilibrio)*.

ANA De todos modos, opino que la introducción operativa de todos estos conceptos fundamentales de las ondas se pueden dejar para etapas posteriores. Como hemos dicho antes, es mejor no 'atosigar' al alumnado con un excesivo número de conceptos que obligan a aprendizajes mecánicos sin que tengan significado físico para ellos. Yo los iría introduciendo paulatinamente en la medida que se vayan necesitando. Nos podríamos limitar a tratamientos cualitativos presentándoles fotos o esquemas de, p.e.: a) tres ondas de igual frecuencia y distinta amplitud ; b) tres ondas de igual amplitud y distinta frecuencia (fig. 1) y pedirles:

Ordenad de menor a mayor energía las ondas representadas en la figura 1.

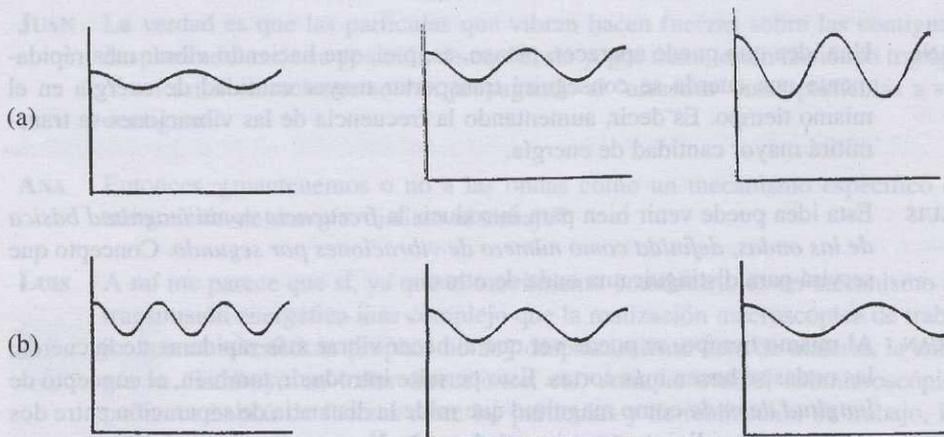


Figura 1. ¿Qué ondas transmiten más energía?

LUIS Supongo que los estudiantes no tendrán dificultad en intuir que, a igualdad de amplitud, un aumento de frecuencia supone mayor transporte de energía y vice-versa.

JUAN Estas ondas elementales que podemos producir en una cuerda, resorte o cubeta se pueden aprovechar, en particular, para clarificar algunas de las **propiedades de las ondas** que permitan diferenciar el movimiento ondulatorio del desplazamiento de objetos. En particular, las que hagan referencia al comportamiento especial de las ondas en cuanto a la transmisión de energía. Pero, todo ello de forma cualitativa y sin necesidad de profundizar mucho.

ANA Podemos pedirles:

Intentad establecer cómo se comportan las ondas, qué fenómenos acompañan a su propagación, etc., señalando las diferencias entre los movimientos ondulatorios y los desplazamientos de objetos.



LUIS Cabe esperar que hagan referencia a la propagación en todas direcciones.

ANA En verdad, también los objetos que se desplazan, si no se ejercen acciones sobre ellos, lo hacen en línea recta. Pero se puede resaltar una idea esencial que diferencia a ambos tipos de movimientos: **las ondas se propagan en línea recta en todas direcciones** y la energía se dispersa, o mejor aún, se distribuye a través de todo el medio. Es decir, toda la materia afectada por la onda vibra; al contrario de lo que sucede cuando un objeto se mueve.

LUIS Por supuesto. Esta 'deslocalización' de la energía y del movimiento por todo el espacio disponible que se produce en las ondas, se puede percibir bien en una cuerda oscilante o, mejor aún, en una cubeta, al producir con un foco puntual ondas en la superficie del agua.

JUAN Otra propiedad de las ondas, muy fácil de observar en la misma cubeta, es la **reflexión que sufren cuando chocan con un obstáculo**.

LUIS Yo aquí no haría mucho hincapié en la reflexión, puesto que es común al movimiento de traslación de un objeto. En todo caso, se puede tratar más ampliamente al estudiar la luz. Una de las propiedades más características del movimiento ondulatorio que se tendría que enunciar es **la posibilidad que tienen las ondas de bordear los obstáculos, es decir, de experimentar lo que se denomina difracción** (Figura 2).

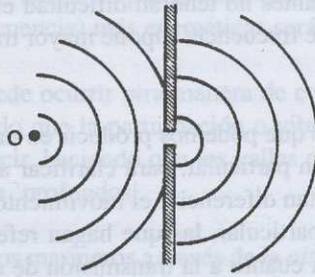


Figura 2. Difracción de ondas en una cubeta.

ANA Ésta sí que es una propiedad ondulatoria que merece resaltarse ya que difiere notablemente del desplazamiento de objetos como, p.e., el de los proyectiles. En efecto, estos móviles al llegar a una barrera u obstáculo sólo pueden "rebotar" (lo que constituye una reflexión) o excepcionalmente, si tienen suficiente energía, atravesarlo. Pero, en ningún caso pueden bordearlo o contornearlo dando la vuelta, como hace una onda.

LUIS También es cierto que para observar mejor esta difracción, el tamaño del obstáculo debe ser de tamaño parecido al de la longitud de la onda. Eso se puede comprender fácilmente poniendo el ejemplo de olas de p.e. 1 metro de longitud de onda que llegan, por una parte, a un trasatlántico y, por otra, a una barca de 3 ó 4 m de eslora. En el primer caso apenas se observará la difracción, mientras que en el segundo las olas bordearán fácilmente la barca.

ANA También se puede observar la difracción en los bordes de un orificio o de un hueco a los que llegan ondas (fig. 3). P.e. en días de oleaje intenso una puede acercarse a la bocana de un puerto y observar las ondas circulares que se producen en los extremos de las escolleras que forman aquella bocana.

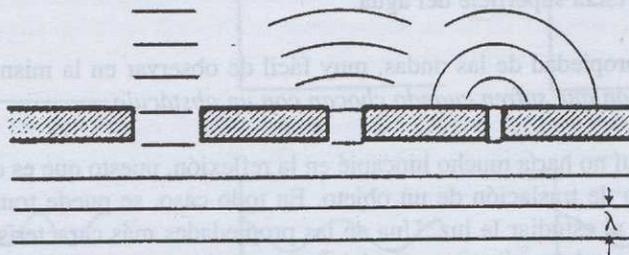


Figura 3. La difracción depende del tamaño del obstáculo y de la longitud de onda.

JUAN Aparte de las propiedades de las ondas que se han ido mencionando como la propagación rectilínea en todas direcciones, la reflexión y la difracción, existen

otras propiedades como la refracción (desviación de las ondas cuando pasan de un medio a otro) o la absorción que pueden ir introduciéndose a medida que se profundiza en el estudio de movimientos ondulatorios particulares como el sonido o la luz, respectivamente.

ANA A mí me parece correcto. P.e. cuando estudiemos el sonido aparecerá como problema funcional el de cómo absorber la energía transmitida y cuando estudiemos la luz se puede introducir con más facilidad la refracción y asomarnos a la gran cantidad de aplicaciones prácticas que se derivan de esta propiedad.

LUIS Así pues, para acabar con este apartado dedicado a establecer algunas características generales del movimiento ondulatorio podemos proponer a los estudiantes:

construir un cuadro comparativo que muestre las principales diferencias vistas entre el movimiento corpuscular (o desplazamiento de objetos) y el ondulatorio.



JUAN Habrían de referirse básicamente a los cuatro aspectos que recoge el cuadro 1 siguiente.

CUADRO 1

ALGUNAS DIFERENCIAS BÁSICAS ENTRE EL MOVIMIENTO ONDULATORIO Y EL CORPUSCULAR.	
Movimiento ondulatorio	Movimiento corpuscular
- Las partículas del medio vibran sin que haya desplazamiento neto.	- Hay objetos (grandes o pequeñas partículas) que se desplazan de un lugar a otro.
- La energía se transmite dispersándose en todo el medio.	- La energía se transmite asociada a los objetos que se mueven.
- La energía es mayor cuanto mayor es la frecuencia y la amplitud de la onda.	- La energía es mayor cuanto es mayor la masa y la velocidad de las partículas que se desplazan.
- Las ondas pueden bordear los obstáculos, es decir, se <i>difractan</i> .	- Las partículas no pueden contornear los obstáculos.

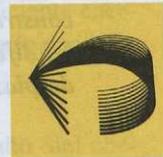
LUIS Sí, las diferencias fundamentales que hemos visto hasta aquí entre estos dos movimientos están recogidas. Y ello nos va a ayudar a distinguir si "algo" que nos llega se puede considerar un haz de partículas o un movimiento ondulatorio.

ANA Sin embargo, no siempre es fácil esta distinción, porque a menudo lo que se mueve no es visible. En el caso de las bolas que lanzamos en una bolera o de las olas provocadas en la cubeta de ondas no hay duda alguna. Pero ¿qué ocurre cuando lo que se mueve no es macroscópico?

LUIS Está bien llamar la atención sobre estas dificultades que han estado presentes a lo largo de la historia de la ciencia. Algunos fenómenos especialmente importantes no han sido caracterizados como ondas o corpúsculos hasta bastante recientemente.

JUAN Y cuando ya parecía todo claro, se estableció la *dualidad onda-corpúsculo* que derribó las barreras entre lo puramente corpuscular y lo puramente ondulatorio.

LUIS Pero eso es mejor ni mencionarlo por ahora.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 2

1. Señale qué hay que hacer para producir ondas, p.e., en una cubeta de agua.
2. Indique razonadamente qué ejemplos utilizaría para iniciar el estudio de las ondas.
3. ¿Qué experimentos podría sugerir para mostrar que en el avance de una onda no hay desplazamiento neto de materia?
4. Comente de qué maneras se puede aumentar la energía transmitida por una onda mecánica.
5. Proponga una explicación verosímil para la propagación de una onda mecánica.
6. Si tuviera que decidir si "algo" que le llega es un haz de partículas o una onda, ¿qué trataría de ver?

JUAN Tienes razón. Lo que sí podríamos ahora es pedirles:

Indicad algunos fenómenos (además de los vistos hasta aquí) que, en vuestra opinión, pudieran ser ondas.



- ANA** Es de esperar que hagan referencia al sonido o a la luz como *posibles* ondas.
- LUIS** Sin embargo, no deja de ser algo bastante atrevido y escasamente fundamentado.
- JUAN** Desde luego; pero esto nos da pie a estudiar estos fenómenos, a intentar clarificar su naturaleza (recordemos que tenemos algunos criterios para distinguir las ondas de los desplazamientos de partículas) y, sobre todo, a profundizar en la cuestión de propagación de la energía asociada a los mismos, que es nuestro tema principal aquí.
- ANA** Comencemos, pues, a estudiar el sonido.

4. ESTUDIO DEL SONIDO COMO ONDA MECÁNICA.

- ANA** Lo primero que podríamos hacer en este apartado es preguntar a los alumnos y alumnas qué entienden por sonido y pedirles que registren en sus libretas diario estas ideas iniciales. Más adelante podrían cotejarla con la que vayan construyendo y así ellos mismos podrán evaluar si ha habido o no progreso en su aprendizaje. Es decir, si sus "preconcepciones" han sido desplazadas por los conceptos científicos.
- JUAN** Como ya hemos dicho otras veces, se suele proponer comenzar un estudio sacando a la luz preconcepciones de los y las estudiantes. Pero, aunque estoy de acuerdo en que estas ideas son fundamentales, no creo que debamos empezar así, sino planteándoles algún problema capaz de interesarles. En la medida que consigamos esto, los estudiantes se implicarán en el estudio propuesto utilizando *funcionalmente* sus concepciones previas y también *nuevas ideas* que puedan concebir y que deben ser todas valoradas como hipótesis de trabajo.
- LUIS** Creo que tienes razón. La cuestión clave puede ser:

¿Cómo podríamos iniciar el estudio del sonido de manera activa y motivadora para alumnos y alumnas?



4.1. UNA APROXIMACIÓN FUNCIONAL AL ESTUDIO DEL SONIDO: ¿CÓMO PRODUCIRLO?

- ANA** Se podría comenzar planteando a los estudiantes

¿cuál puede ser el interés del estudio del sonido? (al margen de que constituya o no -cosa que habría que ver- un ejemplo de movimiento ondulatorio).



Pienso que ésta es una reflexión absolutamente necesaria, que permitirá clarificar el papel del sonido en la transmisión (emisión y recepción) de información.

LUIS En muchos animales el sentido más desarrollado es precisamente el del oído, porque su supervivencia depende, en gran medida, de su capacidad para detectar sonidos que anuncian la presencia de algún depredador... o de alguna posible "víctima".

JUAN En el caso de la especie humana, es preciso señalar que el proceso de hominización va ligado al desarrollo del lenguaje que abre la posibilidad de una herencia cultural infinitamente más efectiva que la biológica.

ANA Alguien ha dicho que la sordera aísla mucho más que la ceguera. De hecho, los sordos de nacimiento no se desarrollaban intelectualmente y constituían verdaderos deficientes mentales, hasta que fue inventado el lenguaje gestual.

LUIS Habría que referirse, además, a ese mundo maravilloso que es la música. La música creada por nuestra especie que nos acompaña desde el nacimiento, con las canciones de cuna.

ANA Es verdad. No creo que podamos encontrar un lenguaje más accesible a hombres y mujeres de todas las culturas que el lenguaje musical.

JUAN Esta pequeña reflexión es, sin duda, oportuna como elemento motivador. Una vez vista la enorme importancia del sonido se puede empezar ya su estudio físico pidiéndoles que produzcan algunos sonidos y se planteen:

¿Cómo se pueden producir sonidos?



LUIS La primera idea que saldrá, será que golpeando, soplando o frotando algunos objetos se producen sonidos y seguramente se asociará la producción de sonidos a la de vibraciones producidas en un cuerpo que funciona como foco emisor de las mismas.

ANA Esta asociación de ideas puede tener el peligro de que se identifique el sonido con las vibraciones del foco. En este sentido la literatura ya ha reflejado que

muchos estudiantes no dan entidad en sí mismo al sonido sino que *lo identifican con el mismo foco emisor y, por tanto, no lo consideran como un movimiento ondulatorio sino como el mismo movimiento vibratorio del foco.*

LUIS Sí, sí,... pero, en primer lugar, hay que dejar clara la necesidad de existencia de movimiento vibratorio originado por el foco sonoro. Después ya mostraremos que esta condición no es suficiente para tener sonido, que sin un medio material en el que se propaguen las vibraciones no puede haber sonido.

ANA ¡Vayamos por partes y así nos aclararemos! Una vez se ha visto la necesidad de vibraciones se les puede pedir que expliquen qué vibra en una gama de sonidos particulares como el de un tambor, el grito de una persona, el sonido de un acorde de guitarra, el de una flauta dulce, etc...

En el caso humano habría necesidad de comentar (con ayuda de un dibujo anatómico o, mejor aún, de las imágenes de un video) que lo que vibra son las cuerdas vocales que hay en la laringe cuando se expulsa el aire de los pulmones.

LUIS Una manera "musical" de profundizar en la producción de sonidos que podemos solicitar a los estudiantes sería la siguiente:

Elaborad una relación lo más amplia posible de instrumentos musicales que conozcáis y agrupadlos de acuerdo con el mecanismo de producción del sonido.



JUAN Clasificar los instrumentos no es una cosa sencilla; hay libros enteros escritos al respecto, pero una primera agrupación muy elemental es distribuirlos en *instrumentos de percusión, de cuerda y de viento* (atendiendo a cómo se originan las vibraciones), aunque algunos instrumentos escapan a esa clasificación.

ANA Quizás no convenga aquí ir más allá. En cambio, considero importante realizar un esfuerzo de comprensión y aceptación de la "diversidad multicultural" y dejar claro que cada cultura ha producido sus propios instrumentos musicales, cada cual con su propia expresividad, que merecen ser conocidos.

LUIS Precisamente muchos instrumentos primitivos, aunque suelen clasificarse entre los de percusión, escapan al mecanismo típico de golpear p.e. sobre un tambor o un gong. Tenemos así los raspadores de hueso o madera, los que funcionan agitándolos como las maracas y cascabeles, los de entrechoque como platillos y castañuelas, etc...

JUAN Lo importante es hacer ver las muchas posibilidades de producir sonidos, con instrumentos que van desde un simple tronco o palo (los "bastones de ritmo") a

los más sofisticados. Quizás convendría detenerse, sobre todo, en los más elementales que ellos mismos pueden construir.

ANA Sin que olviden ese maravilloso instrumento que es la voz humana o el simple batir de palmas. Eso me hace pensar que deberíamos posponer esta actividad de recopilación y clasificación de instrumentos y plantear, de entrada, algo más dinámico e interesante para nuestros estudiantes. Se trataría de pedirles:

construir "instrumentos musicales" elementales, lo más diversos posibles.



LUIS Es una buena idea. Seguro que se les ocurren muchas ideas y que construirán tambores, silbatos, campanas,

JUAN Pueden "reinventar" también, utilizando materiales simples, algunos instrumentos que podemos considerar precedentes de la guitarra o del violín.

LUIS Los niños juegan a hacer música con un peine cubierto por un papel muy fino.

ANA O acariciando con un dedo el borde de una copa de cristal.

JUAN En muchos lugares existen fiestas como las de Carnaval, en las que es tradicional hacer música "sorda": frotando una botella de superficie rugosa con una cuchara; pasando una cuchara entre otras dos mantenidas unidas; haciendo vibrar zambombas, o dando vueltas a carracas, etc... Pienso que una actividad como ésta podría ayudar a recuperar alguno de estos instrumentos.

LUIS La verdad es que esta actividad puede ir mucho más allá de hacer comprender la producción de sonido. Quizás se podría organizar (conjuntamente con los profesores de música) una exposición de instrumentos musicales artesanales y aprovechar para discutir también la importancia que la música ha tenido desde las civilizaciones más remotas.

ANA Y sigue teniendo, aunque se esté produciendo un cierto empobrecimiento a causa de la difusión masiva de ciertas formas musicales a expensas de otras.

JUAN Eso es parcialmente cierto, pero también lo es que nunca como hoy disponemos de tantas grabaciones de músicas autóctonas que suponen una garantía contra su extinción. En cualquier caso la idea de una exposición musical me parece excelente.

- ANA** Se puede pensar en organizar un "día de la música" en el que se realice la exposición de instrumentos, pero una exposición "viva" con demostraciones y con posibilidad de que los asistentes manejen esos instrumentos o pregunten por los mecanismos... Se podría pensar en un concierto "ilustrado" que sirviera para presentar los distintos instrumentos y explicar brevemente su funcionamiento.
- LUIS** Además de construir instrumentos podrían aportar los suyos o de sus familiares (flautas, ocarinas, guitarras,...)
- JUAN** Otro instrumento que también se puede fabricar fácilmente es una 'bramadera'. Tiene el mismo fundamento que los sonidos producidos por el viento al soplar entre cables de la luz o del teléfono. Para ello se toma un tubo de cartón de unos 10-15 cm de longitud, una goma elástica de unos 50 cm de largo y 3 ó 4 mm de espesor. Se pasa la goma por el tubo como indica la figura 4 y se ata. Luego, se le anuda una cuerda con la que se puede hacer girar por encima de la cabeza y se producirá un sonido grave.



Figura 4. Construcción de una bramadera.

- ANA** La verdad es que esta actividad puede dar mucho de sí, facilitando una aproximación práctica bastante motivante. Ahora sí tendría más sentido una búsqueda y clasificación de los instrumentos musicales.
- LUIS** Pero no hemos de olvidar que hemos empezado a estudiar el sonido como un posible ejemplo de movimiento ondulatorio y esto no lo hemos aclarado todavía. Deberíamos retomar la cuestión.
- ANA** Me parece bien. Una vez nos hemos aproximado de forma práctica a la producción de sonidos, se trata ahora de replantear la cuestión inicial de si *se puede considerar al sonido como una onda*.

4.2. ¿PUEDE CONSIDERARSE AL SONIDO COMO UNA ONDA? (CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS)

LUIS El hecho de que para producir sonido haya que hacer vibrar algo nos permite concebir la hipótesis de que el *sonido constituya la propagación de estas vibraciones*. Sólo que, en este caso, las vibraciones y las ondas producidas no son tan fácilmente observables como las olas de mar o las ondulaciones provocadas en una cuerda. Se podría

solicitar a los estudiantes que extraigan consecuencias contrastables experimentalmente que permitan distinguir si el sonido es un movimiento ondulatorio o no.



ANA Una primera cosa que se les puede ocurrir es analizar *si hay o no desplazamiento neto de materia cuando se emiten sonidos*.

LUIS ¿Y qué podrían hacer para comprobar eso?

ANA No sé, pueden pensar en que tocar un instrumento, una campana, p.e., no parece producir pérdidas de peso. O ver qué pasa cuando alguien que ha comido algo con fuerte olor (p.e. ajos) nos habla. Quienes están cerca notan mucho ese olor pero quienes están lejos, aunque le oyen muy bien no son alcanzados por el "perfume". En resumen, oímos el sonido sin que nos lleguen partículas de la campana o de la boca del que habla.

LUIS Está también el hecho de que podemos oír -desgraciadamente- al vecino, aunque haya una pared por medio. Difícilmente sería posible si se tratara de partículas.

JUAN Argumentos como estos apoyan, sin duda, la idea de que en el sonido no hay desplazamiento neto de partículas desde el emisor, sólo se traslada la perturbación. Ello es coherente con la hipótesis de que el sonido es un movimiento ondulatorio, es decir, la propagación de una vibración; pero no basta, claro está, para aceptar dicha hipótesis. Se precisan más apoyos, más resultados o evidencias.

ANA En este sentido, *otro claro indicio de que el sonido es un movimiento ondulatorio es la propia dispersión de la energía a medida que nos alejamos del foco sonoro*, cosa que no ocurría en el desplazamiento ordinario de objetos. Es decir, la distribución de la energía por todo el medio es un fenómeno típico de las ondas que tiene como efecto la atenuación rápida de la onda. Todo ello independientemente de que esta distribución vaya acompañada de la consiguiente degradación energética por rozamiento, que se presenta también en los desplazamientos de objetos ("pérdidas" de energía por fricción).

JUAN Convendría hacer ver esto con claridad.

- ANA** Ver que el sonido se propaga en todas direcciones no plantea ningún problema: una campana que suena, p.e., se oye en cualquier dirección. Más difícil es mostrar que la atenuación con la distancia es debida a que todo el medio se pone a vibrar distribuyéndose la energía.
- LUIS** Eso también se puede ver fácilmente: ¿No habéis hablado nunca a través de un tubo largo? Se oye como si habláramos directamente a la oreja porque la propagación sólo se ha hecho en una dirección y no hay apenas atenuación.
- ANA** Es verdad. Así eran los teléfonos de los barcos, como hemos visto en algunas películas.
- LUIS** Y en eso están basados los megáfonos como los que podemos fabricar con un cartón o, simplemente, poniendo las manos alrededor de la boca. Cuando quiero llamar la atención de los alumnos que están discutiendo acaloradamente, pongo las manos en forma de bocina y les digo sin necesidad de gritar: "¡Me encanta que sean tan efusivos!". Mi voz suena como a través de un altavoz y hace que presten atención.
- JUAN** Otro fenómeno muy importante para determinar el carácter ondulatorio o no del sonido es el de la *difracción*: ¿puede un sonido bordear un obstáculo?
- ANA** Se pueden proponer pruebas cualitativas como la de que algún niño o niña se sitúe detrás de la puerta semiabierta de la misma clase donde no se vea al profesor; podrá comprobar que sigue oyéndole muy bien.
- LUIS** Lo importante es que noten que se oye casi igual como si estuvieran en la habitación, mucho mejor que oírían si la puerta estuviese cerrada. Aunque también el sonido se transmite a través de las paredes, como ya hemos señalado antes, lo hace mucho menos que con la puerta abierta. En este caso hay auténtica difracción.
- JUAN** Muy bien. Parece que todos estos indicios convergen hacia la idea de que el sonido es un movimiento ondulatorio en el que se propagan las vibraciones producidas en el foco. Es, pues, oportuno

preguntar cómo se imaginan que se transmiten las vibraciones sonoras.



- LUIS** El problema, ahora, ya no es tan fácil de resolver, puesto que la propagación de las vibraciones no se puede observar como en las olas del mar o en las ondulaciones de la cuerda vibrante.

JUAN Bien, pero no es difícil imaginar que *el medio material desempeña un papel fundamental en esta propagación*. Es decir, se podría relacionar este mecanismo con la necesidad de la existencia de medio material para que se propague el sonido.

ANA ¡Ah! Ya sé donde quieres ir a parar. Ello les llevaría a conjeturar que al hacer vibrar a un objeto, éste en sus oscilaciones golpea a las partículas próximas del medio que le rodea y, éstas a su vez, hacen vibrar a las contiguas y, así sucesivamente, se traslada el movimiento vibratorio original.

LUIS O sea que, se puede considerar hipotéticamente que *el sonido es una onda que necesita un medio material*. Por tanto, se les puede pedir que

propongan pequeños diseños experimentales para probar si realmente se precisa un medio material para que se propague el sonido.



ANA ¿Tú crees que se les ocurrirá algo? Ten en cuenta que, para los chicos y chicas de estas edades, el aire apenas tiene existencia real. Numerosas investigaciones señalan que el aire apenas es considerado por los estudiantes como algo material al igual que los sólidos y líquidos.

LUIS No es difícil, sin embargo, que se les ocurra un diseño parecido al realizado por R. Boyle cuando puso un reloj de tic-tac dentro de un recipiente en el que se había hecho el vacío con una bomba neumática. Se puede ver que cuánto mayor es este vacío menos se percibe el sonido característico del reloj.

JUAN También pueden recordarse que cuando los astronautas llegaron a la Luna tenían que comunicarse por radio, a pesar de estar muy próximos, porque faltaba el aire que permitía propagar las vibraciones de la boca de uno al oído del otro. Si el sonido consistiera en partículas emitidas por la voz aún se propagaría mejor en el vacío.

LUIS Yo pienso que todos estos hechos son suficientes para poner en evidencia el carácter ondulatorio del sonido. Ahora podríamos ver qué otras cuestiones pueden interesarnos, es decir, podríamos plantear a los estudiantes:

¿Qué otras cuestiones se os ocurre que convendría estudiar acerca del sonido?



ANA Me imagino que propondrán estudiar su velocidad. Y conviene resaltar que esta es una cuestión importante desde el punto de vista de la transmisión de la energía.

LUIS Yo creo que deberíamos ver, antes, algunas *características de los sonidos*. Si se trata de una onda, habrá que decir algo acerca de frecuencias y amplitudes que también son magnitudes importantes, como ya vimos, desde el punto de vista de la transmisión de la energía.

JUAN Tienes razón. Además, la caracterización de los sonidos es básica para la música, pero no siempre se aclara la relación entre las características musicales y las físicas.

ANA Podemos empezar, pues, por estudiar las características del sonido y solicitar a los estudiantes:

Indicad algunas cualidades que permitan identificar los sonidos.



LUIS Las cualidades de los sonidos son conocidas por los estudiantes, sobre todo por aquellos que están siguiendo estudios musicales, que no son pocos. Supongo, pues, que algunos de ellos podrán referirse a la intensidad, a la altura, etc.. Pero creo que sería mejor un planteamiento más práctico: podemos emitir, p.e., dos sonidos que sólo se diferencien en su intensidad y pedir a los estudiantes:

¿En qué se diferencian estos dos sonidos?



ANA Seguro que no tendrán dificultad en decir que uno es más intenso que otro, aunque quizás digan "más fuerte".

JUAN Pero sería importante que sugirieran a qué corresponde esa intensidad en un movimiento ondulatorio y que pudieran comprender su relación con la amplitud de las oscilaciones.

LUIS Del mismo modo podríamos, después, emitir notas, una muy aguda y otra muy grave, y volver a plantear la cuestión de cuál es la diferencia entre ambas. Ello permitirá que aparezca la idea musical de *altura*, que puede asociarse a la de la frecuencia del movimiento, aunque no resultará fácil establecer esa relación, es decir, hacer ver que cuanto mayor es la frecuencia más agudo es el sonido.

ANA Quizás no hace falta profundizar tanto en el estudio de las propiedades del sonido. Ni siquiera sé si vale la pena hablar de otras propiedades como el *timbre* o la *duración*.

JUAN Se puede decir algo acerca de que los sonidos emitidos por un instrumento no son "puros" (es decir, de una única frecuencia) y que se producen una variedad de otros sonidos ("armónicos") ya que al pulsar, p.e., un cuerda de guitarra, no sólo se produce la vibración principal, sino que también vibran otras partes del instrumento (caja de resonancia). Por eso, los armónicos producidos dependen de la forma de la caja y caracterizan el timbre. Con esto creo que será suficiente.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 3

1. Comente cómo se podría iniciar el estudio del sonido de manera que se favorezca el interés hacia su aprendizaje.
2. Dé ejemplos que permitan mostrar la importancia del sonido como elemento de primer orden en la comunicación y relación de los seres vivos.
3. ¿Qué condiciones, en su opinión, son necesarias para que haya producción de sonidos?
4. Señale alguna actividad que tenga por finalidad impulsar la recuperación de la cultura musical autóctona.
5. Recuerde algunas evidencias experimentales que se pueden aportar para hacer ver que el sonido se comporta como una onda.
6. ¿Qué se puede hacer para que el sonido no se atenúe con la distancia?
7. Proponga ejemplos de situaciones donde se manifieste claramente que el sonido puede bordear obstáculos, es decir, en los que se pueda observar el fenómeno de la *difracción*.
8. Explique el mecanismo por el que se propaga el sonido en un medio material.

ANA Podemos pasar, pues, a estudiar el tema de la velocidad con que se propaga el sonido.

JUAN Esta cuestión de la velocidad va a permitir, además, seguir profundizando en la naturaleza de los movimientos ondulatorios.

4.3. ¿CON QUÉ VELOCIDAD SE PROPAGA EL SONIDO?

JUAN Quizás la primera pregunta deba ir dirigida a llamar la atención sobre un hecho que suele pasar desapercibido pero que constituye una característica básica de los movimientos ondulatorios: la velocidad de propagación en un medio dado es la misma para cualquier onda sonora. Podríamos preguntar p.e.:

Según vuestra experiencia ¿qué sonidos se propagan más rápidamente: los agudos o los graves; los de baja o los de alta intensidad?



ANA Sí que es una cuestión interesante. Si reflexionan un poco acerca de su experiencia podrán concluir que todos los sonidos graves o agudos, débiles o fuertes, se propagan con la misma velocidad: si son emitidos a la vez, nos llegan simultáneamente.

JUAN Y aquí tenemos, efectivamente, una nueva diferencia con lo que ocurre en el desplazamiento de objetos, es decir, con el movimiento corpuscular, en el que cada objeto puede llevar una velocidad cualquiera.

LUIS Por otra parte, el cambio de velocidad al pasar de un medio a otro se puede explicar cualitativamente con relativa sencillez a partir de lo que hemos dicho de los movimientos ondulatorios como propagación de vibraciones de las partículas del medio: si estas partículas están más o menos próximas y, sobre todo, unidas por fuerzas más o menos intensas, la perturbación sobre una de ellas se transmitirá más o menos fácilmente a las contiguas.

ANA Ello debería ayudar a intuir que la velocidad de un sonido será en el aire distinta que en un líquido o en un sólido. Podríamos preguntarles:

¿Donde se propagará más rápidamente el sonido: en el aire, en el agua o por tierra?



LUIS Las reflexiones realizadas deberían permitirles decir que por tierra. Y si han visto alguna película de "vaqueros" recordarán que los indios ponen la oreja en el suelo para ver si se oyen caballos cabalgando o el ruido de un tren.

ANA En ese último caso ponen la oreja sobre la vía, porque el sonido se propagará mejor por el acero que por la tierra: la velocidad del sonido no es la misma en todos los sólidos.

JUAN ¡Atención! Esas experiencias no indican que la velocidad sea mayor por tierra o por el acero, aunque ello sea verdad, sino que en esos casos el sonido se distribuye menos por el espacio, se atenúa menos. Es como cuando hablamos por un tubo, se oye mejor porque la vibración no se dispersa tanto.

LUIS Tienes razón. En cualquier caso sería interesante que los estudiantes hicieran experiencias cualitativas sobre propagación de sonidos por tierra o por agua. Para el caso del agua se puede hacer sonar una campana y ver cómo se oye con la cabeza bajo el agua.

ANA ¡Qué bruto! ¿Quieres que se resfríen o que se ahoguen?

LUIS Era una broma, mujer. Aunque, si el clima lo permite, no estaría nada mal hacer la experiencia en el mar o en un río. Se podría, p.e., hacer sonar un gong o una campana en el aire y colocarse a una distancia en que se oiga muy débilmente y, a continuación, repetir la experiencia sumergiendo el gong y la cabeza dentro del agua. Se comprobará que se oye mejor en este segundo caso. También se puede utilizar un "fonendoscopio casero" consistente en un simple tubo con una membrana (de celofán, de plástico,...) tensa en un extremo. Éste se sumerge en el agua mientras que por el otro extremo se escucha (fig. 5).

ANA Más fácil es la experiencia de propagación a través de sólidos. En esto se basan los "teléfonos de cuerda" que muchos niños y niñas construyen con dos vasos de cartón o plástico y un cordel (fig. 6). Valdría la pena que nuestros estudiantes construyeran alguno y vieran cómo se favorece su funcionamiento encerrando el cordel, manteniéndolo tenso, etc...

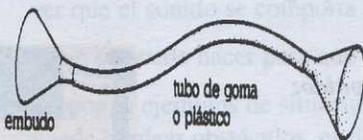


Figura 5. Fonendoscopio casero.

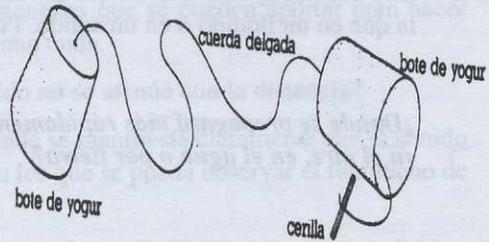


Figura 6. Teléfono de cuerda.

JUAN Una vez aclarado que la velocidad del sonido depende de las características del medio, se puede plantear cómo podríamos determinar su valor para el caso más sencillo: el de la velocidad del aire.

¿Cómo se podría determinar la velocidad del sonido en el aire?



ANA Aquí los alumnos y alumnas seguramente piensan que el sonido es muy rápido pero muchísimo menos que la luz. Para medir su velocidad no será difícil que ideen métodos sencillos que se puedan llevar a efecto como p.e. -tomando las debidas precauciones- situarse un alumno a cierta distancia de otro de manera que uno de ellos efectúe un disparo y el que actúa de observador pueda medir con ayuda de un reloj o, mejor aún, de un cronómetro, el tiempo que tarda desde que ve el fogonazo hasta que oye el ruido del disparo. Se les puede pedir también una estimación de su valor aunque no hayan hecho este experimento.

LUIS Recuerdo que la "Académie Royale des Sciences" de París encargó, a mediados del siglo XVIII, a tres científicos que midieran con precisión la velocidad del sonido y obtuvieron el valor de 337 m/s en determinadas condiciones de presión y temperatura reinantes.

ANA Conocido el valor de la velocidad del sonido en el aire se puede utilizar en diversas situaciones. P.e., en el caso de la distancia a que se encuentra una tormenta, habría de medirse el intervalo de tiempo que va desde que se ve el relámpago hasta que oímos el trueno. Al suponer que la velocidad de la luz es elevadísima (prácticamente no tarda nada en llegar a nuestros ojos), se puede calcular fácilmente esta distancia multiplicando la velocidad del sonido por el tiempo que tarda en llegar a nuestro oído.

LUIS La gran rapidez del sonido (aproximadamente 340 m/s) hace que normalmente no distingamos un sonido directo del que nos viene por reflexión desde las paredes de la habitación en la que estamos hablando. El oído es incapaz de distinguir entre ambos sonidos porque llegan con muy poca diferencia de tiempo. Parece que para distinguirlos bien se precisa, al menos, que estén separados 0.1 segundos, lo que corresponde a una distancia de 34 m.

ANA Por eso no apreciamos el eco a menos de unos 17 m de distancia del obstáculo.

JUAN De todas formas, sí que se nota cuando hablamos en una habitación vacía, cómo se mantienen durante un pequeño tiempo los sonidos debido a sus reflexiones en las paredes: es el conocido fenómeno de la *reverberación*. Cuando en las paredes hay libros, cortinas, etc., la reflexión se amortigua y la reverberación desaparece. Por eso en los cines y teatros cubren las paredes con tapices u otros materiales "blandos" para evitar la reverberación que imposibilita una buena audición.

ANA Nos encontramos aquí con un primer ejemplo de situación en la que interesa evitar la propagación del sonido (en este caso, del que nos llega por reflexión). En realidad, tan importante como favorecer la propagación del sonido (problema técnico que ha atraído la atención humana desde las primeras civilizaciones y para el que se han logrado soluciones tan excelentes como los antiguos teatros griegos y romanos) es lograr un aislamiento sonoro. Es decir, conseguir la *absorción del sonido*. La contaminación acústica se ha convertido en uno de los problemas más graves de nuestras ciudades, constituyendo una de las causas de estrés y agresividad.

JUAN Y eso que, como ya comentábamos en la unidad I.1, la energía transmitida por el sonido es muy escasa.

ANA Valdría la pena poner esto en evidencia, puesto que sería una forma de mostrar que hechos tan importantes como el lenguaje -base fundamental del proceso de hominización- no conllevan grandes intercambios de energía y constituyen procesos de "alta eficiencia".

LUIS Pasemos, pues, a

preguntar a los estudiantes si piensan que el sonido es una onda que transmite mucha o poca energía y pedirles que, al propio tiempo, ideen alguna experiencia sencilla que permita constatar esa propagación de energía.



4.4. ¿ES MUCHA O POCA LA ENERGÍA QUE TRANSMITE EL SONIDO?

ANA En cuánto a que el sonido es una onda que transporta energía, se pueden realizar sencillas experiencias para mostrar cómo la vibración de los objetos que emiten sonidos permite elevar papelitos puestos, p.e., sobre el altavoz de una radio. Y ver cómo al aumentar el volumen se elevan más estos cuerpos, siendo más grande, pues, la energía comunicada; pero esta energía resulta ser muy pequeña puesto que, si los objetos no son extremadamente ligeros, no percibiremos nada.

JUAN Respecto a la pequeñísima cantidad de energía transmitida por estas ondas sonoras se les puede proporcionar información comparativa de objetos conocidos como, p.e., saber que una bombilla corriente, en el mismo tiempo, consume unas 600 veces la energía de un sonido estridente producido en una trompeta.

LUIS Quizás sea éste un buen momento para introducir funcionalmente el concepto de *potencia* como energía por unidad de tiempo, que permite comparar la energía puesta en juego en distintos procesos.

JUAN Aunque nos adelantemos así a lo que verán en la unidad 4 -dedicada a estudiar los usos de la energía- podemos decirles que muchos de los aparatos que utilizamos llevan una indicación de su potencia, es decir, de la energía que consumen por unidad de tiempo, en unas unidades que se denominan *vatios* (representados por W). Si se les pide que lean la potencia de los instrumentos podrán constatar que la de un altavoz capaz de levantar protestas de todo el vecindario es menor que la de una simple bombilla eléctrica.

LUIS Podemos entonces preguntarles

si realmente el sonido no es un mecanismo importante de transmisión de energía, ¿cómo es que le damos tanta relevancia?.



ANA Esta discusión ha de conducir a aclarar que el sonido nos interesa, más que como mecanismo de transmisión de energía, como *mecanismo de transmisión de información* ya que es un buen ejemplo de procesos de "alta eficiencia" donde con pequeños transportes de energía se pueden producir cambios importantes. Podemos hacerles pensar en el salto cualitativo dado por los homínidos cuando aprendieron a articular un lenguaje y con él pudieron comunicarse y transmitir información hablada de unas generaciones a otras. No es difícil imaginar que ello supuso un cambio trascendental en las relaciones humanas.

LUIS Otra aparente contradicción es que, siendo el sonido un fenómeno asociado a intercambios de energía muy pequeños, pueda tener efectos muy dañinos.

ANA Eso nos remite, claro está, a la gran sensibilidad de nuestro oído y a la facilidad con la que el sonido se propaga. Ambas cosas unidas llevan a plantearse el problema de la *contaminación sonora*, como uno de los aspectos de la degradación del medio ambiente en las ciudades y, particularmente, en las proximidades de vías de circulación rápida como autopistas, aeropuertos, etc...

4.5. LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA: UN PROBLEMA SOCIAL IMPORTANTE.

JUAN Ésta puede ser una ocasión para comenzar a referirse a la degradación del medio ambiente como uno de los grandes problemas sociales que tiene planteado la humanidad. El consumismo desorbitado de algunos pueblos y las grandes concentraciones humanas provocadas por una explosión demográfica incontrolada se apuntan como factores fundamentales que afectan a aquella degradación y causan una disminución de la calidad de vida. Un indicador típico de este descenso de la calidad de vida es, entre otros, *el aumento incansante del nivel de ruidos* que nos vemos obligados a soportar los ciudadanos.

LUIS En este sentido, convendría inicialmente establecer la relación entre *ruido* y *sonido*. El sonido, según hemos visto en esta unidad didáctica, es interpretado como una onda mecánica por las que se transmiten vibraciones en un medio material ordinario. Ahora bien, *cuando este sonido produce a las personas una sensación auditiva molesta, es cuando, generalmente, hablamos de ruido*.

ANA Es decir, podríamos definir de manera ambigua *al ruido como un sonido desagradable y, por tanto, no deseado*. Cuando digo ambigua quiero resaltar que en este concepto se superponen, por una parte, la idea física de sonido y, por otra, la del sujeto que oye. Esto significa que el grado de molestia no sólo depende p.e. del sonido que le llega a una persona sino también de la situación subjetiva particular en la que se encuentre, de lo que esté haciendo en ese momento, etc.

LUIS No obstante, se ha hecho un esfuerzo por objetivar la *sensación sonora*, una magnitud en cuyo estudio no es posible profundizar aquí, pero a la que conviene referirse porque los medios de comunicación la manejan --al igual que su unidad, el *decibelio (dB)*- en relación a los problemas de contaminación acústica.

ANA Se puede proponer a los estudiantes

que busquen en algún libro una escala de sonidos con el nivel de intensidad o de sensación sonora en dB desde el umbral mínimo al máximo en la audición humana y que indiquen cuándo se puede decir que hay contaminación acústica.



P.e. yo he traído la siguiente escala (cuadro 2) que he encontrado en un librito monográfico sobre este tema.

CUADRO 2

NIVELES SONOROS TÍPICOS	
Origen de ruido	Sensación sonora (en db)
-Umbral mínimo de audición.	0
-Silencio perfecto.	20
-Zona residencial por la noche.	40
-Conversación normal	60
-Zona comercial de ciudad.	70
-Calle con mucho tráfico.	80
-Máquina taladradora.	100
-Avión a reacción.	110
-Trueno (umbral máximo)	120

LUIS Ahora ya será fácil indicar que, más o menos, cuando se tengan niveles de sensación sonora iguales o superiores a 70 decibelios podemos afirmar que hay contaminación acústica.

JUAN Aceptado esto, ya se puede proponer una actividad abierta a los y las estudiantes donde

indiquen cuáles son, en su opinión, las posibles fuentes y causas de la contaminación acústica.



ANA Aquí el profesor podrá recoger gran cantidad de información en el encerado que deberá organizar o reformular de alguna manera. Lo más seguro es que indiquen que las principales fuentes de contaminación sonora están asociadas a los medios de transporte tales como automóviles, camiones, motocicletas, aviones y ferrocarriles.... Y que la principal variable será la intensidad de este tráfico. Todo lo cual es cierto.

LUIS Si analizamos con un poco más de detalle el problema pueden ampliar la gama de agentes causales de la contaminación acústica en el medio urbano incluyendo, p.e., a las obras públicas, las construcciones de viviendas, con sus compresores, taladradoras, grúas, etc... e incluso actividades coyunturales como las sirenas y bocinas de coches de policía, ambulancias, bomberos, etc... que continuamente nos están afectando.

ANA ¡Ah! ¿y que me decís de aquellas zonas donde hay instaladas industrias pesadas como las metalúrgicas (siderúrgicas, de obtención de aluminio,...), las cementeras,... que, a veces, están muy cerca de las ciudades, o, p.e., aquellas viviendas próximas a aeropuertos?

JUAN O próximas a algunas "discotecas" mal insonorizadas, o cafés al aire libre,...

LUIS Pueden surgir también preguntas sobre cuáles son las causas concretas de estos ruidos. P.e. ¿cómo los coches o los ferrocarriles producen ruidos?

JUAN Esto puede aprovecharse para ver si han aprendido lo que es el sonido, ya que deberán remitirse a la búsqueda de focos productores de vibraciones en alguna de las zonas donde los vehículos interaccionan con el suelo. P.e., las llantas, el motor, el radiador, los neumáticos, etc... en los automóviles, o las interacciones entre raíles y ruedas en los trenes, etc.

LUIS Así pues, detectadas de manera muy genérica cuáles son las principales fuentes de contaminación acústica, podemos pasar a cuestionarnos:

¿Cuáles son los principales efectos que puede producir esta contaminación sonora en las personas?



JUAN Yo he leído que, fundamentalmente, son de dos tipos: unos de carácter fisiológico como pueden ser la sordera temporal e incluso la irreversible o permanente, y otros de tipo neurológico como p.e. la neurosis. Tanto en un caso como en otro el efecto producido dependerá de las características físicas del estímulo y de las características personales del paciente. Así, p.e., si la sensación sonora recibida dura poco tiempo pero es muy elevada (p.e. superior a 120 dB) se produce un dolor intenso y una sordera temporal que, como mínimo, supone una inflamación del oído interno. En cambio, si el estímulo es alto (p.e. mayor de 90 dB) y actúa de manera prolongada puede haber pérdida de audición permanente.

LUIS Puede haber otros efectos fisiológicos como la incidencia en la presión arterial encontrada en las personas que viven cerca de aeropuertos. En cuanto a alteraciones del sistema nervioso, cabe mencionar que una de cada 3 neurosis tienen su origen en la exposición a ruidos. Y no digamos las frecuentes interferencias producidas a la hora del descanso (tardanza en dormirse, despertarse involuntariamente, etc.). Yo no sé si será verdad, pero he leído en algún libro que se calcula que los efectos del ruido, a largo plazo, reducen la expectativa de vida de 8 a 12 años.

JUAN Entonces, si el ruido afecta tan significativamente a la salud y al bienestar común, cabe que preguntemos a nuestros estudiantes:

¿De quién es la responsabilidad del control del ruido ambiental y qué se debería hacer para luchar contra la contaminación acústica?



ANA Opinarán que la responsabilidad del control del ruido ambiental es de la sociedad, empezando por la propia administración del estado, de la de la región, de la del propio ayuntamiento, pero han de comprender que también depende de cada uno de nosotros. En particular, los profesores y profesoras deberíamos concienciar de este problema a los niños y niñas que estamos formando en la escuela.

Por otra parte y respecto a la relación existente entre el ruido en el aula y nuestra salud como profesionales de la educación, me permito hacer un breve comentario. Los docentes tenemos tendencia a dominar la clase elevando la voz con la consiguiente irritación de nuestras cuerdas vocales y posterior faringitis.

No estaría de más que aprendiéramos a utilizar los cambios de voz o el propio silencio -como yo he hecho muchas veces- para atraer la atención de la clase. Al mismo tiempo, debemos tener buen cuidado de humedecer frecuentemente nuestra garganta para que no se reseque en exceso.

LUIS ¡No están mal estas sugerencias! En cuanto a cómo empezar a luchar contra la contaminación acústica, creo que primero habría que analizar cuál es el problema existente. Para ello se requiere información sobre los 3 eslabones que van siempre unidos en estos problemas: la fuente del ruido, el medio por el que se propaga el sonido y los receptores del mismo. Una vez se disponga de esta información, se tendrá que idear algún plan de actuación sobre uno o más eslabones de aquella cadena, llevarlo a cabo y valorar los resultados de estas acciones.

ANA Pongamos algún ejemplo concreto. Supongamos que hay un cine que queremos aislar de las viviendas vecinas: habrá que poner materiales absorbentes y aislantes en los muros de separación para insonorizarlo. Otro ejemplo, supongamos que la propagación del sonido se realiza a través de estructuras metálicas -p.e. el sistema de acondicionamiento de aire de un edificio, las bombas de agua,...- entonces se usarán técnicas que reduzcan las vibraciones instalando amortiguadores de goma, etc... En el caso de que haya de actuarse sobre los receptores y que sean personas, habrá necesidad de que se pongan protectores auditivos como tapones de cera. Es lo que yo hago para dormir cuando los vecinos arman bullicio. O si son edificios habrán de acondicionarse sus fachadas con ventanas de vidrio dobles que no sólo aumenten el aislamiento sonoro sino también el térmico con el consiguiente ahorro de energía.

LUIS Bien, me parece que ya hemos visto suficientemente la contaminación acústica. Con esto podemos dar por terminado el estudio del sonido y pasar al apartado referido a la luz.

JUAN Antes convendría que hiciéramos un "alto en el camino" y tratáramos de hacer una recapitulación, en forma de breve síntesis, sobre lo que se ha avanzado en esta unidad. Es decir, os propongo que

recapitemos lo que hemos visto de nuevo sobre la transmisión de la energía



ANA En primer lugar, se ha visto que las ondas mecánicas producidas en medios materiales ordinarios son movimientos característicos en los que *se propagan las vibraciones producidas en un foco emisor sin que haya desplazamiento neto de la materia*. Esta propagación implica una transmisión de energía diferente al

trabajo y al calor estudiados en las unidades anteriores. La cantidad de energía propagada se vio que dependía de la frecuencia y de la amplitud de las ondas. También se ha concluido que la transmisión de energía que tiene lugar en un movimiento ondulatorio *se caracteriza porque la energía se distribuye o dispersa a través de todo el medio y porque las ondas pueden bordear los obstáculos*. Características que no encontramos en el movimiento de los cuerpos.

LUIS Después de esta introducción breve y general a las ondas nos hemos centrado en el estudio del sonido como ejemplo de movimiento ondulatorio cuyo conocimiento es de interés en la formación básica de un futuro ciudadano. Se ha llegado a establecer que *el sonido es una onda mecánica en la que se propagan las vibraciones de un foco -y, por tanto, la energía asociada- gracias a las partículas del medio material ordinario* que le rodean. Esta idea se ha ido configurando viendo cualitativamente que el sonido reunía las propiedades características de las ondas estudiadas previamente y que explica otras como p.e. que se propague más rápidamente en sólidos y líquidos que en gases.

Ahora bien, *la cantidad de energía transmitida por un sonido es pequeñísima* y su interés más bien es como mecanismo de transmisión de información. No obstante, *la poca energía transmitida por el sonido puede resultar excesiva* dada la sensibilidad de nuestro oído y, en estos casos, hay que protegerse de estos ruidos interponiendo *materiales que los absorban*.

JUAN Sólo resta por señalar que dentro del estudio del sonido y *como ejemplo actual de problemática social* que preocupa a las personas se ha iniciado el debate sobre *la contaminación acústica*. Creemos que es un tema que debe incluirse en el currículum de un curso de introducción a las Ciencias para adolescentes con el fin de ayudar en su formación cívica. Es más, opinamos que esta formación no sólo es importante porque así toma conciencia del serio problema que supone el aumento incesante del nivel de ruidos en nuestra sociedad, sino que, además, podrá ayudar en el futuro a fundamentar mejor una toma de decisiones en cualquier ciudadano preocupado por su calidad de vida.

LUIS Esta síntesis me parece que es suficiente, aunque hemos visto otras cosas como, p.e., la dependencia de propagación de las ondas de las propiedades del medio y el hecho de que en un medio dado todas las ondas sonoras se propagan con la misma rapidez. Ahora, opino que debemos dejar el apartado relativo a la luz para una próxima sesión.

ANA y JUAN ¡De acuerdo!



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 4

1. ¿Cómo se puede explicar que dos sonidos de distinta frecuencia viajen a la misma velocidad?
2. Busque ejemplos de situaciones cotidianas donde se observe que la velocidad del sonido depende del medio en el que se propaga.
3. ¿Cómo construiría un fonendoscopio casero?
4. Recuerde cómo se puede determinar la velocidad del sonido en el aire.
5. Señale evidencias o hechos que muestren que la energía transmitida por el sonido es muy pequeña.
6. ¿Por qué decimos que el sonido es un buen ejemplo de proceso de "alta eficiencia"?
7. ¿Qué justificación didáctica tiene introducir la contaminación acústica en este tema de transmisión de energía?
8. ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación acústica en el medio urbano?

5. ESTUDIO DE LA LUZ COMO EJEMPLO DE RADIACIÓN.

JUAN Para comenzar este estudio conviene que retrocedamos al principio de la unidad y recordemos que, a parte del trabajo y del calor, pensamos en otras dos formas de transmisión de la energía: *las ondas mecánicas* y *las radiaciones*. Para ejemplificar las ondas mecánicas se ha estudiado el *sonido* en el apartado anterior y, ahora, abordaremos el de la *luz* como prototipo de propagación de la energía en las radiaciones. Recordemos, además, que al estudiar las características del movimiento ondulatorio la luz fue mencionada, al igual que el sonido, como un posible ejemplo de onda. Sin embargo, establecer la naturaleza ondulatoria o corpuscular de la luz resultó históricamente mucho más difícil que en el caso del sonido. Se podría, pues, orientar el estudio de la luz guiados por esta hipótesis. En cualquier caso, habremos de

pensar en cómo se podría iniciar el estudio de la luz



ANA Yo empezaría tratando de hacer *ver el carácter energético de la luz*. Por tanto propondría a los niños y niñas que

aporten pruebas de que las radiaciones luminosas transportan energía.



LUIS Es una buena idea. No es difícil que se les ocurra mencionar experiencias que ellos mismos han tenido y donde se manifiesta que la luz puede transformar la materia. Por ejemplo, ellos mismos saben que pueden calentarse cuando tienen frío exponiéndose a la luz solar, pueden secar alimentos por el mismo método, quemar un trozo de papel con ayuda de una lupa que concentre los rayos de luz solar, etc.

ANA Recíprocamente, también pueden pensar que la luz se obtiene en procesos donde se pone en juego gran cantidad de energía como p.e. los que tienen lugar en el Sol o en la combustión de un papel o de madera. No es de extrañar, pues, que se intuya que la luz producida poseerá energía.

JUAN A partir de aquí y con estas primeras ideas que refuerzan el carácter energético de la luz se puede proponer a los estudiantes una actividad en forma de "torbellino de ideas" respecto a qué cuestiones interesará abordar en este estudio:

Indicad qué preguntas consideráis interesante plantear para el estudio de la luz.



LUIS Lo indicado sobre el carácter energético de la luz puede "alumbrar" una serie de preguntas de interés para conocerla mejor. La primera que saldrá, con toda seguridad, se referirá a la cuestión de *cómo se produce la luz*. No obstante, creo que la atención se centrará, más que en los procesos de producción (que serán desconocidos para los estudiantes), en la búsqueda de *fuentes de luz*, que sí que conocen.

ANA Estoy de acuerdo. Pero, tal vez, se pueden plantear una pregunta más estructurante que también abarca a las fuentes de luz, como: *¿de dónde sale luz?* Ya que las respuestas a la misma pueden derivar en dos direcciones: i) hacia la búsqueda de fuentes o focos luminosos, como decía Luis e ii) se pueden fijar en que todos los objetos -sin luz propia- cuando son iluminados también nos envían luz.

JUAN Yo diría que en tres direcciones. Es posible que, ante esta pregunta, también se expliciten algunas preconcepciones como p.e. que *la luz puede salir en forma de rayos desde los ojos* de las personas a los objetos.

ANA Es decir, para empezar a estudiar la luz

se puede preguntar de dónde sale luz



LUIS Con esta pregunta seguro que aparecen las fuentes luminosas como el Sol y el fuego. Pueden recordar que el hombre adquirió desde tiempos ancestrales un conocimiento tecnológico importante: el de saber hacer fuego. Tanto el Sol como el fuego son fuentes 'naturales' de energía radiante que estudiaremos con más detenimiento en la última unidad didáctica de este bloque, destinada a las fuentes de energía. Aquí sólo cabe decir que, gracias al avance científico, sabemos que en estos procesos drásticos, como las combustiones, no solamente cambian las sustancias sino que también se transfiere energía en forma de calor, de luz visible...

El profesor podría ampliar esta información indicando que las radiaciones luminosas se producen en cantidades enormes en aquellos procesos donde hay interacciones muy intensas, como las reacciones nucleares que se producen en el Sol. O en aquellos otros asociados a fuerzas electromagnéticas intensas donde se reordenan los átomos que forman las sustancias, como las combustiones químicas. Por otra parte, habrá que hacer referencia a las diferentes tipos de radiaciones luminosas que se producen en estos procesos como hecho importante: *no todas estas luces emitidas por las fuentes son iguales*. Mientras la luz solar es blanca, el color de la llama cuando se quema madera es amarillo, o azul cuando el combustible es alcohol, etc.

ANA Además, esta actividad puede servir para diferenciar la "fuente de luz" de la propia luz. Hay muchos cursos de iniciación a la óptica que dan por supuesto que los niños y niñas ya entienden la idea de que *la luz es algo que viaja desde el objeto al ojo*. Pero, eso no está tan claro. He leído en algún trabajo de investigación que hay ciertas concepciones alternativas a este respecto. Una de ellas consiste en *identificar la luz con el foco luminoso*. Este esquema conceptual es

similar al que se presenta en el sonido cuando se le identifica con las mismas vibraciones del foco sonoro. Estas ideas ingenuas, dicen algunos investigadores, se basan en la suposición de que la luz es una propiedad de la misma fuente que la produce y que, por tanto, no tiene entidad propia. Habrá, pues, que incidir a lo largo de esta apartado en que *la luz como radiación tiene su origen en el foco luminoso, pero posee entidad propia*.

JUAN En este sentido, si se hace la pregunta en la forma ¿de dónde sale luz?, es muy posible que, como decía antes, puedan surgir respuestas que señalen al ojo como fuente luminosa. En estos casos se pondrá de manifiesto que *no se distingue entre luz y visión*. En general, los niños y niñas fácilmente relacionan la luz con la visión de los objetos: saben que si no hay luz no vemos y que la luz es la condición que nos hace ver. Sin embargo, puede suceder que para ellos sea lo mismo luz que la sensación visual. O, incluso, que acepten que "la luz está formada por rayos que salen de los ojos y llegan a los objetos".

LUIS Lo que dices, Juan, me recuerda una discusión que surgió históricamente hace bastantes siglos. Entre los antiguos pensadores griegos había varias posturas sobre este tema. Así p.e. Pitágoras (550 a. de C.) y Demócrito (400 a. de C.) sostenían que la visión era el resultado de imágenes que viajaban desde el objeto al ojo. En cambio, Euclides (326 a. de C.) y Herón (40 d. de C.) propugnaban que estos "rayos visuales" viajaban en sentido contrario desde el ojo al objeto.

JUAN O sea que conviene conocer la historia de la Ciencia para poder anticipar algunas de las posibles dificultades de aprendizaje que se pueden presentar a los niños y niñas.

ANA De todas maneras, al preguntarles de dónde viene la luz, el profesor puede centrar la atención, por una parte, en los sistemas o procesos que son fuentes o focos luminosos ordinarios y, por otra, incidir en estas concepciones alternativas y sus consecuencias. P.e., la suposición de que salen rayos de los ojos llevaría a la consecuencia de que, aunque apagáramos la luz de la habitación, podríamos seguir viendo los objetos.

LUIS Por otra parte, no hay que olvidar, como dijo Ana, que la pregunta ¿de dónde sale luz? no se debe limitar sólo a tratar la existencia de fuentes primarias. Muy posiblemente los estudiantes lleguen a comprender que *cualquier objeto también emite luz mientras está iluminado*. Dicho con otras palabras: los cuerpos iluminados reflejan parte de la luz que reciben, pues de otra forma no podríamos verlos.

ANA En efecto, seguramente habrán surgido preguntas relacionadas con esta temática: p.e., *¿cómo vemos los objetos?*.

JUAN Sí, es verdad. Ahora bien, esta pregunta puede referirse también a *cómo funcio-*

nan los ojos, ¿por qué nos permiten ver los objetos que emiten o reflejan luz?

ANA Hay que señalar, de entrada, que la luz que llega a los ojos ha de ser muy escasa, no podemos exponerlos, p.e., al Sol como el resto del cuerpo, pues rápidamente nos quedaríamos ciegos.

LUIS Dicho con otras palabras: aunque la radiación sea un mecanismo formidable de transmisión de energía, la visión está asociada a intercambios muy débiles de energía. Constituye un nuevo ejemplo de proceso "de alta eficiencia" gracias a la extraordinaria sensibilidad del ojo.

ANA Así pues, la óptica se ocupa de la luz no como mecanismo de transmisión de energía, sino de información. Por eso os decía antes que la inclusión del estudio del sonido o de la óptica en esta unidad, dedicada a la transmisión de energía, constituye un meandro que nos aleja del tema central y puede provocar confusión.

JUAN Tendremos que ser cuidadosos para evitar esas posibles confusiones. Una discusión como ésta que acabamos de tener, por ejemplo, puede ser muy clarificadora.

LUIS Siguiendo con la cuestión de las preguntas que se pueden plantear, muy posiblemente surjan preguntas como las siguientes: *¿cómo se propaga la luz en el aire o en otros medios? ¿a qué velocidad viaja? ¿qué ocurre cuando llega a un objeto opaco? ¿y si es transparente?* Preguntas que habrá que tener presente en este estudio y que nos ayudarán a conocer mejor la luz.

JUAN Pero al mismo tiempo que se están formulando preguntas, estamos ya adelantando algunos supuestos, en forma de hipótesis, que conviene recapitular en esta introducción a qué estudiar de la luz. En principio, hemos aceptado que: *la luz posee energía*; tiene entidad propia (es decir, es "algo") distinta al foco que la ha producido y a la visión; no todas las luces son iguales, pues las hay de distintos colores al igual que existían distintos tipos de sonidos; al iluminar los objetos reflejan luz que llega a nuestros ojos. Y estos hechos nos van a llevar a plantear nuevas cuestiones como p.e. *¿cómo es que al iluminar un objeto con luz blanca vemos que tiene un color rojo o azul? ¿Estaban ya estas luces rojas o azules que salen del objeto en la luz solar que lo iluminó?*

LUIS Ello permitiría explicar fácilmente el color de los cuerpos: si la luz blanca es la síntesis de luces de distintos colores, un cuerpo que absorba toda la luz que le llega excepto, digamos, la azul y refleja ésta, se verá de dicho color. Si absorbe todas las radiaciones no se verá, es decir, se verá negro; si las refleja todas se verá blanco...

JUAN Habría que estudiar la posibilidad de descomponer la luz blanca.

ANA Muchas cuestiones son, pero falta una esencial que está subyacente en todas las cuestiones anteriores y es: *¿qué es la luz?*

JUAN Estoy de acuerdo. Tenemos, pues, una serie de preguntas cuyas respuestas pueden llegar a construir una concepción sobre la luz más próxima a la científica, pero deberíamos elegir un hilo conductor para el desarrollo de este estudio. Por ejemplo, podría servir el siguiente: una vez mostrado el carácter energético de la luz y cómo podemos producirla, se puede abordar del problema de *la naturaleza de la luz*, emitir hipótesis sobre ella e ir, poco a poco estudiando su comportamiento para ver en qué medida las conjeturas hechas lo explican.

ANA Me parece bien. En este sentido y para continuar este desarrollo, se podría pedir a los chicos y chicas que

imaginen qué es la luz, dando argumentos en los que basen su opinión.



LUIS Casi seguro que entre los grupos de trabajo hay diversidad de opiniones. Posiblemente salgan en el debate las dos hipótesis: *la corpuscular* y *la ondulatoria*. Según la primera se concibe a la luz formada por haces de partículas diferentes según el color, pequeñísimas y que viajan a elevadas velocidades, mientras que la ondulatoria propugna que la luz sería en realidad la propagación de vibraciones de muy distintas frecuencias en un medio material, de manera semejante a lo que es el sonido. Más difícil será que aporten razones que fundamenten estas suposiciones.

ANA Y una vez han expuesto sus hipótesis, el profesor puede valorar positivamente las dos (recordando que ambas se han enfrentado durante siglos) y proponer que, en adelante, *vayamos estudiando las propiedades de la luz y viendo en qué medida aquellas hipótesis permiten explicarlas*. Así se resaltarán *el carácter tentativo de estas ideas*.

LUIS Será una ocasión, después del estudio realizado en la unidad anterior sobre los fenómenos caloríficos, para que los estudiantes constaten la complejidad del desarrollo científico: los debates entre concepciones enfrentadas, la resistencia de los científicos a modificar sus ideas hasta que la evidencia en contra se vuelve abrumadora y otra concepción se muestra mucho más fructífera.

JUAN En este caso el debate entre la concepción corpuscular y la ondulatoria se prolonga hasta comienzos de nuestro siglo, para acabar estableciéndose que la luz no es ni puramente corpuscular ni puramente ondulatoria.

ANA Ni la luz ni nada: toda la materia tiene a la vez propiedades corpusculares y

- ondulatorias.
- JUAN** Exacto. El cambio de concepciones que se produce a principios del siglo XX afectó a toda nuestra comprensión del comportamiento de la materia y significó el surgimiento de una nueva física.
- LUIS** Pero, esta nueva teoría del comportamiento de la materia tiene su origen, en buena medida, en el estudio de la luz y en el debate sobre su naturaleza corpuscular y ondulatoria. Así que ¡pasemos a estudiar las propiedades de la luz!
- JUAN** Yo diría, mejor, estudiar *algunas* propiedades de la luz. Pensemos que en esta unidad ya nos hemos extendido bastante estudiando el sonido y no podemos ahora hacer lo mismo con la luz.
- ANA** ¡Pero la óptica es fundamental para proporcionar una imagen global y atractiva de las ciencias!
- JUAN** Sin duda. El problema reside en que *casi todo es interesante...* y, al mismo tiempo, *todo puede dejar de serlo* si incluimos demasiada información, lo que obliga a tratamientos muy rápidos y superficiales.
- LUIS** Es cierto, los expertos en diseño curricular advierten contra la ilusión de intentar una selección de contenidos que cubra lo esencial de una materia.
- ANA** ¡Ya sé que tenéis razón! También yo estoy contra los tratamientos enciclopédicos superficiales... pero la tentación de no dejar nada esencial sin ver es muy fuerte.
- LUIS** Es verdad. Sin embargo, es preciso resistirla si no queremos ahogar el interés de nuestros estudiantes en vez de potenciarlo.
- JUAN** Al fin y al cabo *continuarán* estudiando ciencias. Pensemos, además, que el problema de la naturaleza de la luz es mucho más complejo que el de la naturaleza del sonido, lo que es un argumento más para posponer la profundización en su estudio.
- LUIS** ¡Pasemos, pues, a estudiar algunas propiedades de la luz!

5.1. ¿CÓMO SE PROPAGA LA LUZ?

- ANA** Ya sabemos que la luz está formada por radiaciones energéticas que nos llegan del Sol, de una bombilla eléctrica, de un mechero de butano,... Se han supuesto dos hipótesis sobre la naturaleza de esta luz que deben mostrar su validez al interpretar su comportamiento. Así pues, iniciemos el estudio de las propieda-

des de la luz. Parece lógico *que, después de ver que la luz sale de un foco, se estudie cómo se propaga*. Por tanto, podemos sugerir a los y las estudiantes que

expresen todas aquellas ideas, dudas y preguntas relativas a cómo se propaga la luz



LUIS Las primeras ideas que surgirán, seguramente, se referirán a *la dirección de propagación*. En segundo término, pueden tener dudas sobre *si esta transmisión se realiza de forma instantánea -a velocidad infinita- o si tiene un valor determinado aunque sea muy elevado*.

ANA Ahora bien, si han aprendido lo estudiado en la primera parte de esta unidad didáctica y, en particular, las diferencias esenciales entre el movimiento ondulatorio y el corpuscular, posiblemente se planteen otras preguntas tendentes a clarificar qué es la luz. Preguntas tales como: *¿Se propaga o no la luz en todas las direcciones del espacio? ¿Se necesita un medio material para esta propagación? ¿Qué ocurre cuando las radiaciones luminosas llegan a un obstáculo: pueden bordearlo o no?*

JUAN Habrá que recoger estas preguntas y secuenciarlas atendiendo al hilo conductor de ver si la luz es una onda o es un conjunto de partículas en movimiento. Después se puede comenzar por las más sencillas. P.e. se puede pedir al alumnado que

señalen evidencias o hechos que muestren si la luz emitida por un foco se propaga o no en todas direcciones.



LUIS No es difícil que traigan a colación ejemplos concretos de que *la luz se dispersa o distribuye en todas direcciones* cuando se enciende la bombilla eléctrica o una cerilla en una habitación oscura y comprueban que *no hay direcciones privilegiadas en su iluminación*.

ANA Precisamente el hecho de que estas *radiaciones se extiendan en todas direcciones a través de todo el espacio es un indicio de que pueden estar formadas por ondas al igual que sucedía con el sonido*. En esta hipótesis cada color correspondería a una onda de distinta frecuencia.

LUIS No obstante, este hecho no invalida la hipótesis corpuscular si aceptamos que las partículas de luz son *pequeñísimas* y que el foco luminoso las envía en todas direcciones. En cambio, la evidencia de que la luz no necesita de medio mate-

rial para su propagación (puesto que saben que la luz solar, nuestra fuente principal de energía, atraviesa espacios intersidiales prácticamente vacíos de materia ordinaria) dificultará la interpretación ondulatoria concebida como transmisión de las vibraciones a través de las partículas del medio. ¿No te parece?

ANA Sí, sí, pero, estarás de acuerdo conmigo, Luis, que es posible imaginar, como hizo Huyghens, todo el espacio que decimos "vacío" repleto de un material muy sutil (denominado por aquel científico como "el éter") formado por partículas imperceptibles, que serían las que facilitarían la propagación de las vibraciones luminosas.

LUIS Admite, al menos, que la hipótesis corpuscular de la luz no tendría necesidad de suponer la existencia de este medio tan especial.

ANA Sí, claro. Pero también hay que suponer la existencia de las partículas de luz en la hipótesis corpuscular (partículas que habrían de ser distintas para la luz de cada color). Así que continuemos viendo cómo es esta propagación para seguir contraponiendo las dos hipótesis.

Mientras tanto, se puede pasar ahora a comprobar si, como sugieren los propios estudiantes, *la propagación de la luz es rectilínea en todas direcciones* (siempre que el medio sea homogéneo, por supuesto). Para ello se podría proponer a los chicos y chicas que

piensen en experiencias cualitativas que podamos llevar a efecto para contrastar si la luz se propaga o no en línea recta por el aire.



LUIS Pueden aludir a observaciones cotidianas como, por ejemplo, a la visión directa de los rayos luminosos que entran en una habitación a oscuras a través de las rendijas de una persiana. Pueden señalar, también, que cuando una luz nos molesta ponemos la mano en la trayectoria que va del foco a los ojos. O pueden referirse al fenómeno de *las sombras* y, mejor aún, se puede proceder en la clase con ayuda de linternas a generar sombras iluminando objetos de geometría regular (esféricos, prismáticos,...). P.e., el profesor puede pedirles que expliquen cómo se forma la sombra de la bola de un péndulo que se ha situado entre un retroproyector y una pantalla.

JUAN Creo que, en estos casos, los que utilicen el modelo corpuscular no tendrán ningún problema ya que las partículas se moverían en línea recta mientras no haya ningún obstáculo y cuando lo haya se explicaría fácilmente la zona de sombra porque aquellas no pueden pasar. En realidad, estarán manejando la idea de *rayo luminoso* como *la trayectoria de estas pequeñas partículas*. No ocurrirá lo

mismo con los que utilicen el modelo ondulatorio.

LUIS ¿Por qué crees que éstos tendrán dificultades? Igualmente pueden pensar que *el rayo luminoso es la dirección de avance de las ondas luminosas.*

JUAN Por supuesto, la idea de rayo luminoso no supone decantarse por la hipótesis corpuscular ni por la ondulatoria. Me refería a otro aspecto diferenciador. Según han visto, *las ondas como el sonido o las olas tienen la propiedad de bordear los obstáculos.* Eso significaría que al iluminar objetos opacos con focos puntuales no deberían observarse sombras nítidas y, sin embargo, sí que se observan. Es importante insistir en que el foco sea puntual pues, en caso contrario, las sombras dejan de ser nítidas enmascarando la posible difracción.

LUIS Esta dificultad se puede salvar al recordar que, como vimos en el estudio de las ondas, para que se observe la difracción de las ondas, no debe haber grandes diferencias entre el tamaño del obstáculo (o de la rendija) y la longitud de onda del movimiento ondulatorio. Es decir, se puede aceptar con cierta verosimilitud que las radiaciones luminosas son ondas demasiado cortas (en relación al tamaño de los objetos corrientes) y que, por ello, no se advierte finalmente la difracción en objetos de tamaño común. No obstante, estas conclusiones serán, seguramente, diferentes cuando se utilicen orificios o rendijas muy pequeños. Pero creo que este debate se puede dejar para más adelante y seguir con el estudio de la dirección de propagación de la luz.

JUAN Una prueba frecuente en libros de texto, para mostrar que la luz se propaga en línea recta, es aquella experiencia sencilla en la que se alinean los agujeros de dos pantallas paralelas con el de una tercera próxima a una bombilla que actúa de foco luminoso (véase figura 7).

LUIS A mí me parece que este tipo de experimentos tan "evidentes", en el fondo, al

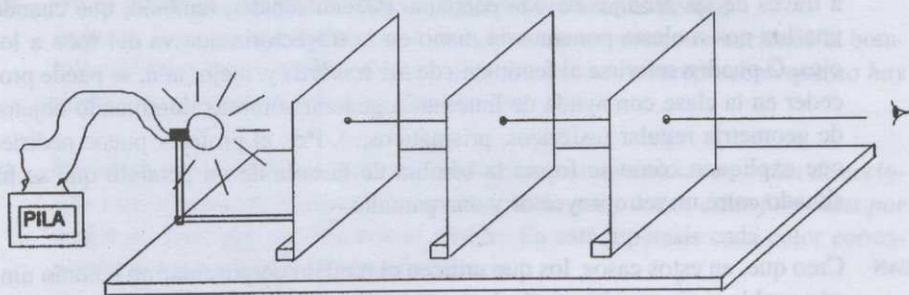


Figura 7. Experimento habitual para mostrar la propagación rectilínea de la luz.

alumnado les demuestra bien poco. Este afán legítimo del profesor por hacer fácil el aprendizaje tiene también sus limitaciones didácticas. Debemos buscar que nuestras preguntas tengan un poco más de complejidad y no recurrir a experiencias tipo 'probaconista' donde el alumno sólo puede decir sí o no (... me lo creo) y así pasar rápidamente a otras cuestiones al pensar erróneamente el profesor que ya lo han aprendido.

ANA Hace poco he leído algo similar en un artículo de investigación. Allí venía una actividad para estudiar la comprensión de la propagación rectilínea de la luz y que se puede proponer a los alumnos y alumnas:

En la figura 8, A representa a una cartulina negra (que no refleja la luz que le llega) y B es otra cartulina con ventanas para mirar. Las paredes donde está la bombilla también son negras. En la A hay un agujero mientras en la B hay otros dos. ¿Qué verá cada uno de los ojos situados detrás de los orificios de B?

LUIS Lo más posible es que digan que al mirar por las dos ventanas de B verán el orificio de A iluminado, porque eso forma parte

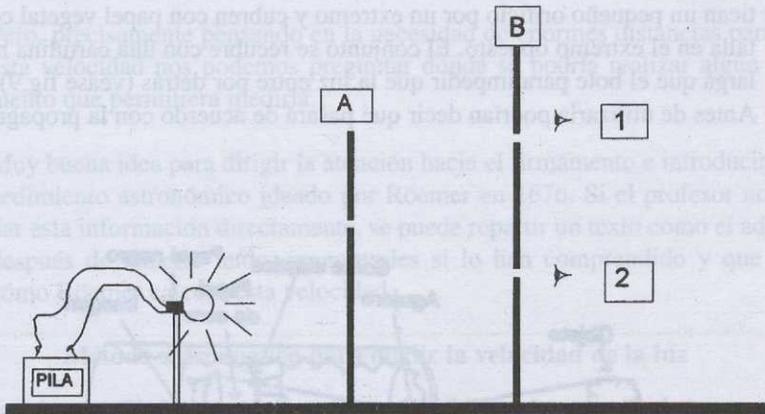


Figura 8. Una experiencia más compleja para estudiar la propagación rectilínea de la luz.

de sus experiencias cotidianas.

ANA Se tendrá que contraargumentar que si se supone que la luz viaja en línea recta en todas direcciones, entonces el que mira por el agujero superior en B podrá ver la bombilla al estar alineado con ésta y con el orificio de B. Por lo mismo, está claro que no puede llegar luz del foco al orificio inferior de A y si miramos por el mismo no debe ver nada sobre la pantalla A.

LUIS Pero los estudiantes pueden recordar que sí es posible ver la luz que llega a una

habitación oscura a través de una rendija (p.e., por debajo de la puerta) sin que sus ojos estén alineados con el foco luminoso y la rendija. Y que también es posible ver, de noche, la luz de los faros de un coche, aunque veamos al coche de perfil.

JUAN Ésta es otra preconcepción que ha detectado la investigación y es contradictoria con la idea de propagación rectilínea tan fácilmente aceptada en la experiencia de la figura 7.

LUIS En realidad sabemos que en una habitación oscura vemos los rayos de luz porque hay motas de polvo que están en suspensión en el aire de la habitación y que difunden la luz que reciben.

ANA Y lo mismo ocurre cuando vemos los faros de un coche de perfil, etc. Como véis esta actividad da mucho de sí para debatir la propagación rectilínea de la luz.

JUAN ¡Y tanto que da de sí! No obstante, se puede pensar en otras actividades a realizar que sean convergentes para mostrar *la propagación rectilínea de la luz*. Se puede predecir y obtener la imagen de una persona en una *cámara oscura*. Los mismos estudiantes pueden fabricar una con un bote de conserva en el que practican un pequeño orificio por un extremo y cubren con papel vegetal como pantalla en el extremo opuesto. El conjunto se recubre con una cartulina negra más larga que el bote para impedir que la luz entre por detrás (véase fig.9).

LUIS Antes de utilizarla podrían decir qué pasará de acuerdo con la propagación rec-

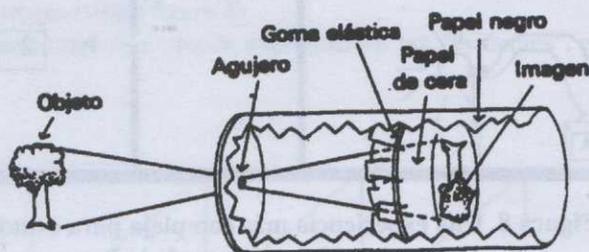


Figura 9. Cámara oscura.

tilínea de la luz.

JUAN Deberían concluir que verán la *imagen invertida*. Después, se puede enfocar con la cámara y observar si se verifica la predicción que se hizo de la imagen de la persona.

ANA Este experimento de la cámara oscura no sólo permite probar que la luz se pro-

paga en línea recta, sino que, además, hay que admitir que los rayos luminosos al pasar por el orificio no se interfieren entre sí.

JUAN Una vez mostrado que la luz se propaga en todas direcciones y en línea recta, podemos plantear cual es su rapidez. Se preguntaría a los estudiantes

si tienen alguna idea de la magnitud de la velocidad con que se propaga la luz y cómo se podría medir.



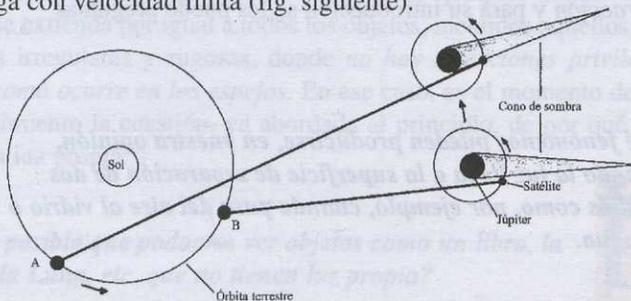
ANA Una de las cuestiones que puede surgir es si *la velocidad de la luz es infinita o no* (aunque sea extraordinariamente alta). Para esto muy posiblemente aludan a experiencias del tipo de las pensadas por Galileo. Es decir, situar dos observadores a una distancia grande provistos con sendas linternas con las que se hacen señales. El procedimiento consistiría en medir el tiempo que tarda en llegar la luz de uno a otro. Es obvio que dado el conocimiento que tenemos actualmente de la velocidad de la luz se puede comprender la inviabilidad de este procedimiento por mucha que fuera la distancia entre los observadores.

LUIS Pero, precisamente pensando en la necesidad de enormes distancias para medir esta velocidad nos podemos preguntar dónde se podría realizar algún experimento que permitiera medirla.

ANA Muy buena idea para dirigir la atención hacia el firmamento e introducir el procedimiento astronómico ideado por Röemer en 1676. Si el profesor no quiere dar esta información directamente, se puede repartir un texto como el adjunto y, después de haberlo leído, preguntarles si lo han comprendido y que relaten cómo Röemer calculó esta velocidad.

Método astronómico para medir la velocidad de la luz

El astrónomo Olaf Röemer descubrió en 1676 que la periodicidad con que se producían los eclipses de Júpiter no era exacta sino que habían ciertas discrepancias según la posición de la Tierra. Lo cual se podía explicar si se consideraba que la luz se propaga con velocidad finita (fig. siguiente).



En la figura adjunta se puede ver cómo el rayo de luz reflejado por el satélite tarda más en llegar a la Tierra cuando ésta se encuentra en la posición A que en la B. Esto podría explicar que el eclipse del satélite no se produjera en el instante calculado a partir de los datos obtenidos sobre su período unos meses antes, ya que en dichos cálculos no se había tenido en cuenta que el tiempo empleado por la luz en recorrer la distancia Tierra-satélite variaba con la posición de la Tierra.

Si consideramos que el retraso máximo se debe a que la luz procedente del satélite tiene que recorrer el diámetro de la órbita terrestre, se puede determinar la velocidad de la luz.

Explicad cómo determinó Röemer la velocidad de la luz.



JUAN El valor obtenido por Röemer fue del mismo orden que el aceptado actualmente de 300000 km/s. Como este valor puede no tener mucho significado para los alumnos, se les puede ayudar a que tenga una mayor significación incitándoles, p.e., a que resuelvan cuestiones de cálculo donde determinen cuántas vueltas a la Tierra (40000 km de perímetro) daría la luz en un segundo o cuánto tiempo tarda en llegarnos la luz del Sol. Las cantidades obtenidas (7 vueltas y media o los 8 minutos y pico que nos tarda en llegar la luz solar) son pequeñas y fáciles de interiorizar. A partir de aquí podrán comprender porqué en astronomía las distancias se suelen medir en años-luz (distancia recorrida por la luz en un año) y a cuántos km equivale.

ANA Algo muy importante a señalar es que esa velocidad parece ser la misma (en el aire o en el vacío) para todos los colores. Esto nos recuerda lo que ocurría con la propagación de los distintos sonidos y parece apoyar la hipótesis ondulatoria.

Ya vista la propagación rectilínea de la luz y estudiada su elevada rapidez se puede pasar a conocer nuevas propiedades de la luz como *la reflexión y la refracción* y para su introducción se les puede preguntar

qué fenómenos pueden producirse, en vuestra opinión, cuando la luz llega a la superficie de separación de dos medios como, por ejemplo, cuando pasa del aire al vidrio o al agua.



LUIS Es una buena pregunta 'estructurante' ya que permite introducir el estudio de diversos fenómenos. Unos estudiantes pueden hacer referencia, p.e., a que "la luz es 'devuelta' al aire" o "se reflejará en el vidrio". Otros dirán que "al ser transparente el vidrio la luz podrá transmitirse". Incluso algunos pueden fijarse en el fenómeno de absorción de la luz en el vidrio argumentando con razón que se calienta. Así pues, ello nos da pie a continuar estudiando el comportamiento de la luz con la reflexión, la absorción y la desviación de la luz al pasar de un medio a otro (refracción).

5.2. LA REFLEXIÓN DE LA LUZ NOS AYUDA A VER LOS OBJETOS.

LUIS En el estudio del comportamiento de la luz que estamos haciendo nos hemos preguntado qué le ocurre a la luz cuando pasa de un medio a otro y hemos visto que no hay una respuesta única. Si hubiéramos simplificado la pregunta, tomando medios opacos como un libro o la superficie de un metal entonces las respuestas se referirían casi todas al caso de la reflexión. Centraremos, ahora, nuestra atención en el estudio de la reflexión y para empezar pediremos a los alumnos y alumnas que

recuerden hechos conocidos de la vida ordinaria que puedan poner de manifiesto el fenómeno de la reflexión de la luz



ANA Es de esperar que expongan gran cantidad de ejemplos. Ahora bien, en mi opinión, se decantarán mayoritariamente por las imágenes obtenidas en los espejos de uso doméstico, las de un árbol o una casa situados cerca de un lago o aquellas otras producidas al poner objetos sobre la superficie pulida de una mesa o de un metal que también actúan de espejos. Es decir, casi todas las pruebas se podrán agrupar en uno de los dos tipos de reflexión que vamos a estudiar después: *la reflexión dirigida*. Los adolescentes reducen la reflexión a los espejos, es decir, consideran que sólo se puede hablar de reflexión si se ven las imágenes de los objetos reflejadas en un espejo.

LUIS Quieres decir, Ana, que posiblemente no pongan ejemplos donde la idea de la reflexión se extienda por igual a todos los objetos, incluidos aquellos que tienen superficies irregulares y rugosas, donde *no hay direcciones privilegiadas de reflexión como ocurre en los espejos*. En ese caso, es el momento de tratar con más detenimiento la cuestión, ya abordada al principio, de por qué vemos los objetos sin luz propia:

¿Cómo es posible que podamos ver objetos como un libro, la escuela o la Luna, etc. que no tienen luz propia?



JUAN Aquí se planteará un debate interesante sobre la necesidad de suponer que, gracias a la reflexión, podemos ver los objetos cuando son iluminados por focos de luz. Los estudiantes encontrarán cierta contradicción en este lenguaje ya que, en el fondo, estamos afirmando que *de un cuerpo que no es, en sí mismo, un foco luminoso sale luz y, por tanto, puede verse e, incluso, iluminar a otros*. Sin embargo, ellos mismos pueden darse cuenta de que, p.e., la propia Luna (que saben que no tiene luz propia) puede iluminarnos en una noche de plenilunio gracias a la reflexión de la luz que le llega del Sol.

LUIS De este modo se puede dejar claro que la mayoría de los objetos devuelven (es decir, reflejan) parte de la luz que incide sobre ellos. Y podemos preguntarles incidentalmente qué aspecto tendrá, en su opinión, un objeto que absorba toda la luz que incide sobre él; o que la refleje toda; o que absorba ciertos colores y refleje otros... Se puede así justificar cualitativamente el color de los objetos.

ANA Si hemos de ser coherentes con nuestra intención de no introducir demasiados contenidos, deberíamos pararnos aquí, tras haber dejado clara la importancia de la reflexión para la visión de los objetos (reflexión difusa en superficies rugosas) y la formación de las imágenes (en superficies lisas y pulimentadas).

JUAN No entraríamos, pues, a explicar con detalle esta formación de imágenes estableciendo las leyes de la reflexión.

ANA Eso quedaría para niveles superiores. En cambio podríamos plantear alguna actividad más tecnológica como, p.e.,

¿cómo podríamos construir, con ayuda de espejos planos, un aparato que nos permita ver por encima de un muro o desde el interior de un submarino?



JUAN Te refieres a fabricar un *periscopio*. Yo lo ví en un libro de Física recreativa. Con una maqueta como la dibujada en la figura 10 se consigue la finalidad perseguida.

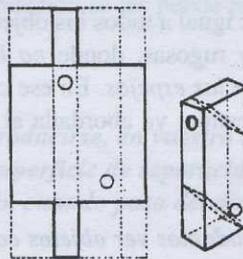


Figura 10. Maqueta de un periscopio.

- ANA** También se puede hacer una referencia a lo que ocurre con las imágenes si en lugar de tener espejos planos se utilizaran espejos curvos.
- LUIS** Seguro que la mayoría se acordará de lo divertido que resulta verse el cuerpo completamente distorsionado cuando entramos en una sala de estos espejos curvilíneos.
- JUAN** Estas mismas imágenes pueden obtenerlas en los pucheros de acero inoxidable utilizados para cocinar en casa.
- ANA** Como ejemplos de espejos esféricos cóncavos y convexos podemos emplear simples cucharas.
- LUIS** Creo que la reflexión como propiedad de la luz ha sido suficientemente tratada para dejar patente su importancia. Recapitulemos un poco: dentro del estudio de las propiedades de la luz habíamos tratado con cierto detenimiento su *propagación rectilínea* en un medio dado y la *elevadísima (pero no infinita) velocidad* a la que viaja; a continuación hemos estudiado más cualitativamente *la reflexión que se produce cuando la luz llega a la separación de dos medios con algunas referencias a la absorción*. Podemos ahora continuar estudiando *la refracción* como otro de los fenómenos que se producen cuando la luz llega a la superficie de separación entre dos medios.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 5

1. Señale algunas preconcepciones que se pueden presentar en los estudiantes al preguntarles de donde sale luz.
2. Exponga, al menos, cuatro preguntas que se pueden formular en el estudio de la propagación de la luz.
3. ¿Qué experiencias cualitativas o fenómenos cotidianos se pueden aportar para contrastar si la luz se propaga en línea recta?
4. Recuerde alguna experiencia que permita comprobar si se aplica coherentemente la propagación rectilínea de la luz.
5. ¿Cómo puede construirse una cámara oscura?
6. ¿Qué puede suceder cuando la luz llega desde el aire al vidrio o al agua?
7. ¿Cómo podemos ver objetos que no tienen luz propia?

5.3 LA REFRACCIÓN DE LA LUZ Y SUS APLICACIONES PRÁCTICAS.

LUIS Empezaremos recordando que, cuando al final del apartado 5.1 preguntamos que le ocurre a la luz al llegar a la superficie de separación de dos medios podía, además de reflejarse, pasar al segundo medio. De hecho podemos ver un objeto sumergido en el agua, lo que evidencia que la luz pasa del agua al aire hasta llegar a nuestros ojos. Este paso de luz de un medio a otro, va acompañado, como sabemos, de su desviación, pero los niños, muy a menudo, no se han fijado nunca en este cambio de dirección.

ANA Podríamos pedirles que, para estudiar el paso de la luz de un medio a otro, sumerjan, p.e., una cuchara o un lápiz en un vaso y observen cuidadosamente. Así es muy probable que perciban la desviación de la luz, pues el lápiz parece quebrado.

LUIS Otra experiencia semejante, que también pueden realizar pero que es más complicada de justificar, consiste en llevar dos tazas iguales de paredes opacas, una de ellas medio llena de agua y otra vacía (fig. 11). En cada una de ellas ponemos una misma moneda y se les pide que miren a la vez el fondo de las dos tazas. A continuación se trataría de

describir las diferencias encontradas al observar las dos monedas y tratar de explicar a qué se deben.

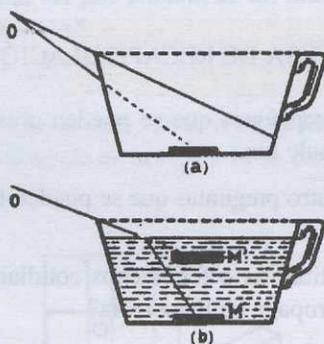


Figura 11. Un fenómeno de refracción de la luz.

JUAN Pueden decir que la moneda de la taza (b) se ve más cerca de nosotros (o 'está más subida') que la (a). Más difícil pienso es que vean la relación de este fenómeno con la desviación de la luz al pasar de un medio a otro.

ANA Todavía se puede hacer más interactivo este experimento y además facilitar, creo, las explicaciones. Se les sugiere que actúen de observadores y que miren la moneda en la taza (a), de manera que vayan bajando la vista (o subiendo la taza) hasta que no se vea la moneda. A continuación, otro alumno vierte agua poco a poco dentro de la taza hasta que vuelve a aparecer la moneda (más concretamente, su imagen).

LUIS Ahora lo bueno sería que con ayuda de la idea de rayo luminoso usado anteriormente pudieran explicar cómo es que *la moneda sumergida en el agua "sube"*.

JUAN Se puede argumentar haciendo un seguimiento del rayo de luz desde que sale del objeto. Primero habría que aceptar que la luz viaja desde la moneda hacia la superficie del agua en línea recta. Después, el rayo emergente cuando sale de la superficie del agua sufre una "flexión" o desviación (*refracción*) separándose de la recta normal (perpendicular) a esta superficie. Finalmente este rayo entra en el ojo que ve la imagen de la moneda en un lugar más elevado del que está en realidad.

LUIS Es posible que los estudiantes expliquen el fenómeno haciendo el recorrido de los rayos al revés. Es decir, saliendo del ojo y, en este caso, el rayo refractado se aproximaría a la normal. Aunque el resultado final es el mismo, habría que insistir en el papel de los ojos como receptores de luz y no como emisores, como ya dijimos anteriormente.

ANA Podríamos quedarnos en esta descripción empírica de la refracción, pero habrá que profundizar más. Es decir, habrá que ir más allá y plantearse *la búsqueda de una explicación verosímil a esta desviación de los rayos luminosos con ayuda del modelo de luz corpuscular u ondulatorio que defendemos*.

JUAN Estoy de acuerdo; pero antes de iniciar el estudio de estas explicaciones, podría ser interesante hacer referencia a las numerosas aplicaciones que tienen estas desviaciones de los rayos luminosos provocadas por, fundamentalmente, vidrios. Este tema de Óptica que casi nunca se estudia en estas edades se presta enormemente a favorecer la motivación de los alumnos. Así que podemos aludir a aquellas aplicaciones prácticas conocidas en la vida cotidiana con el fin de *relacionar la Ciencia y la Tecnología con la Sociedad*.

LUIS Seguro que los estudiantes conocen bien estas aplicaciones que son, muchas de ellas, de uso corriente, aunque no siempre se asocian a este fenómeno de la refracción. Podríamos preguntarles:

¿Qué aplicaciones conocéis de la desviación de la luz que se produce al hacerla atravesar vidrios?



JUAN Lo primero en lo que pensarán es en las *lupas o lentes de aumento* (también llamadas *microscopios simples*) que sirven para ayudarnos a ver con más detalle objetos pequeños y que, con seguridad, han visto en su casa, en algún cómic de detectives o en películas de Sherlock Holmes. Otros se referirán a *los prismáticos* que se usan normalmente con la finalidad de aproximar a nuestros ojos la imagen de objetos alejados como un águila volando.

ANA También es fácil que relacionen este fenómeno de refracción con las *gafas o anteojos* corrientemente usadas para corregir defectos de la visión. A este respecto no estaría de más que la profesora interviniera para comentar la importancia que tuvo históricamente la adquisición de conocimientos tecnológicos necesarios para tallar y pulir estas lentes. Hay que saber que, según dicen las crónicas, ya en el siglo X el árabe Alhazen estaba familiarizado con las propiedades de los espejos planos, esféricos y parabólicos y de las lentes aunque todavía no se conocían las leyes de la refracción.

LUIS Así es y también lo es que, a fines del XIII, se fabricaban *lentes convexas* (también llamadas *convergentes*, porque los rayos de luz después de atravesar el vidrio se concentran) destinadas a corregir, en particular, la "vista cansada". Seguramente era este tipo de lentes el que usaba el franciscano que hace de protagonista en la preciosa película de ambiente medieval titulada "*El nombre de la rosa*", basada en la novela del mismo nombre del famoso escritor italiano Umberto Eco.

JUAN En cambio, las *lentes cóncavas* (divergentes) para los miopes tardaron dos siglos más en aparecer. Recuerdo un texto donde se indicaba que el propio Galileo, en 1609, construyó su famoso *anteojo astronómico* para observar la Luna y los satélites de Júpiter utilizando dos lentes, una convergente como objetivo y otra divergente como ocular.

ANA También es muy probable que los estudiantes mencionen la fabricación de instrumentos ópticos empleados en Astronomía para ver objetos enormes pero alejados como los planetas. Es decir, que nombren a los anteojos astronómicos citados y los *telescopios*. P.e., seguro que algunos han oído o visto en TV la noticia del lanzamiento del telescopio "Hubble" con el fin de obtener datos sobre nuevas galaxias, agujeros negros, supernovas, etc... que pueden suponer avances sustanciales en Cosmología, o sea en el conocimiento del origen del Universo.

LUIS Pero, oye Ana, yo tenía entendido que era lo mismo un anteojo astronómico que un telescopio. ¿No es así?

ANA En realidad, no hay grandes diferencias entre ellos. La finalidad es la misma, observar los astros, pero, en general, difieren algo en sus sistemas ópticos. Mientras, como ha dicho Juan, los anteojos astronómicos utilizan sólo lentes, en los telescopios se sustituye la lente que actúa de objetivo (para concentrar la luz

que llega de las estrellas) por un juego de dos espejos. No obstante, hay autores que no los diferencian y a éstos últimos les llaman *telescopios de reflexión* y a los anteojos astronómicos, *telescopios de refracción*.

- LUIS** Seguro que mencionan también el *microscopio (compuesto)* que tiene la misma finalidad que las lupas o lentes de aumento citadas al principio, pero que nos permiten aumentar mucho más el tamaño de la imagen de, p.e., los diminutos protozoos que hay en una gota de una charca o de las células de un ser vivo. Instrumento óptico que merece resaltarse por lo que ha supuesto en el progreso de la Biología, de la Medicina, de la Metalurgia, etc.
- ANA** En este mismo sentido y dado que se están enumerando aplicaciones prácticas de la refracción de la luz en Biología, tampoco estaría de más que el profesor cite (si no lo ha hecho el alumnado), que *nuestros propios ojos funcionan como una lente convergente* y que sería bueno que profundizáramos en este asunto si queremos no sólo entender cómo vemos sino, también, cómo se corrigen los defectos visuales antes mencionados.
- JUAN** Una vez se han indicado estas aplicaciones podríamos detenernos un poco en el manejo de la lentes con el fin de que adquieran un conocimiento más funcional de las mismas.
- LUIS** Es una buena idea. Una manera elemental de introducir al manejo de lupas y de ver las diferencias existentes en la *formación de imágenes en lentes convergentes y en lentes divergentes* podría ser p.e.

fabricar una 'pequeña lupa de agua' (siguiendo las instrucciones del profesor) y utilizarla para ver imágenes, p.e., de las letras del libro.



Es una experiencia que leí en un librito de divulgación científica para niños y niñas de estas edades. Basta con tomar un alambre fino y hacer un aro de 0.5 cm de diámetro en uno de sus extremos. Se introduce el aro en el agua y se saca con cuidado horizontalmente de manera que contenga una gota grande (abombada, en forma de lente convexa) y con ella se puede observar como se hacen pequeñas las letras del libro. Por el contrario, si le quitamos un poco de agua a esta lente con el dedo meñique podemos tener una película en forma de lente cóncava que actúa como lente divergente y agranda las letras (fig. 12).

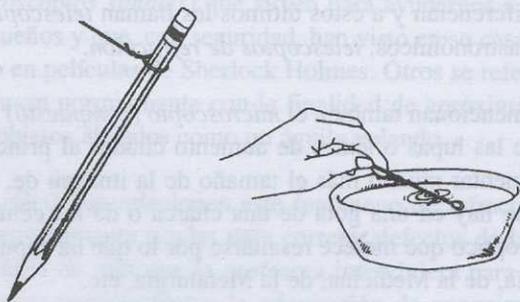


Figura 12. Fabricación de una "lupa de agua".

JUAN Ahora podemos continuar proponiendo el manejo de lentes ordinarias pidiendo que

describan la formación de imágenes para distintas posiciones del objeto y de la lente.



Se trata de promover un estudio eminentemente práctico que permita a los estudiantes conocer cómo será la imagen formada (mayor/menor que el objeto,.... directa/invertida,...).

LUIS Podrán incluso establecer la existencia de focos (muchos de ellos han jugado a quemar un papel concentrando los rayos solares mediante una lupa).

JUAN En esta parte de aplicaciones de la refracción tampoco puede faltar, como decía Ana, la construcción de algún instrumento óptico sencillo como, p.e., el de un *anteojo astronómico*, similar al que hizo Galileo. Os recomiendo el que viene en el Nuevo Manual de la Enseñanza de las Ciencias de la Unesco que consta de 2 tubos de cartón largos que ajusten uno dentro de otro y dos lentes. El ocular puede ser una lupa de unos 2 ó 3 cm de distancia focal, como las usadas en filatelia, montado p.e. en un cilindro de corcho perforado (fig. 13). El objetivo ha de tener una distancia focal mayor, de 25 a 30 cm; se debe colocar vertical en el tubo de cartón de mayor diámetro. Hay que tener buen cuidado de que ambas lentes estén alineadas de manera que tengan el mismo eje óptico. Con este anteojos puede verse los planetas más próximos e, incluso, los satélites de Júpiter.

ANA Todavía podríamos seguir viendo más aplicaciones como, p.e., *el funcionamiento*



Figura 13. Anteojo astronómico.

to del ojo para hacer ver las partes que tiene y el papel de lente convergente que desempeña el *crystalino*, así como el de pantalla que tiene *la retina*. A partir de aquí ya será más fácil comprender los defectos de la visión como p.e. la hipermetropía (formación de imágenes detrás de la retina) o la miopía y la solución a estos problemas con lentes convergentes y divergentes, respectivamente (fig. 14).

ANA Aún nos podríamos extender más en estas aplicaciones como p.e. la cámara

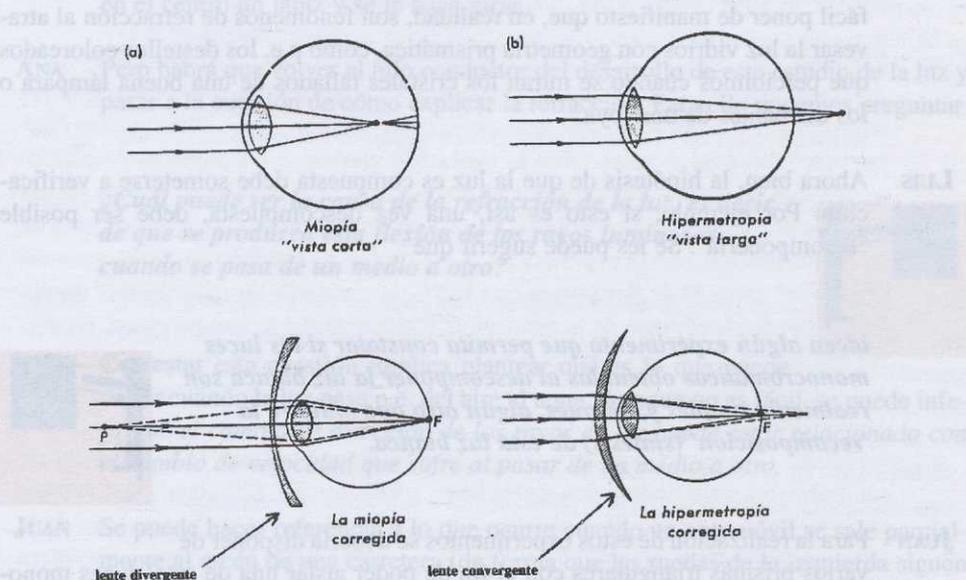


Figura 14. Corrección de los defectos visuales por medio de lentes.

fotográfica y la importancia de tener un buen objetivo en fotografía, pero pienso que ya hemos tratado bastante esta temática. Tras esta parte más práctica se puede volver a retomar alguna de las preguntas que habíamos dejado aparcadas cuando iniciamos el estudio de la luz y que la refracción nos puede ayudar a dilucidar, me refiero a si la luz solar es *simple* o *compuesta*. Para ello se puede recurrir a experiencias de la vida ordinaria que sugieran la descomposición de la luz y preguntarles:

Recordad situaciones cotidianas donde se muestre cómo a partir de luz blanca solar se obtienen luces de diferentes colores y dad alguna explicación verosímil de estos hechos.



LUIS Seguramente recordarán la aparición del *arco iris* en atardeceres lluviosos, con el Sol en el ocaso, y cómo se forma en el cielo, en la parte opuesta al Sol. En general, las explicaciones que suelen dar van en el sentido de que *la luz blanca está compuesta de otras simples (monocromáticas)*. Por supuesto que el profesor deberá completar el argumento indicando el papel de las gotas de agua de lluvia en este fenómeno (al que llamamos *dispersión de la luz*) como pequeños cristales (o prismas) que refractan de distinta manera cada una de estas luces monocromáticas.

ANA Hay muchos hechos cotidianos -aunque, a veces, nos pasen desapercibidos- donde se muestra esta descomposición (análisis) de la luz blanca y donde es más fácil poner de manifiesto que, en realidad, son fenómenos de refracción al atravesar la luz vidrios con geometría prismática, como p.e. los destellos coloreados que percibimos cuando se miran los cristales tallados de una buena lámpara o los diamantes de una joya.

LUIS Ahora bien, la hipótesis de que la luz es compuesta debe someterse a verificación. Por ejemplo, si esto es así, una vez descompuesta, debe ser posible "recomponerla". Se les puede sugerir que

ideen algún experimento que permita constatar si las luces monocromáticas obtenidas al descomponer la luz blanca son realmente simples y, después, algún otro que muestre la 'recomposición' (síntesis) de esta luz blanca.



JUAN Para la realización de estos experimentos se debería disponer de varios prismas triangulares con el fin de poder aislar una de estas luces monocromáticas e intentar su descomposición ante un prisma. En este caso, se observaría que no se dispersa, manteniéndose igual que antes de entrar en él, lo que lleva a pensar que se trata de una luz simple.

Por otra parte, con las luces simples emergentes obtenidas en la dispersión de un haz de luz blanca con un prisma (P1), se podría intentar su *'unión'* interponiendo un nuevo prisma (P2) en posición opuesta a la del primero (fig. 15). Se compensarían así las acciones de los dos prismas y al concentrar las luces emergentes del segundo prisma podría observarse que se recupera la luz blanca poniendo la pantalla a una distancia determinada.

LUIS Otra experiencia de 'síntesis' que se puede hacer más fácilmente consiste en

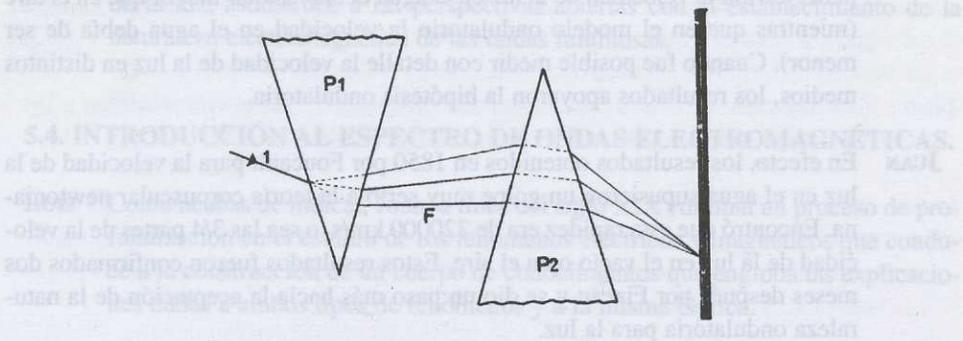


Figura 15. Recomposición de la luz blanca

hacer girar una "peonza de colores". Para ello se dibujan previamente los distintos colores del arco iris de forma radial en un disco de cartón. Se le incrusta en el centro un lápiz y se le hace girar.

ANA Pero habrá que volver al hilo conductor del desarrollo de este estudio de la luz y pasar a la cuestión de cómo explicar la refracción. Para ello podemos preguntar

¿Cuál puede ser la causa de la refracción de la luz, es decir, de que se produzca esta flexión de los rayos luminosos cuando se pasa de un medio a otro?



LUIS Contestar esta cuestión implica plantear qué es lo que puede variar cuando la luz pasa p.e. del aire al agua. Aunque no es fácil, se puede inferir que *el cambio de dirección de los rayos de luz puede estar relacionado con el cambio de velocidad que sufre al pasar de un medio a otro.*

JUAN Se puede hacer referencia a lo que ocurre cuando un automóvil se sale parcialmente al arcén de una carretera (de forma que las ruedas de la izquierda siguen estando en la carretera y las de la derecha están en el arcén): como el arcén ofrece más fricción, las ruedas de la derecha se mueven con menos velocidad y el coche se desvía hacia la derecha. No creo que convenga ir más allá que hacer ver esta *relación entre cambio de velocidad y desviación* en algún caso sencillo como éste del automóvil, aunque en el caso de la luz la cosa resulte mucho más complicada.

LUIS Tienes razón. Es difícil entrar aquí a considerar cómo interpretaba Newton la refracción a partir del modelo corpuscular (por la menor o mayor atracción que las partículas de los distintos materiales ejercían sobre los corpúsculos luminosos) y a ver con detalle la interpretación ondulatoria. Sería muy interesante hacerlo y ver cómo las predicciones de desviación difieren en ambos modelos:

para Newton la velocidad de la luz en el agua debía resultar mayor que en el aire (mientras que en el modelo ondulatorio la velocidad en el agua debía de ser menor). Cuando fue posible medir con detalle la velocidad de la luz en distintos medios, los resultados apoyaron la hipótesis ondulatoria.

JUAN En efecto, los resultados obtenidos en 1850 por Foucault para la velocidad de la luz en el agua supusieron un golpe muy serio a la teoría corpuscular newtoniana. Encontró que esta rapidez era de 220000 km/s, o sea las 3/4 partes de la velocidad de la luz en el vacío o en el aire. Estos resultados fueron confirmados dos meses después por Fizeau y se dio un paso más hacia la aceptación de la naturaleza ondulatoria para la luz.

ANA Yo tenía entendido que la aceptación científica de la teoría ondulatoria de Huyghens sobre la luz fue debida, sobre todo, a que permitía explicar *el fenómeno de difracción de la luz, que se consiguió poner en evidencia utilizando rendijas pequeñas.*

LUIS Sin duda esta interpretación y la de las interferencias que aquí no hemos tratado contribuyeron decididamente a la crisis de la hipótesis corpuscular de la luz defendida por científicos de la talla de Newton, Hookes, etc... Pero, existen ciertas creencias equivocadas sobre la evolución gradual o los cambios revolucionarios que se dan cuando unas teorías son sustituidas por otras. P.e. se piensa erróneamente que el único criterio de validación de una teoría científica es el de su confrontación con la experiencia. E incluso se ha hablado de "*experimentos cruciales*" capaces de derrumbar una teoría, como sería, en este caso, el descubrimiento del fenómeno de la difracción. Como prueba de que no es así, recuerdo que las primeras referencias sobre la difracción de la luz aparecieron en una publicación póstuma de Fco. M^a Grimaldi, profesor de Matemáticas de la Universidad de Bolonia, ya en 1665 y que, por otra parte, las hipótesis ondulatorias de Christian Huyghens sobre la luz se presentaron en 1678. Sin embargo, hubo que esperar casi dos siglos hasta mediados del XIX, cuando se habían resuelto toda una serie de problemas (entre ellos el mencionado por Juan de la determinación de la velocidad de la luz en el agua o en el vidrio) para que fuera posible sustituir la teoría corpuscular por la ondulatoria.

JUAN Estoy de acuerdo con lo que dices, Luis. La explicación que dan los historiadores del cambio de teorías es compleja. En el caso que estamos comentando hay que tener presente, también, la influencia de criterios externos al propio desarrollo de la Óptica. En particular, *el gran proceso histórico de unificación* que sucede en esa época en la denominada Física Clásica y la definitiva *integración de la Óptica en el Electromagnetismo*. Esta teoría predecía que las cargas eléctricas, al acelerarse (p.e. al oscilar), generaban unas ondas electromagnéticas que se propagaban precisamente a la velocidad de la luz visible. Esta predicción fue pronto verificada experimentalmente y se pasó así a aceptar que la luz constituía una onda de naturaleza electromagnética. Podríamos, para finalizar este estudio

de la luz, asomarnos a las perspectivas abiertas con el establecimiento de la naturaleza electromagnética de las ondas luminosas.

5.4. INTRODUCCIÓN AL ESPECTRO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.

LUIS Como acabas de indicar, Juan, a fines del siglo XIX culmina un proceso de profundización en el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos que conduce a la construcción de un cuerpo de conocimientos que engloba las explicaciones dadas a ambos tipos de fenómenos y a la misma Óptica.

ANA Quizás valdría la pena, a nivel puramente divulgativo, detenerse en lo que supuso este proceso de unificación y las perspectivas de todo tipo que abrió.

JUAN Podríamos referirnos a cómo la semejanza entre las fuerzas eléctricas y magnéticas condujo a la búsqueda de relaciones entre ambos tipos de fenómenos. Fue una búsqueda infructuosa durante bastante tiempo, hasta que se estableció que el magnetismo es una propiedad de las cargas *en movimiento*. Después se establecería que, simétricamente, es posible generar corrientes eléctricas mediante, p.e., el movimiento de imanes en las proximidades de un conductor.

ANA Es lo que ocurre cuando, al hacer girar la dínamo de nuestra bicicleta, se enciende la luz.

LUIS En la unidad 1.4 hablaremos más detenidamente de estas aplicaciones, que han tenido una enorme influencia en el desarrollo tecnológico, pero ahora lo que interesa resaltar es que, para explicar estas interacciones entre cargas e imanes, hubo de aceptarse que las cargas eléctricas cuando cambian de velocidad, cuando se aceleran, debían emitir una radiación; y al calcular teóricamente la velocidad de dicha radiación ¡se obtuvo 300 000 km/s, es decir, la velocidad de la luz! Según esto la luz sería una radiación emitida por cargas eléctricas que se aceleran, una *radiación electromagnética*.

JUAN Poco después se comprobó experimentalmente que era posible producir esas ondas electromagnéticas acelerando cargas (p.e., haciéndolas vibrar) y la teoría electromagnética se convirtió en un potente marco teórico que englobaba tres campos hasta entonces considerados autónomos: la electricidad, el magnetismo y la óptica.

ANA La luz quedaba caracterizada como una onda y parecía que el debate onda-corpúsculo quedaba zanjado, pero...

LUIS Pero, la tranquilidad iba a durar muy poco: nuevos problemas e investigaciones obligarían a un cambio radical en nuestras concepciones sobre la luz y sobre toda la materia. Fue necesario aceptar que las ideas de onda y de corpúsculo

eran simplificaciones de un comportamiento más complejo: toda la materia goza, a la vez, de propiedades ondulatorias y corpusculares.

JUAN Ello iba a iniciar una nueva Física, con conceptos radicalmente distintos a los "clásicos", una Física en la que no podemos adentrarnos aquí.

LUIS Es la Física del siglo XX, la Física Cuántica. El libro de Einstein "La Física: aventura del pensamiento" puede ser una buena introducción a esta apasionante aventura, a los enigmas que la humanidad ha ido planteándose desde los orígenes de la Física hasta nuestro siglo.

ANA Ahora conviene, sin embargo, "recoger velas". La luz ha quedado reconocida como una radiación electromagnética emitida por cargas eléctricas: la luz emitida por el Sol o por la llama de una cerilla es una radiación fruto de la aceleración de cargas.

JUAN Conviene hacer notar que ello introduce una diferencia esencial entre las ondas mecánicas y estas radiaciones: Las ondas mecánicas se explican por la propagación de las vibraciones de las partículas de un medio. Su energía es la cinética de las partículas que vibran y la potencial de las uniones que existen entre estas partículas. En cambio, las radiaciones electromagnéticas son *emitidas* por las cargas cuando se aceleran. La luz y todas las demás radiaciones electromagnéticas tienen una existencia material, constituyen entidades físicas propias, son una nueva forma de existencia de la materia y una nueva forma de energía.

ANA De hecho el Sol "pierde" cada día millones de toneladas, o dicho de otra manera, emite al espacio millones de toneladas en forma de radiación, que transporta la enorme energía liberada por las reacciones nucleares que tienen lugar en el Sol.

LUIS Y esta radiación está formada por *fonones* que son entidades físicas con propiedades a la vez corpusculares y ondulatorias. La radiación viene caracterizada, pues, como toda onda, por su frecuencia, y es tanto más energética cuanto mayor es su frecuencia.

JUAN Con este reconocimiento se "abrió la veda" al estudio de estas ondas electromagnéticas, su producción, sus propiedades,... Se analizaron las radiaciones que nos llegan del Sol y del resto del Universo, se produjeron ondas electromagnéticas de muy distintas frecuencias y se abrió así un nuevo campo de aplicaciones.

LUIS Baste recordar que las ondas de la radio y de la TV, el radar, los rayos X, los ultravioletas o los infrarrojos, el láser, etc... son ondas electromagnéticas.

ANA En efecto, la luz visible es una ínfima fracción de un gran conjunto de radiacio-

nes, la mayoría de las cuales no son visibles al ojo humano, bien porque su frecuencia es demasiado baja (por debajo de la del color rojo, de ahí el nombre de radiación infrarroja) o demasiado alta (por encima de la del color violeta, es decir, ultravioleta). Creo que valdría la pena ofrecer a los estudiantes la posibilidad de visualizar el enorme campo de aplicaciones de las radiaciones electromagnéticas.

JUAN Se les podría presentar un *espectro* de radiaciones como el que aparece habitualmente en los libros (véase fig. 16) y

pedirles que aporten información sobre las aplicaciones de las distintas radiaciones.



LUIS Hay que insistir en que las radiaciones, como transmisoras de

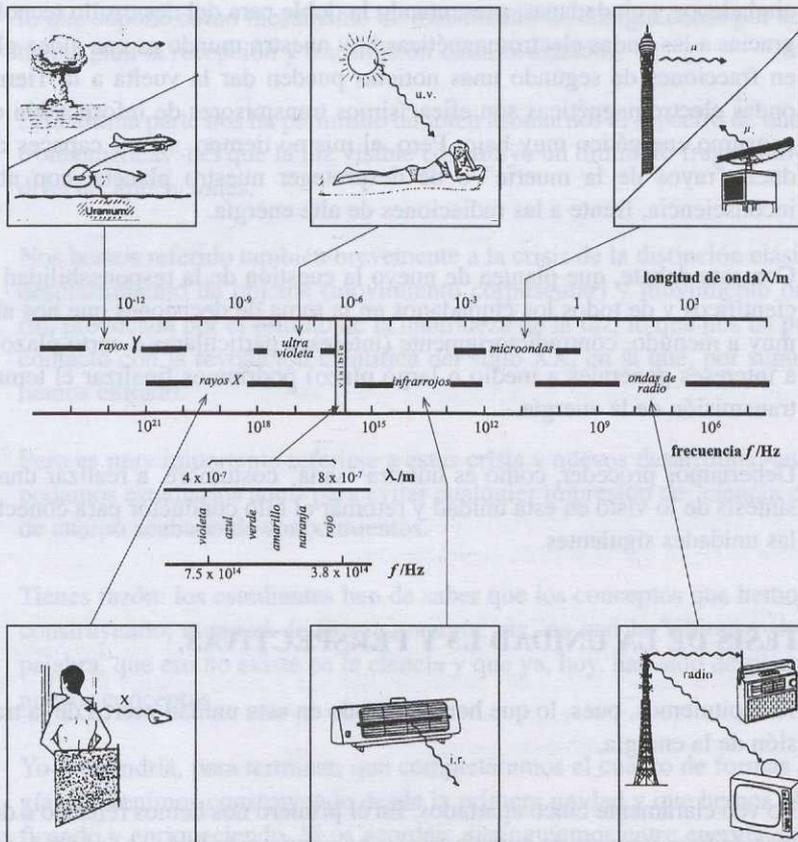


Figura 16. Espectro de radiaciones electromagnéticas.

energía, pueden dañar a los seres vivos. Y no se trata sólo de las más energéticas como los rayos X o las radiaciones gamma que se producen, p.e., en una explosión nuclear: los mismos rayos ultravioleta que broncean nuestra piel cuando tomamos el Sol pueden producir ceguera u originar tumores cancerígenos en la piel.

ANA Hasta las radiaciones que emite la pantalla del televisor o un cable de alta tensión son peligrosas, por lo que está absolutamente desaconsejado acercarse demasiado a la pantalla o vivir muy cerca de un cable de alta tensión.

LUIS Y por eso preocupa tanto que la capa de ozono que filtra o absorbe parcialmente las radiaciones ultravioletas que nos llegan del Sol esté debilitándose como consecuencia de ciertos productos químicos (empleados en las neveras, en los aparatos de aire acondicionado, en la fabricación de los circuitos integrados, en los aerosoles, etc.) que reaccionan con el ozono.

JUAN Será preciso detenerse en discutir todas estas cuestiones que preocupan a los ciudadanos y ciudadanas, presentando la doble cara del desarrollo tecnológico: gracias a las ondas electromagnéticas hoy nuestro mundo es una aldea global y en fracciones de segundo unas noticias pueden dar la vuelta a la Tierra. Las ondas electromagnéticas son eficacísimos transmisores de información con un consumo energético muy bajo. Pero, al mismo tiempo, somos capaces de producir "rayos de la muerte" o de desproteger nuestro planeta, con absoluta inconsciencia, frente a las radiaciones de alta energía.

LUIS Con este debate, que plantea de nuevo la cuestión de la responsabilidad de los científicos y de todos los ciudadanos en la toma de decisiones que nos afectan, muy a menudo, contradictoriamente (intereses particulares a corto plazo frente a intereses generales a medio o largo plazo) podríamos finalizar el tema de la transmisión de la energía.

ANA Deberíamos proceder, como es nuestra "sana" costumbre, a realizar una breve síntesis de lo visto en esta unidad y retomar el hilo conductor para conectar con las unidades siguientes.

6. SÍNTESIS DE LA UNIDAD I.3 Y PERSPECTIVAS.

JUAN Recapitulemos, pues, lo que hemos tratado en esta unidad acerca de la transmisión de la energía.

LUIS Yo veo claramente cinco apartados. En el primero nos hemos referido a dos formas de transferencia de energía que ya habíamos estudiado en las unidades precedentes: el trabajo (asociado a interacciones y movimiento de objetos macroscópicos) y el calor (asociado a diferencias de temperatura o, dicho de otro modo,

a interacciones y movimiento de partículas submicroscópicas). A partir de aquí, en el segundo apartado, hemos considerado otros mecanismos de transmisión de la energía: las ondas mecánicas y las radiaciones.

- ANA** En la tercera parte hemos estudiado con algún detalle las ondas mecánicas estableciendo algunas diferencias básicas entre movimientos ondulatorios como los que se producen en un resorte o en la superficie del agua y los desplazamientos de objetos (movimiento corpuscular). Estas características nos han permitido intuir que el sonido constituye un ejemplo de movimiento ondulatorio y hemos dedicado el cuarto apartado al estudio del sonido, verificando su naturaleza ondulatoria y deteniéndonos en resaltar su importancia como mecanismo de transmisión de información.
- LUIS** Precisamente hemos aprovechado este estudio del sonido para referirnos a lo que hemos denominado "procesos de alta eficiencia", es decir, procesos que con muy escasos intercambios de energía son capaces de producir efectos notables. Finalmente, el quinto apartado ha estado destinado al estudio de la luz, tanto por lo que supone como mecanismo de transmisión de energía como por su importancia para la recepción y transmisión de información.
- JUAN** Esta última parte nos ha permitido también asomarnos al espectro de ondas electromagnéticas -del que la luz visible constituye un diminuto fragmento- y a sus diversas aplicaciones.
- LUIS** Nos hemos referido también brevemente a la crisis de la distinción clásica entre desplazamiento de objetos (movimiento corpuscular) y movimiento ondulatorio, provocada por el estudio de la naturaleza de la luz, lo que nos ha puesto en contacto con la revolución científica del siglo XX, en la que, por supuesto, no hemos entrado.
- ANA** Pero es muy importante referirse a estas crisis y nuevos desarrollos -aunque no podamos estudiarlos aquí- para evitar cualquier impresión de "ciencia cerrada", de cuerpo acabado de conocimientos.
- LUIS** Tienes razón: los estudiantes han de saber que los conceptos que hemos estado construyendo, como el de fuerza, energía, etc. no son la "última y definitiva" palabra, que eso no existe en la ciencia y que ya, hoy, han sido desplazados por nuevos conceptos.
- JUAN** Yo propondría, para terminar, que completáramos el cuadro de formas de energía que venimos construyendo desde la primera unidad y que hemos ido modificando y enriqueciendo. Si os acordáis distinguíamos entre energía asociada a la materia ordinaria (cinética y potencial) y energía radiante que es la que hemos estudiado en esta unidad. Se trataría ahora de

completar el cuadro de formas de energía incluyendo las radiaciones electromagnéticas que hemos estudiado en esta unidad.



ANA ¿Por qué las radiaciones electromagnéticas y no el sonido y demás ondas mecánicas?

LUIS Ésa es una cuestión delicada. Recordemos que nuestro cuadro se refiere a formas de energía, no a formas de transmisión de energía. No incluye, por ejemplo, el trabajo ni el calor porque son mecanismos de transferencia de energía potencial y/o cinética. El sonido y demás ondas mecánicas son también mecanismos de transferencia de la energía cinética y potencial de unas partículas vibrantes a otras partículas ligadas a ellas.

Las formas de energía puestas en juego son la cinética de las partículas que vibran y la potencial de las uniones existentes entre las partículas. Las ondas mecánicas no constituyen, pues, una nueva forma de energía, sino una forma de transmisión de energía.

ANA ¿Y las ondas electromagnéticas?

LUIS Ahí, si lo he entendido bien, la cosa es diferente, en la medida que las radiaciones electromagnéticas pueden considerarse una nueva forma de existencia de la materia y de la energía: los "fotones" que se desplazan a la velocidad de la luz.

ANA Yo he leído que de la misma forma que las interacciones electromagnéticas están asociadas a la emisión de fotones, es decir, de radiaciones electromagnéticas, las interacciones gravitatorias estarían asociadas a la emisión de unos "gravitones", es decir, de radiaciones gravitatorias.

LUIS En efecto, lo que ocurre es que, como sabemos, la interacción gravitatoria es extraordinariamente débil comparada con la electromagnética y hasta aquí ha sido imposible poner en evidencia la existencia de esa radiación gravitacional, pero se sigue trabajando en su detección.

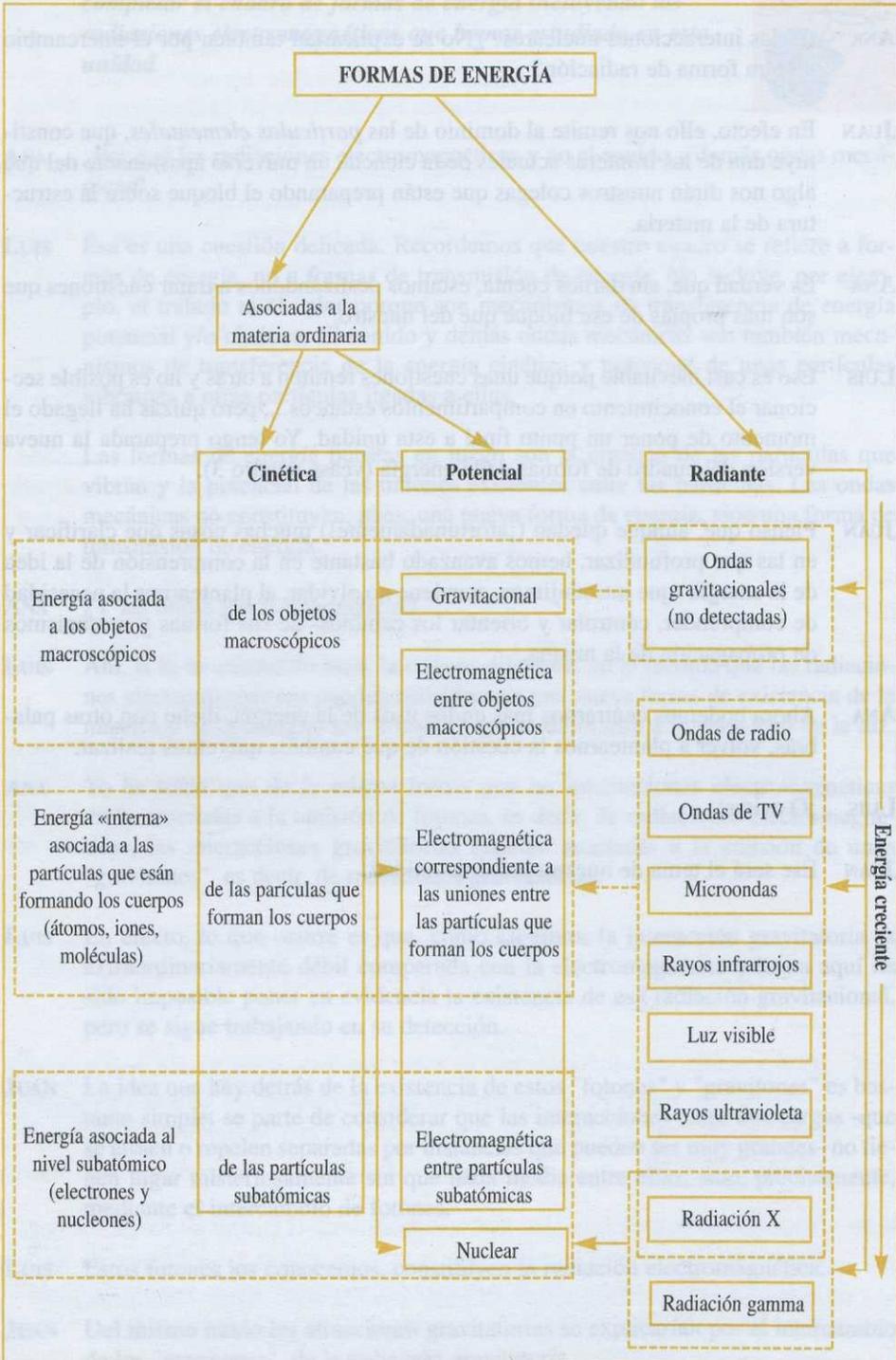
JUAN La idea que hay detrás de la existencia de estos "fotones" y "gravitones" es bastante simple: se parte de considerar que las interacciones entre dos cargas -que se atraen o repelen separadas por distancias que pueden ser muy grandes- no tienen lugar misteriosamente sin que nada medie entre ellas, sino, precisamente, mediante el intercambio de fotones.

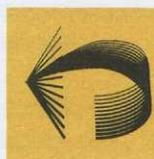
LUIS Estos fotones los conocemos, constituyen la radiación electromagnética.

JUAN Del mismo modo las atracciones gravitatorias se explicarían por el intercambio de los "gravitones", de la radiación gravitatoria.

- LUIS** Pero estos gravitones aún no han podido ser detectados.
- ANA** ¿Y las interacciones nucleares? ¿No se explicarían también por el intercambio de otra forma de radiación?
- JUAN** En efecto, ello nos remite al dominio de las *partículas elementales*, que constituye una de las fronteras actuales de la ciencia, un universo apasionante del que algo nos dirán nuestros colegas que están preparando el bloque sobre la estructura de la materia.
- ANA** Es verdad que, sin darnos cuenta, estamos deslizándonos a tratar cuestiones que son más propias de ese bloque que del nuestro.
- LUIS** Eso es casi inevitable porque unas cuestiones remiten a otras y no es posible seccionar el conocimiento en compartimentos estancos..., pero quizás ha llegado el momento de poner un punto final a esta unidad. Yo tengo preparada la nueva versión del cuadro de formas de la energía (vease cuadro 3).
- JUAN** Pienso que, aunque quedan (¡afortunadamente!) muchas cosas que clarificar y en las que profundizar, hemos avanzado bastante en la comprensión de la idea de la energía -que introdujimos, conviene no olvidar, al plantearnos la necesidad de comprender, controlar y orientar los cambios- de sus formas y mecanismos de propagación de la misma.
- ANA** Ahora podemos centrarnos más en los usos de la energía, dicho con otras palabras, volver a plantearnos la cuestión de qué cambios queremos realizar.
- LUIS** ¡O evitar!
- JUAN** Ése será el tema de nuestra próxima unidad.

CUADRO 3





PAUSA DE RECAPITULACIÓN 6

1. Proponga algunas experiencias ópticas cotidianas donde se observe la refracción de la luz.
2. Construya una "lupa de agua" e indique cuando puede actuar como lente convergente y cuando como divergente.
3. Busque ejemplos de la vida cotidiana en los que se manifieste la descomposición o dispersión de la luz solar blanca.
4. ¿Cómo se podría constatar experimentalmente que la luz azul o roja del espectro solar son simples?
5. Exponga las principales razones que hicieron que se asumiera la naturaleza ondulatoria de la luz a finales del siglo XIX.
6. ¿Por qué razón cree que se desaconseja vivir continuamente muy cerca de un cable de alta tensión?
7. Enumere, al menos, 5 aplicaciones tecnológicas de distintas radiaciones electromagnéticas conocidas.
8. Indique qué problema se va a estudiar en la unidad didáctica siguiente.

II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

- 1) Recuerde qué pregunta clave se pretende contestar en el desarrollo de toda la unidad didáctica I.3.
- 2) Indique formas generales de transferencia de energía entre sistemas o entre partes de un sistema que se han estudiado en las unidades precedentes y que aquí se han revisado.
- 3) ¿Qué nuevas formas de transmisión y propagación de la energía constituyen el objeto de estudio de esta unidad?
- 4) ¿Por qué es aconsejable, en estos niveles educativos, comenzar el estudio de las ondas por, p.e., las olas producidas en un estanque y no, p.e., por el sonido?
- 5) Comente qué es lo que se propaga en un movimiento ondulatorio.
- 6) ¿Qué experimentos podría sugerir para mostrar que en el avance de una onda no hay desplazamiento neto de materia?
- 7) ¿Qué haría para aumentar la energía transmitida por una onda?
- 8) Resuma las diferencias fundamentales que cabe esperar entre un movimiento de partículas y otro ondulatorio.
- 9) Algunos autores propugnan que se empiece el estudio de una temática como, p.e., el sonido, preguntando directamente a los estudiantes cuáles son sus ideas al respecto. Sugiera alguna estrategia de enseñanza alternativa a esta forma de iniciar el estudio del sonido.
- 10) Exprese algunos ejemplos que permitan mostrar la importancia social del sonido.
- 11) Señale alguna preconcepción que puedan tener los estudiantes sobre lo que es el sonido.

- 12) ¿Por qué razón los instrumentos musicales se suelen clasificar en instrumentos de percusión, de cuerda y de viento?
- 13) Recuerde algunas evidencias experimentales que se pueden aducir como indicios de que el sonido es un movimiento ondulatorio.
- 14) Explique cuál es el papel del medio material en la propagación del sonido.
- 15) ¿Cómo explicaría que una persona pueda oír el ruido producido por otra que está escondida?
- 16) Justifique que el sonido se propague, en general, más rápidamente en el acero que en el aire.
- 17) ¿Cómo construiría un "teléfono de cuerda"? En qué se fundamenta y qué indicaciones daría para su uso.
- 18) Recuerde alguna forma de determinar la velocidad del sonido en el aire.
- 19) ¿Qué interés didáctico puede tener la introducción de la contaminación acústica en este tema de transmisión de la energía?
- 20) Si el sonido como mecanismo de transmisión de energía es muy pobre, ¿por qué se ha introducido en esta unidad?
- 21) Señale algunas preconcepciones que pueden presentarse en los estudiantes al preguntarles de dónde sale luz.
- 22) Señale alguna evidencia o hecho relativo a la propagación de la luz que sea indicio de que está formada por ondas y algún otro que dificulte esta interpretación.
- 23) Proponga algunas experiencias ópticas donde se observen fenómenos de reflexión y de refracción de la luz.
- 24) ¿Cómo justificaría el color de los cuerpos?
- 25) ¿Por qué un apartado del estudio de la luz se titula "La reflexión nos ayuda a ver los objetos"?
- 26) ¿Por qué podemos afirmar que la luz roja es simple o "monocromática"?
- 27) Argumente por qué es erróneo pensar que la sustitución de la teoría corpuscular de la luz por la ondulatoria en el siglo XIX fue debido en exclusiva al descubrimiento del fenómeno de la difracción de la luz.

- 28) Señale las principales razones que, según los historiadores, hicieron decantar a fines del siglo XIX la comunidad científica a la aceptación de la naturaleza ondulatoria de la luz.
- 29) ¿Qué diferencias encuentra entre las ondas mecánicas (como p.e. el sonido) y las electromagnéticas (como p.e. la luz visible)?
- 30) Enumere algunas aplicaciones tecnológicas de las distintas radiaciones electromagnéticas conocidas.
- 31) Indique alguno de los inconvenientes producidos por el desarrollo tecnológico de la sociedad que esté relacionado con las radiaciones más energéticas que nos llegan del Sol.
- 32) Mencione cuál es el problema principal que se va a estudiar en la unidad didáctica siguiente.

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

- 1) ¿Cómo se transmite la energía?
- 2) Cabe recordar, una vez más, que tanto el *trabajo* como el *calor* son dos mecanismos de transmisión de energía. El trabajo mediante la realización de fuerzas entre sistemas que cambian su posición y movimiento al transferirse energía. El calor se puede interpretar como transferencia energética cuando las interacciones se producen entre las partículas submicroscópicas de dos cuerpos a diferente temperatura. Véase el apartado 1 (pág. 9 y 10).
- 3) De entrada se presentan diferenciadas las *ondas mecánicas* y las *radiaciones* como dos mecanismos de propagación de la energía donde no hay desplazamiento neto de materia ni tampoco cuerpos a distinta temperatura. Véase el apartado 2 (pág. 11 y 12).
- 4) Desde el punto de vista didáctico es aconsejable comenzar el estudio de una temática seleccionando los ejemplos más sencillos y, en particular, aquellos fácilmente observables. Ver páginas 12 y 13.
- 5) Una onda mecánica es un mecanismo de transmisión de energía mediante vibraciones en un medio sin desplazamiento neto de materia. Ver pág. 15.
- 6) Para mostrar que en las ondas producidas en un estanque no se desplaza el agua se pueden situar objetos ligeros (barquito de papel, corcho, ...) que floten y comprobar que no son arrastrados por las olas. También pueden realizarse experiencias

- con cuerdas o muelles densos y mostrar como avanzan los pulsos sin que se desplacen estos objetos. Ver pág. 16.
- 7) En el supuesto de que no varíe el medio, se puede aumentar básicamente la energía elevando su amplitud y/o su frecuencia (ver pág. 17 y 18).
 - 8) Algunas diferencias esenciales entre el movimiento ondulatorio y el corpuscular se presentan en el cuadro 1 de la página 21. En particular se enfatiza que las ondas se desplazan sin que se trasladen las partículas del medio, se dispersan en todas direcciones y pueden bordear los obstáculos, es decir, se difractan.
 - 9) Una estrategia alternativa consiste en iniciar el estudio de una temática planteando a los estudiantes alguna situación problemática que sea capaz de interesarles. Ver pág. 23 y 24.
 - 10) Se puede resaltar su importancia como mecanismo de transmisión de información no sólo entre los hombres y mujeres (p.e. el desarrollo del lenguaje en el proceso de hominización, la cultura musical, etc.) sino también entre los animales (supervivencia, etc.). Ver pág. 24
 - 11) Una preconcepción que ha sido detectada en la bibliografía consiste en la identificación del sonido con las vibraciones del foco emisor. Es decir, los estudiantes consideran al movimiento vibratorio del foco como el mismo movimiento ondulatorio. Ver pág. 24 y 25.
 - 12) Entre los posibles criterios de clasificación de los instrumentos musicales se utiliza fundamentalmente el del mecanismo de producción del sonido. Es decir, el de cómo se originan las vibraciones, p.e. golpear algo, hacer vibrar cuerdas, etc. Ver pág. 25.
 - 13) Como primeros indicios de que el sonido es un movimiento ondulatorio se pueden considerar el desplazamiento o no de materia y la dispersión de la energía en todas direcciones. También se puede mencionar el fenómeno de la difracción donde el sonido bordea los obstáculos. Véase pág. 28 y 29.
 - 14) Las partículas del medio desempeñan un papel fundamental en estas ondas mecánicas pues en sus oscilaciones golpean a las partículas próximas y éstas, a su vez, hacen vibrar a las contiguas. Ver pág.30.
 - 15) Es explicado por la facilidad con que el sonido bordea los obstáculos, es decir se difracta (pág. 29).
 - 16) Si las partículas del medio están más próximas y, sobre todo, unidas por fuerzas más intensas -como ocurre en las de acero respecto a las del aire- es lógico que la perturbación se transmita más rápidamente. Ver pág. 33 y 34.

- 17) Como se indica en la página 34 se puede construir fácilmente un teléfono de cuerda con ayuda de dos vasitos de plástico y un cordel. Ésta es una experiencia de propagación del sonido a través de la cuerda donde se evita su dispersión como en los antiguos teléfonos de barco. Para un funcionamiento correcto conviene mantener el hilo tenso y sin que toque ningún objeto.
- 18) Un método sencillo que se puede llevar a efecto consiste en que un alumno "efectúe un disparo" y otro situado a cierta distancia mida con ayuda de un cronómetro el tiempo que tarda desde que se ve el fogonazo hasta que se oye el sonido del disparo. Ver pág. 35.
- 19) Como interacción Ciencia-Tecnología-Sociedad que trata de llamar la atención de los efectos perjudiciales que tiene el problema de la contaminación acústica para las personas y que todo futuro ciudadano debe conocer. Al mismo tiempo, se muestra una visión contextualizada de la Ciencia que puede ayudar a la toma de decisiones frente a este problema de degradación de la calidad de vida en las ciudades (ver pág. 38).
- 20) El sonido puede considerarse más que un mecanismo de transmisión de energía como un proceso de "alta eficiencia" donde la transmisión de información con un coste mínimo de energía puede originar cambios importantes. Ver pág. 37.
- 21) En las páginas 45 y 46 se han referenciado las siguientes preconcepciones: una de ellas consiste en pensar que la luz es lo mismo que el foco luminoso al igual que sucede cuando identifican el sonido con las vibraciones del foco sonoro, una segunda también detectada en la investigación consiste en no distinguir la *luz* de la *visión*, es decir, se acepta que la luz son los rayos luminosos que salen del ojo y van hasta el objeto que se ve.
- 22) Al igual que se vio en el sonido, un primer síntoma que puede hacer pensar que la luz se comporta como las ondas es que se distribuye en todas direcciones a través del espacio pero, al mismo tiempo, la evidencia de que la luz no requiere medio material para esta propagación dificulta la interpretación ondulatoria como vibraciones que se transmiten a través de las partículas del medio. Ver pág. 48 y 49.
- 23) Ver pág. 57, 58 y 59 en el caso de la reflexión; 60 y 61 en el de la refracción.
- 24) Se puede justificar cualitativamente el color de los cuerpos aceptando que del conjunto de luces simples que le llegan formando la luz blanca solamente se refleja aquella luz del color que normalmente presenta, de manera que el resto de luces simples de la luz blanca son absorbidas. Ver pág. 58.
- 25) Para realzar la importancia que tiene la reflexión difusa en superficies rugosas en la visión de los objetos. Es decir, los cuerpos ordinarios pueden ser vistos gracias a que reflejan parte de la luz que les llega en todas direcciones. Ver pág. 57 y 58

- 26) Por que al hacerla pasar por un prisma de vidrio no se logra descomponer. Ver pág. 66 y 67.
- 27) Existen ciertas preconcepciones sobre cómo suceden los cambios en las teorías. En particular, están aquellas ideas erróneas que consideran como único criterio de validación de una teoría su confrontación con la experiencia. En este sentido se afirma que hay "experimentos cruciales" como sería, p.e., el fenómeno de la difracción cuyo descubrimiento hubiera sido suficiente para invalidar la teoría corpuscular de la luz. En general se admite que la sustitución de una teoría por otra no es sencilla y suele ser un proceso más bien largo donde antes la nueva teoría debe mostrar su superioridad en la solución coherente de bastantes problemas que la vieja teoría es incapaz de resolver. Así p.e., a la aceptación de la naturaleza ondulatoria de la luz contribuyó también la determinación de la velocidad de la luz en el agua y en el vidrio. Pueden existir, al mismo tiempo, circunstancias externas al propio crecimiento de las teorías que pueden influir en su evolución gradual o en el cambio de la vieja teoría por la nueva. Ver pág. 68 y 69.
- 28) Según filósofos e historiadores de la Ciencia también influyeron en el cambio de teorías de la luz criterios externos al propio desarrollo de la Óptica como su integración en el Electromagnetismo y, en particular, el gran proceso histórico de unificación de distintas ciencias (Mecánica, Calor, Óptica, Acústica, Electricidad y Magnetismo) que sucedió a fines del siglo XIX. Ver pág. 68 y 69.
- 29) Las ondas mecánicas, como el sonido, se explican por la propagación de las vibraciones de las partículas de un medio. En cambio, las ondas electromagnéticas como la luz son emitidas por las cargas cuando se aceleran en un circuito eléctrico. Ver pág. 70.
- 30) En la figura 16 expuesta en la página 71 se han visualizado algunas de las aplicaciones tecnológicas de las radiaciones ya que son transmisoras muy eficientes de información. En este sentido se puede hacer mención de la radio, TV, rayos X para obtener imágenes de los huesos, etc. Ver apartado 5.4 (pág. 69 a 72).
- 31) En cuanto a inconvenientes producidos por el desarrollo tecnológico de la sociedad y, en particular, el aumento de ceguera y cáncer de piel en zonas de América del Sur. Ver pág. 72.
- 32) La próxima unidad didáctica se destinará a los usos de la energía.

III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

DE ENERGÍA.

UNA PROPUESTA ABIERTA PARA EL TRABAJO CON LOS ALUMNOS

ción de los cambios, conviene que revisemos el hilo conductor que establecimos para el desarrollo del bloque y situemos los nuevos problemas a estudiar:

A.1. Revisar el hilo conductor que hemos establecido para el estudio de este bloque, indicando cuáles son los principales **ÍNDICE** que se han abordado en las unidades anteriores y qué aspecto nos corresponde estudiar en este capítulo.

	<u>Pág.</u>
1. Introducción: posibles mecanismos de transmisión de energía.	87
2. Producción y propiedades de las ondas mecánicas como mecanismo de transmisión de energía.	89
3. Estudio del sonido como posible onda mecánica.	92
3.1. ¿Cómo producir sonidos?.....	92
3.2. ¿Puede considerarse el sonido como una onda?	93
3.3. ¿Con qué velocidad se propaga el sonido?	95
3.4. ¿Es mucha o poca la energía que transmite el sonido?	95
3.5. La contaminación acústica: un problema importante de relación Ciencia-Tecnología-Sociedad.	96
4. Estudio de la luz como ejemplo de radiación.	97
4.1. ¿Cómo se propaga la luz?	98
4.2. La reflexión de la luz nos ayuda a ver los objetos.	100
4.3. La refracción de la luz y sus aplicaciones prácticas.	101
4.4. Introducción al espectro de ondas electromagnéticas.	103
5. Síntesis y recapitulación.	104

A.3. ¿De qué manera hemos visto que se puede almacenar o propagar la energía? Propone ejemplos donde se manifiesten estas formas de propagación energética.

1. INTRODUCCIÓN: POSIBLES MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA.

Al comenzar el tercer capítulo de este bloque destinado a la *comprensión y orientación de los cambios*, conviene que revisemos el hilo conductor que establecimos para el desarrollo del bloque y situemos los nuevos problemas a estudiar:

A.1. Revisad el hilo conductor que hemos establecido para el estudio de este bloque, indicando cuáles son los principales problemas que se han abordado en las unidades anteriores y qué aspecto nos corresponde estudiar en este capítulo.

Comentarios A.1. Conviene en esta primera actividad incidir en el hilo conductor de todo el bloque de contenidos -que ya se discutió en el apartado 4 del programa de actividades de la unidad I.1- con el fin de que los estudiantes recuerden el cuadro sintético con las principales preguntas a contestar en este bloque y se "sitúen" en la tarea a desarrollar en esta nueva unidad destinada a estudiar cómo se transmite la energía entre sistemas o en el interior de un mismo sistema.

A.2. ¿Qué interés puede tener el estudio de cómo se transmite la energía?

Comentarios A.2. Las aportaciones de los estudiantes inciden en argumentos que recuerdan los datos sobre la importancia de la energía misma. Añaden ahora, como es lógico, consideraciones relativas a la necesidad de transportar la energía allí donde hace falta o de evitar, en otros casos, excesos perjudiciales de energía, todo lo cual remite al estudio de los mecanismos de transmisión. El profesor puede resaltar que en cualquier proceso, en cualquier transformación hay intercambios de energía, es decir, transmisión de energía y que la comprensión de estos mecanismos permitirá profundizar en la naturaleza misma de la energía.

Hemos visto que la transmisión de energía es de vital importancia en cualquier proceso y que la comprensión de los mecanismos de transmisión es un requisito para seguir profundizando en el concepto de energía, es decir, en la comprensión de los cambios materiales.

A.3. ¿De qué maneras hemos visto que se puede transmitir o propagar la energía? Proponed ejemplos donde se manifiesten estas formas de propagación energética.

Comentarios A.3. Cabe esperar que los estudiantes hagan referencia al trabajo y al calor como formas de transferencia de energía entre sistemas y, por tanto, como mecanismos de propagación de energía. Conviene, sin embargo, detenerse mínimamente en la revisión de estos mecanismos.

Comenzaremos revisando, aunque sea de manera sucinta, los conceptos de trabajo y calor, estudiados en las unidades precedentes, como formas de transferencia de energía entre dos sistemas o entre partes de un mismo sistema.

A.4. Proponed alguna acción a realizar en el aula donde se manifieste que el trabajo es un mecanismo de transferencia de energía.

Comentarios A.4. Será fácil para los estudiantes recordar que la realización de trabajo suponía interacción física entre los objetos, es decir *hacer fuerzas* uno sobre otro, al mismo tiempo que *modifican su posición y movimiento transfiriéndose energía*. Pueden tomar cualquiera de los ejemplos empleados en la unidad I.1, como, p.e., lanzar un objeto, e interpretar energéticamente lo que pasa con el fin de concluir que estas acciones suponen, en definitiva, una transferencia de energía entre el que lanza (pierde energía química almacenada) y el objeto lanzado (gana energía cinética) (véase apartado 1).

A.5. Otro mecanismo de transmisión de energía entre sistemas que están a distinta temperatura y que se ha estudiado en la unidad 1.2 ha sido el calor. Explica cómo se transmite la energía p.e. al mezclar una masa de agua a 80° con otra a 20°C.

Comentario A.5. En este caso la actividad tiene por objeto recordar la interpretación del calor como nuevo mecanismo de transferencia de energía entre el sistema caliente y el frío. El calor se concibe como la medida, en conjunto, de todos los pequeñísimos trabajos hechos por las numerosísimas partículas del agua a 80°C más rápidas (más energéticas) cuando colisionan con las partículas más lentas del agua fría a 20°C (véase apartado 1).

A.6. Explicad la transmisión de energía que se realiza a lo largo de una barra de acero cuando se calienta por un extremo.

Comentario A.6. La interpretación de la conducción del calor a través de la barra por medio de la propagación de las vibraciones de las partículas ligadas tiene la ventaja de ser un ejemplo analógico que puede preparar el camino del estudiante cuando se tenga que explicar, más tarde, cómo se propagan las ondas mecánicas.

Además del trabajo y el calor existen otros mecanismos de transmisión de energía que no van asociados al desplazamiento de objetos ni a diferencias de temperatura:

A.7. Considerad situaciones en las que se propaguen grandes cantidades de energía de un lugar a otro sin que se produzca desplazamiento de materia ni intervenga como causa la diferencia de temperaturas.

A.8. *Discutid la importancia de los nuevos mecanismos de propagación de energía que se han considerado.*

Comentarios A.7 y A.8. La actividad A.7 debería conducir a contemplar situaciones como los terremotos, las olas, etc. y, con la ayuda del profesor, a contemplar las ondas mecánicas y las radiaciones como nuevos mecanismos de transmisión de propagación de energía que van a ser el motivo de estudio de esta unidad. En los mismos ejemplos enunciados se puede ver la importancia que tienen estos mecanismos (ver pág. 12 a 14).

2. PRODUCCIÓN Y PROPIEDADES DE LAS ONDAS MECÁNICAS COMO MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA.

A continuación abordaremos el estudio de las ondas mecánicas como nueva forma de transmitir energía dentro de un sistema y para comenzar lo aproximaremos de forma práctica a producir estas ondas con el fin de fijar la atención en sus propiedades.

A.9. *¿Cómo podemos producir ondas? Diseñad y llevad a cabo experiencias de producción de ondas.*

A.10. *Sugerid algún experimento sencillo que permita constatar si al avanzar una onda (p.e. en una cubeta con agua) también lo hace la masa de agua. Realizad dicho experimento.*

A.11. *Proponed una explicación de cómo se produce la propagación de una onda como, p.e., la que producimos en un resorte.*

Comentarios A.9, A.10 y A.11. En respuesta a la actividad A.9 los estudiantes idean sencillas experiencias como, p.e., hacer ondular cuerdas, gomas o resortes largos, golpear la superficie de un estanque, etc. Como se ha indicado en el apartado 3 de esta unidad, el profesor puede producir olas de manera continuada en una cubeta de ondas y, con ayuda de un retroproyector (que tenga la lámpara en su parte inferior), se pueden ver las imágenes de avance de las ondas sobre la pantalla o sobre el techo de la clase. Esta producción de ondas puede llevarles a comprender que, primeramente, debemos tener un foco productor de vibraciones. Una segunda intuición más difícil de extraer por los estudiantes (y en la que nos detendremos más adelante) es que estos movimientos ondulatorios consisten en la propagación de las vibraciones producidas por el emisor. A este respecto, seguramente se plantearán como interrogante si cuando avanza la onda también se traslada la materia del medio. De ahí que se plantee la A.10 y a la que responderán situando cuerpos que flotan (barquitos de papel, corcho, etc.) en la superficie del agua y constatando que estos materiales no sufren desplazamientos netos.

Finalmente la A.11 debería conducir a la comprensión de que las partículas que vibran interactúan con las partículas adyacentes haciéndolas vibrar a su vez, de

forma que lo que se propaga con la onda es la vibración sin que haya desplazamiento neto de materia, puesto que cada partícula se queda vibrando en torno a su posición de equilibrio. El profesor puede ayudar a la visualización de la propagación de las vibraciones entre partículas con una maqueta de esferas y elásticos como se indica en la pág 16.

A.12. *El modelo que hemos elaborado para explicar la propagación de una onda supone que cada partícula del medio se pone a vibrar cuando le alcanza la onda, actuando a su vez, sobre las partículas que le rodean, es decir, convirtiéndose en 'foco'. ¿Cómo podría verse -por ejemplo, en la superficie del agua- si realmente cada punto alcanzado por la onda se convierte en foco?*

Comentario A.12. La idea básica consiste en aislar una pequeña zona y ver si al llegar la onda allí, se convierte en foco del que nacen nuevas ondas. Esto se puede ver muy fácilmente en una cubeta de agua colocando dos ladrillos que dejen una pequeña rendija (ver figura 1).

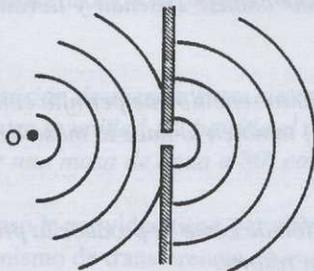


Figura 1. Cada punto de la onda es un nuevo foco emisor de ondas.

Conviene realizar esta sencilla experiencia y, sin pretender profundizar demasiado, llamar la atención sobre lo que supone este "bordear" el obstáculo (fenómeno conocido como difracción) que no tiene paralelo en los movimientos corpusculares. Puede mostrarse, además, que el fenómeno no se percibe si la rendija es mucho mayor que el tamaño de las ondas, es decir, si no se ha "aislado" suficientemente una zona pequeña con relación al tamaño de la onda.

Conocidas un poco más las ondas mecánicas como la propagación de vibraciones, convendrá que estudiemos de qué depende la energía transmitida.

A.13. *¿De qué maneras podemos hacer que la energía transportada por una onda, p.e. al hacer vibrar el extremo de una cuerda, sea elevada?*

A.14. *En la figura 2 adjunta hay dos series cada una de las cuales tiene tres ondas esquematizadas. Ordenad en cada serie las ondas de mayor a menor energía.*

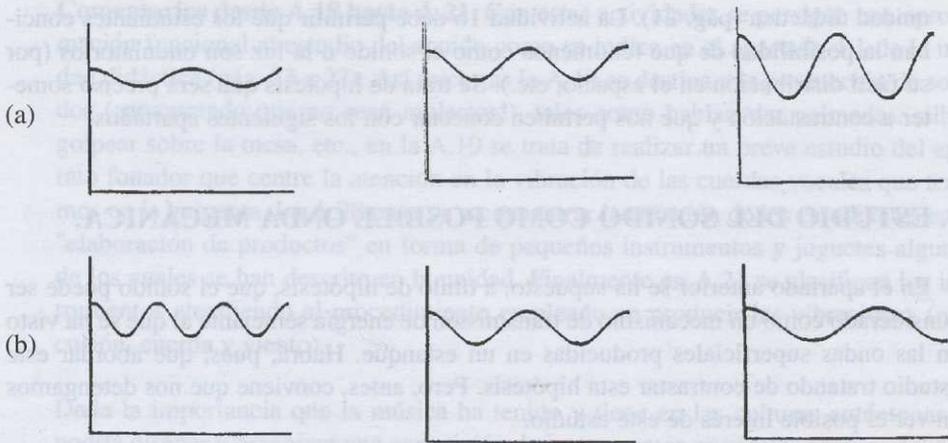


Figura 2. ¿Qué ondas transmiten mayor energía?

Comentarios A.13 y A.14. En la A.13 los estudiantes se plantearán varias maneras de propagar más energía al hacer ondear una cuerda. Una de ellas puede consistir en pulsar más rápidamente la cuerda (o sea aumentando la *frecuencia*) y otra con mayor *intensidad* (es decir, aumentando la *amplitud* de los pulsos). Se inicia así, de manera funcional, la introducción significativa de estas magnitudes, en la medida que se relacionan cualitativamente con la energía transmitida pero sin necesidad de detenerse mucho en sus definiciones. Pueden entender la frecuencia de la onda como el número de pulsos (vibraciones u oscilaciones) producidas en cada segundo, y ver su relación con la *longitud de onda* (definida como distancia entre las crestas de dos pulsos consecutivos). En efecto, es fácil de observar que cuánto mayor sea la rapidez con la que se haga ondular la cuerda más cortas resultarán las ondas producidas. En cuanto a las soluciones dadas a los dos apartados de A.14, tampoco habrá dificultad ya que se manejan ideas cualitativas donde la energía se hace depender solamente de la frecuencia o de la amplitud manteniendo constante la otra variable.

A.15. A título de recapitulación resumid las diferencias encontradas entre los movimientos ondulatorios y el desplazamiento de objetos. En particular, haced referencia a las diferencias en cuanto a:

- desplazamiento o no de materia;
- la forma de transmitirse la energía;
- ¿de qué depende la energía transmitida?
- lo que sucede cuando se intercala un obstáculo en uno de estos movimientos.

A.16. Indicad algunos fenómenos cotidianos (además de los vistos hasta aquí) que pueda presumirse que son ondas, atendiendo a su comportamiento.

Comentarios A.15 y A.16. La A.15 es una actividad de síntesis sobre las propiedades de las ondas estudiadas cuya solución puede encontrarse en el cuadro 1 de esta

unidad didáctica (pág. 21). La actividad 16 debe permitir que los estudiantes conciban la posibilidad de que fenómenos como el sonido o la luz son ondulatorios (por su fácil distribución en el espacio, etc.). Se trata de hipótesis que será preciso someter a contrastación y que nos permiten conectar con los siguientes apartados.

3. ESTUDIO DEL SONIDO COMO POSIBLE ONDA MECÁNICA.

En el apartado anterior se ha supuesto, a título de hipótesis, que el sonido puede ser considerado como un mecanismo de transmisión de energía semejante al que se ha visto en las ondas superficiales producidas en un estanque. Habrá, pues, que abordar este estudio tratando de contrastar esta hipótesis. Pero, antes, conviene que nos detengamos en ver el posible interés de este estudio.

A.17. Poner ejemplos de situaciones que muestren la importancia e interés que puede tener el sonido para los seres vivos.

Comentarios A.17. En esta actividad se trata de motivar al alumnado hacia la importancia que ha tenido y tiene para las personas y los animales el sonido como un elemento de relación y comunicación de primera magnitud. En las página 24 de la unidad se ofrecen algunos ejemplos concretos que van desde la relevancia general que tiene la percepción del sonido para la supervivencia de los seres vivos hasta el interés intrínseco que tiene para cualquier ser humano la propia comunicación lingüística y musical.

Visto el interés que tiene conocer qué es el sonido, podemos ahora pasar a su estudio de manera práctica, al igual que hicimos en el caso de las ondas.

3.1. ¿CÓMO PRODUCIR SONIDOS?

Empezaremos este estudio físico del sonido tratando de producirlos, al tiempo que reflexionamos sobre cómo lo hacemos.

A.18. Producid sonidos de las más diversas maneras y comentad qué se necesita para ello.

A.19. ¿Cómo hacemos las personas para hablar? (Buscar información sobre cómo funciona el aparato "fonador", es decir, de producción de sonidos, de los humanos).

A.20. Construid "instrumentos musicales elementales" lo más diversos posibles (p.e. un simple peine cubierto por un papel fino, una bramadera, un oboe elemental, etc.). En caso necesario solicitud la ayuda de vuestro profesor o profesora.

A.21. Elaborad una relación de instrumentos musicales que sean conocidos y agrupados de acuerdo a la forma de producir los sonidos.

Comentarios desde A.18 hasta A.21. Con estas actividades se persigue una aproximación funcional al estudio del sonido como se indica en el apartado 4.1 de la unidad didáctica (pág. 23 a 27). Así mientras la A.18 se destina a la producción de sonidos (¡procurando que no sean molestos!), tales como hablar, dar palmadas, silbar, golpear sobre la mesa, etc., en la A.19 se trata de realizar un breve estudio del aparato fonador que centre la atención en la vibración de las cuerdas vocales que tenemos en la garganta. La A.20 pasa ya a concentrar la atención de los estudiantes en la "elaboración de productos" en forma de pequeños instrumentos y juguetes algunos de los cuales se han descrito en la unidad. Finalmente en A.21 se clasifican los instrumentos atendiendo al procedimiento empleado en producir las vibraciones (percusión, cuerda y viento).

Dada la importancia que la música ha tenido y tiene en las culturas autóctonas se podría diseñar y organizar una exposición de instrumentos musicales propios del país que fuera seguida de explicaciones sobre su funcionamiento. Estas demostraciones irían acompañadas de breves audiciones musicales hechas por los asistentes que sepan manejarlos o, en su defecto, por grabaciones en cassettes o discos.

Una vez visto cómo se pueden producir sonidos y comprobado que todos los procedimientos empleados para ello tienen en común la existencia de un foco emisor que origina vibraciones, podemos abordar la hipótesis de que el sonido constituya un movimiento ondulatorio por el cual se propagan estas vibraciones en el aire.

3.2. ¿PUEDE CONSIDERARSE AL SONIDO COMO UNA ONDA?

Se trata, ahora, de ver en qué medida es verosímil suponer que el sonido es un movimiento ondulatorio en el que se propagan las vibraciones producidas por el foco sonoro. Como en este caso no es fácil ver estas ondas, habrá que extraer consecuencias derivadas de esta idea que permitan su contrastación.

A.22. *Si consideramos que el sonido, en hipótesis, es un movimiento ondulatorio, ¿qué consecuencias se pueden sacar de ello que puedan ser contrastadas experimentalmente?*

A continuación, veremos con algún detenimiento el comportamiento del sonido con vistas a verificar si, realmente, se le puede considerar una onda.

A.23. *Referir evidencias experimentales cualitativas que muestren si el sonido tiene un comportamiento típico de los movimientos ondulatorios como, p.e., que no hay desplazamiento neto de materia, que hay dispersión de la energía, que se presentan fenómenos de difracción, etc.*

Comentarios A.22 y A.23. Con estas actividades se pretende que los estudiantes recuerden las diferencias fundamentales entre los movimientos corpuscular y el

ondulatorio vistas en A.15. Ya en A.23 más concretamente, deben afrontar el diseño de experimentos sencillos que pongan en evidencia que el sonido puede ser considerado como una onda mecánica, como p.e. que la energía se dispersa por todo el medio y que para evitarlo hay que "canalizarlo" como ocurre con los teléfonos de barco, que la difracción del sonido es muy fácil de comprobar, etc. (véase el apartado 4.2).

Ahora bien, la existencia de indicios o evidencias experimentales en el sentido de que el sonido es una onda no basta y convendrá ir más allá y plantear cómo nos imaginamos que se transmite este sonido.

A.24. ¿Cómo se transmite el sonido, p.e., en el aire? Es decir, ¿cómo se propagan en el aire las vibraciones producidas por el foco emisor?

A.25. Proponed alguna experiencia para probar si realmente se precisa de algún medio material para que se propague el sonido.

Comentarios A.24 y A.25. En A.24 se entra directamente a plantear cómo es este mecanismo de transmisión mediante propagación de las vibraciones del foco sonoro a través de las propias partículas del medio. Y en A.25 se propone la realización de alguna experiencia, evidencia, anécdota, etc. que pueda ser traída a colación para hacer ver el papel fundamental del medio material en la propagación de la onda, como, p.e., la incluida en la pág. 30 relativa a la introducción de un despertador en una campana donde se ha hecho el vacío. Una buena comprensión de este mecanismo puede favorecerse mediante la simulación del movimiento ondulatorio con bolas y elásticos como se hizo en el caso de las ondas (ver pág.16).

Como ya hemos contestado la principal cuestión relativa a cómo se concibe el sonido como onda mecánica, podemos continuar con nuevas preguntas que interesen, a la luz de lo tratado.

A.26. ¿Qué nuevas preguntas podemos plantearnos, ahora, acerca del sonido?

A.27. ¿Qué cualidades permiten distinguir unos sonidos de otros?

Comentarios A.26 y A.27. Concluida la respuesta a cómo se transmite el sonido se da opción en A.26 a presentar nuevas líneas exploratorias de estudio como podrían ser la rapidez a la que se propaga, de qué depende esta velocidad, si es mucha o poca la energía que se transmite, etc., algunas de las cuales se abordarán a continuación. En A.27 se inicia la introducción al estudio de las cualidades del sonido como el tono, la intensidad y el timbre. (véase pág. 31, 32).

Aunque no podemos dedicarle tiempo al interesante tema de las cualidades del sonido, sí nos detendremos en estudiar alguna propiedad, como puede ser la de la velocidad con que se propaga el sonido.

3.3. ¿CON QUÉ VELOCIDAD SE PROPAGA EL SONIDO?

Como ya hemos visto la existencia de sonidos muy diferentes, unos son agudos, otros graves, unos son fuertes, otros débiles, etc., podemos cuestionarnos, en primer lugar, qué sucederá con la rapidez con que se propaga cada uno de ellos en un mismo medio como el aire.

A.28. ¿Qué sonidos se propagan más rápidamente en el aire: los agudos o los graves, los fuertes o los débiles?

A.29. ¿Cuándo se propagará mejor el sonido: a través del aire, en el agua o por tierra?

A.30. Fabricar un "teléfono de cuerda" con ayuda de dos vasitos de plástico unidos por un largo cordel y explicad en qué se basa su funcionamiento.

Comentarios A.28, A.29 y A.30. En el apartado 4.3 se comentan estas actividades que tienen por objeto: a) hacer ver que, de acuerdo con la hipótesis que concibe al sonido como un movimiento ondulatorio, se explica fácilmente que la velocidad de propagación de los distintos sonidos en un mismo medio siempre es la misma (A.28), y b) esta velocidad será, en general, mayor cuanto menos inertes (menos masa), más próximas y más fuertemente unidas estén las partículas del medio. Ello puede ser comprobado experimentalmente en líquidos con un fonoscopio casero (A.29) o bien a través de sólidos como el cordel del teléfono de cuerda en A.30.

Aclarado que la velocidad del sonido va a depender del medio, podemos pasar a determinarla en el caso más habitual y sencillo como es el de su propagación en el aire.

A.31. Pensad en algún experimento que se pueda llevar a cabo con el objeto de determinar la velocidad del sonido en el aire.

A.32. Calcular la distancia a que se encuentra una tormenta si oímos el trueno 2.5 segundos después de ver el relámpago correspondiente.

Comentarios A.31 y A.32. En A.31 pueden idear algún procedimiento similar al expuesto en la pág. 35 de la unidad y que pueda conectarse con las experiencias de los estudiantes adquiridas en sus observaciones de, p.e., castillos de fuegos artificiales donde primero ven el fogonazo del cohete y, después, el ruido. Una vez conocida esta velocidad en A.32 se aplica este valor de la velocidad del sonido a fenómenos del contexto ordinario.

3.4. ¿ES MUCHA O Poca LA ENERGÍA QUE TRANSMITE EL SONIDO?

A continuación pasaremos a plantear si esta propagación del sonido supone una transmisión energética elevada o no.

A.33. Programad y diseñad alguna experiencia sencilla que permita contrastar que el

sonido, como onda que es, transmite energía y, al mismo tiempo, evidenciar si esta energía es mucha o poca.

A.34. Se ha comprobado que el sonido es un movimiento ondulatorio que transmite poquísima energía. Entonces, ¿cómo es que tiene tanta importancia?

Comentario A.33 y A.34. Primero se plantean en A.33 experimentos fáciles de realizar como p.e. observar la vibración de objetos muy ligeros como papelitos, plumas, etc. situados encima del altavoz de una radio como se indica en la pág. 36 de la unidad y de donde se extraerá como conclusión que esta transmisión de energía es muy pobre. En A.34 se vuelve de nuevo a expresar la importancia del sonido más como mecanismo de transmisión de información y relación y como prototipo de proceso de "alta eficiencia" (pág. 37).

Ahora bien, que el sonido sea un fenómeno asociado a intercambios muy pequeños de energía no por ello significa que no tenga efectos muy perjudiciales como el de la contaminación acústica que estudiaremos a continuación.

3.5. LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA: UN PROBLEMA SOCIAL IMPORTANTE.

Una primera cuestión en este estudio puede ser averiguar cuándo decimos que en un ambiente determinado hay contaminación sonora.

A.35. Buscad en algún libro una escala de niveles de intensidad o de sensación sonora (medida en decibelios, dB) que vaya desde el valor mínimo percibido por el oído humano hasta el umbral máximo e indicad cuando, más o menos, se puede decir que hay contaminación acústica.

A.36. ¿Cuáles son, en vuestra opinión, las posibles fuentes y causas de esta contaminación acústica?

A.37. ¿Qué efectos de todo tipo puede producir la contaminación sonora en las personas?

A.38. Organizad una mesa redonda que tenga por objeto el debate sobre lo que se puede hacer para combatir esta clase de contaminación.

A.39. A título de síntesis de este apartado 4 dedicado al estudio del sonido, conviene que redactéis las principales ideas estudiadas aquí sobre el sonido y, en particular, las que hagan referencia a cómo se transmite la energía en estas ondas mecánicas.

Comentarios A.35, A.36, A.37, A.38 y A.39.- La A.35 demanda de los estudiantes

la búsqueda de información en alguna monografía o libro de Física y casi seguro que planteará nuevas preguntas relativas al significado de la magnitud "sensación sonora" que deberá clarificar someramente el profesor relacionándola cualitativamente con la intensidad acústica pero sin identificarla con ella (véase pág. 38 y 39). A continuación, en la A.36 los estudiantes darán muy variadas respuestas que irán en el sentido explicitado en la página 39 y 40 de la unidad y donde se hace responsable, principalmente, a los vehículos de transporte. La A.37 posibilita el debate sobre los efectos físicos, fisiológicos y psicológicos que puede acarrear en las personas esta contaminación. Una versión distinta de esta última actividad consiste en la preparación y desarrollo de una breve encuesta que, después, puede realizarse a una muestra de vecinos de una vía urbana que sufre elevada contaminación por el tráfico. Finalmente en A.38 se trata de sensibilizar a los estudiantes organizando un debate sobre este tema en el aula y en el que se puede invitar a dirigentes del municipio, a otros de alguna asociación de vecinos implicada en esta lucha, o a urbanistas, etc. o bien estos papeles pueden ser representados por los mismos estudiantes. Finalmente para la recapitulación que se solicita en A.39 se puede ver la página 43.

4. ESTUDIO DE LA LUZ COMO EJEMPLO DE RADIACIÓN.

Recordemos que se ha estudiado el sonido como ejemplo de onda mecánica en el que el mecanismo de transmisión de energía no era evidente y que ahora corresponde estudiar la luz visible como prototipo de propagación de la energía en las radiaciones. Lo primero que habrá que ver es si, realmente, se puede decir con propiedad que la luz posee energía.

A.40. *Mencionad experiencias o situaciones donde se ponga en evidencia que la luz posee energía, es decir, que puede transformar la materia.*

Comentarios A.40. Como se indica en la página 44 de la unidad hay muchos indicios a los que, seguramente, los estudiantes que conducen a admitir que la luz tiene carácter energético, tanto si se miran aquellos cambios que sufren los objetos que reciben luz (cambio de color, etc.) como aquellos otros que originan luz y, al mismo tiempo, se caracterizan por producir cantidades ingentes de energía (p.e. los que ocurren en el Sol).

Una vez mostrado que la luz tiene energía para producir cambios materiales podemos preguntarnos qué aspectos de la luz podríamos estudiar.

A.41. *¿Qué cuestiones consideraréis que sería interesante tratar en un estudio sobre la luz?*

Comentarios A.41. Posiblemente sugieran que interesaría saber qué es la luz, pregunta que no se estudia enseguida en el programa de actividades, pero que servirá de "fondo" como hilo conductor para el desarrollo del apartado 4. Otros se referirán de

forma más pragmática a cómo se produce luz y que puede ser reformulada como ¿de dónde sale luz? (pág. 44), por ser más general y, al mismo tiempo, porque interesa hacer intervenir de manera funcional las preconcepciones sobre el origen y el sentido de la dirección de los rayos luminosos. Algunos pueden recordar el esquema seguido en el sonido y pueden plantearse el estudio del comportamiento de la propia luz (cómo se propaga, a qué velocidad, etc.). De todas ellas se seleccionarán algunas con vistas a confirmar si la luz puede ser considerada una onda o un movimiento de partículas.

Pasemos, pues, a intentar resolver una primera cuestión relativa a saber de dónde sale luz.

A.42. *Proponed los más variados ejemplos de objetos que emitan luz, o dicho de otro modo, que emitan radiaciones luminosas.*

Comentarios A.42. En la página 45 de la unidad se explicitan algunas de las preconcepciones que pueden emerger cuando se pregunta en esta actividad de donde sale luz, tales como identificar la luz con el foco luminoso o considerar que el ojo humano es fuente de luz. Muy posiblemente no indiquen que cualquier objeto iluminado es también emisor de luz, es decir que refleja parte de la luz que recibe. En tal caso habrá que hacer una primera referencia a esta cuestión, si bien más adelante se dedicará un apartado (el 4.2 del programa de actividades) a profundizar en la reflexión.

A continuación, se abordará el estudio de algunas de las propiedades de la luz antes mencionadas que trataremos de interpretar con el modelo de lo que pensamos que está constituida la luz. La primera que estudiaremos será su propagación.

4.1. ¿CÓMO SE PROPAGA LA LUZ?

A.43. *Expresad las ideas, dudas y preguntas que se refieran a cómo se propaga la luz.*

Comentarios A.43. En las páginas 49, 50 del apartado 5.1 de la unidad se ha escrito una batería de ideas, dudas y cuestiones que se plantearán los estudiantes y que conviene tratar después, como las relativas a la dirección y velocidad de propagación, etc.

A.44. *Aportad pruebas, evidencias o hechos que muestren si la luz emitida por un foco luminoso, como p.e. la bombilla de una lámpara, se propaga o no en todas direcciones.*

A.45. *Diseñad y realizad alguna experiencia cualitativa para contrastar si la luz se propaga o no en línea recta.*

Comentarios A.44 y A.45. En A.44 los estudiantes apuntarán que la luz se propaga en todas direcciones como muestran muchas evidencias, así como que esta propaga-

ción es rectilínea (véase pág. 50 a 54). En cuanto a experiencias que pueden realizarse (A.45) en un laboratorio escolar tenemos, entre otras, la expuesta en la figura 7 de la unidad (pág. 52). Ahora bien, la plena comprensión de la propagación rectilínea de la luz no se alcanza simplemente con una experiencia como la indicada antes y conviene proponer nuevas experiencias.

A.46. Siguiendo las indicaciones de vuestro/a profesor/a, construid una cámara oscura y, antes de mirar por ella, predecir como se verá la imagen, p.e., de una persona con los brazos levantados.

Comentarios A.46. Esta actividad plantea la elaboración de un producto, la cámara oscura, donde las imágenes obtenidas pueden ser explicadas en base a la propagación rectilínea de la luz (ver pág.54). A su vez, este conocimiento de la marcha de los rayos luminosos será necesario después para entender el funcionamiento del ojo o el de la cámara fotográfica.

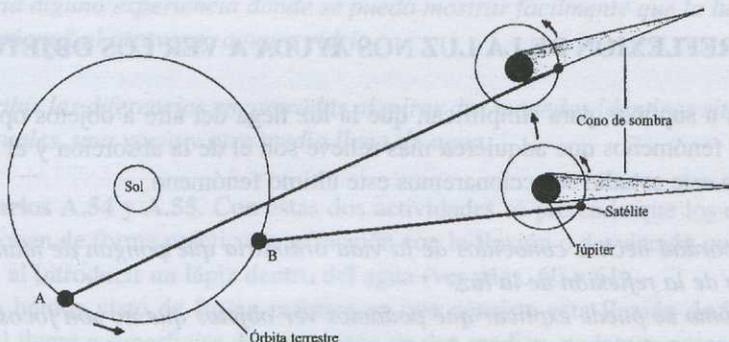
Otra cuestión importante en esta propagación de la luz que ha surgido es la de su rapidez, si es infinita o no y, en este último caso, cómo se podría medir. A tal efecto, se presenta, a continuación, uno de los primeros intentos que se hicieron para medir la velocidad de la luz en el siglo XVII.

A.47. A partir del siguiente texto, explicad cómo se determinó la velocidad de la luz en estas mediciones astronómicas que hizo Röemer.

A.48. Conocido el valor de la velocidad de la luz en el vacío, calculad: a) ¿cuánto tiempo nos tarda la luz en llegar del Sol?; b) ¿cuántas vueltas a la Tierra podría dar la luz

Método astronómico para medir la velocidad de la luz

El astrónomo Olaf Röemer descubrió en 1676 que la periodicidad con que se producían los eclipses de Júpiter no era exacta sino que habían ciertas discrepancias según la posición de la Tierra. Lo cual se podía explicar si se consideraba que la luz se propaga con velocidad finita (fig. adjunta).



En la figura anterior se puede ver cómo el rayo de luz reflejado por el satélite tarda más en llegar a la Tierra cuando ésta se encuentra en la posición A que en la B. Esto podría explicar que el eclipse del satélite no se produjera en el instante calculado a partir de los datos obtenidos sobre su período unos meses antes, ya que en dichos cálculos no se había tenido en cuenta que el tiempo empleado por la luz en recorrer la distancia Tierra-satélite variaba con la posición de la Tierra.

Si consideramos que el retraso máximo se debe a que la luz procedente del satélite tiene que recorrer el diámetro de la órbita terrestre se puede determinar la velocidad de la luz.

en un segundo?

Datos: aproximadamente la distancia del Sol a la Tierra es de 150 millones de kilómetros y un meridiano terrestre mide 40000 km.

Comentarios A.47 y A.48. Estas actividades tienen por objeto ver procedimentalmente cómo se pudo llegar a calcular la velocidad de la luz (A.47) y, posteriormente, apropiarse de este elevado valor con aplicaciones más próximas a los estudiantes (ver pág. 55 y 56).

Una vez estudiada la rapidez a la que se propaga la luz, podemos pasar a conocer nuevas propiedades de la luz que se observan cuando estas radiaciones llegan a un objeto.

A.49. *¿Qué fenómenos pueden ocurrir cuando la luz llega a la superficie de separación de dos medios como, p.e., cuando pasa del aire al vidrio o al agua?*

Comentarios A.49. A partir de esta actividad puede surgir una variedad de problemas a investigar, pues, como se indica en la página 56 y 57 de esta unidad los estudiantes pueden fijarse en la reflexión, en la absorción o en la desviación que sufre al atravesar el segundo medio (refracción). Pasaremos a tratar únicamente la reflexión y la refracción para que la extensión de este programa de actividades no sea excesivamente larga.

4.2. LA REFLEXIÓN DE LA LUZ NOS AYUDA A VER LOS OBJETOS.

Vamos a suponer, para simplificar, que la luz llega del aire a objetos opacos y, por tanto, los fenómenos que adquieren más relieve son el de la absorción y el de la reflexión. Para este estudio seleccionaremos este último fenómeno.

A.50. *Recordad hechos conocidos de la vida ordinaria que pongan de manifiesto este fenómeno de la reflexión de la luz.*

A.51. *¿Cómo se puede explicar que podamos ver objetos que no son focos luminosos como, p.e., un cómic o un juguete?*

A.52. Describid cómo son las imágenes formadas cuando nos miramos en un espejo plano y en otro curvo (p.e. en una cuchara).

A.53. Diseñad y construid con ayuda de espejos planos un aparato que nos permita ver por encima de un muro o desde el interior de un submarino.

Comentarios al apartado 4.2. Comienza este apartado con una actividad, A.50, de aproximación fenomenológica de los estudiantes a esta temática. Muy posiblemente relaten reflexiones ligadas a espejos (reflexión dirigida) y omitan aquellos hechos o evidencias relativos a la reflexión difusa que se mencionaron en el comienzo de este apartado 4. De ahí que se haya puesto la A.51 con el fin de resaltar la importancia de esta difusión gracias a la cual podemos ver los objetos iluminados. En la A.52 tendrán que explorar cómo son las imágenes producidas en espejos planos y curvilíneos donde solamente se pretende que el alumnado compare el tamaño de las imágenes (igual, mayor o menor) en relación con el objeto y vea que están situadas en el espacio inexistente de detrás del espejo (por lo que le llamamos espacio "virtual"). Más adelante, en otros niveles, podrán explicar estas imágenes con ayuda de la ley de la reflexión que aquí (a pesar de su sencillez) no se ha introducido por no extender demasiado la unidad. En A.53 se favorece el conocimiento tecnológico de los estudiantes al tener que construir y utilizar un periscopio con fines prácticos (ver pág. 58).

Pasaremos, a continuación, a estudiar otro fenómeno óptico muy conocido por sus aplicaciones prácticas: la desviación (refracción) que sufre la luz al pasar, p.e., del aire al vidrio.

4.3. LA REFRACCIÓN DE LA LUZ Y SUS APLICACIONES PRÁCTICAS.

Recordemos que cuando se preguntó en A.49 qué le ocurría a la luz al pasar por una superficie de separación de dos medios, como p.e. al pasar del aire al agua, se indicó que los rayos luminosos se desviaban. Convendrá, pues, que nos detengamos en este fenómeno denominado "refracción de la luz".

A.54. Sugerid alguna experiencia donde se pueda mostrar fácilmente que la luz se desvía o se "flexiona" al atravesar agua o vidrio.

A.55. Describir las diferencias encontradas al mirar dos monedas idénticas situadas en dos tazas iguales, una vacía y otra medio llena de agua.

Comentarios A.54 y A.55. Con estas dos actividades se pretende que los estudiantes relacionen de forma práctica la refracción con la flexión o desviación que se produce p.e. al introducir un lápiz dentro del agua (ver págs. 60 y 61).

Como ya hemos visto de forma práctica en que consiste esta flexión de los rayos luminosos al llegar a superficies de separación de dos medios, podemos pasar revista a

alguna de las numerosas aplicaciones que tiene este fenómeno de la refracción.

A.56. *¿Qué objetos o aparatos ópticos conoces que se basen precisamente en esta propiedad que tiene la luz de desviarse al atravesar vidrios?*

A.57. *Con un alambre fino haz un aro de unos 0.5 cm de diámetro en uno de sus extremos y con él fabricad una pequeña "lupa de agua" introduciéndolo en un vaso de agua y sacándolo después. Utilizad esta "lupa" para ver las letras del libro y comentad cómo son las imágenes encontradas.*

A.58. *Describid las imágenes que se forman al mirar con una lupa ordinaria y registrad cómo varían al cambiar las posiciones del objeto observado y de la lente.*

A.59. *Siguiendo las indicaciones del profesor construid un anteojo astronómico elemental.*

Comentarios A.56, A.57, A.58 y A.59. La A.56 se trata de una actividad abierta donde se pueden mencionar todo tipo de instrumentos ópticos que emplean lentes de diferentes tipos y condiciones, tales como lupas, gafas, prismáticos, telescopios, microscopios, etc. (vease pág. 62 y 63). Después, en A.57 se construye una "lupa de agua" que permite introducir funcionalmente las lentes convergentes y divergentes según la cantidad de agua que tenga el aro de la "lupa" y con ellas se puede practicar la formación de imágenes que señala la A.58 (vease pág. 64). También se pueden fabricar anteojos de Galileo tal como se pide en A.59 y se menciona en la página 65.

Como actividades opcionales que se pueden incluir en este punto del programa de actividades están las relativas al funcionamiento del ojo, la corrección de los defectos visuales a base de lentes convergentes o divergentes, el funcionamiento y manejo de una cámara fotográfica, etc.

Estudiadas algunas de las aplicaciones de las lentes conviene aprovechar el estudio de la refracción para plantear, ahora, alguna de las preguntas que se hicieron al principio de este apartado referente a analizar si la luz solar blanca es una luz simple o compuesta.

A.60. *Recordad situaciones cotidianas donde se muestre cómo a partir de luz blanca solar se obtienen luces de distintos colores y dad alguna explicación verosímil de estos hechos.*

A.61. *Planificar una experiencia que permita sintetizar luz blanca solar a partir de luces monocromáticas.*

Comentarios A.60 y A.61. En cuanto a los hechos y experimentos sobre la dispersión de la luz al refractarse en prismas ópticos pueden verse las páginas 66 y 67 de

la unidad didáctica. A partir de aquí se puede dejar abierto como problema a investigar en otro curso el del *color de los objetos*.

Para acabar esta apartado dedicado a la refracción de la luz queda por explicar por qué se produce este fenómeno.

A.62. *¿Cuál puede ser la causa de que se produzca la desviación de los rayos (refracción) cuando la luz pasa p.e. del aire al vidrio o al revés?*

Comentario A.62. Esta es una actividad difícil que requerirá una mayor intervención del profesor para mostrar que la causa de la refracción es el cambio de velocidad de la luz al pasar de un medio a otro. Se recomienda el uso de alguna analogía para hacer ver esta relación como la que se indica en la página 67. Al propio tiempo, el/la profesor/a puede relatar que la predicción de los modelos corpuscular y ondulatorio para la velocidad de la luz en el agua eran diferentes y cuando fue posible medirlas en el siglo XIX los resultados apoyaron la hipótesis ondulatoria para la naturaleza de la luz (véase las pág. 67 y 68).

4.4. INTRODUCCIÓN AL ESPECTRO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.

El estudio hasta aquí realizado nos ha permitido saber algo más de la naturaleza de la luz y como, desde fines del siglo pasado, todo parecía apoyar la idea de que estas radiaciones luminosas que llamamos luz visible tiene un carácter ondulatorio muy especial que convendrá aclarar un poco más.

A.63. *Breve exposición del profesor sobre el concepto de luz como propagación de ondas electromagnéticas.*

A.64. *Buscad ejemplos de aplicaciones tecnológicas donde se muestre el desarrollo logrado gracias al conocimiento del espectro de estas radiaciones electromagnéticas. Al propio tiempo, señalad alguno de los problemas actuales que entraña la recepción de radiaciones muy energéticas.*

Comentarios A.63 y A.64. En el apartado 5.4 de la unidad (ver pág. 69 y 70) se encuentra un resumen de las ideas que se pueden apuntar por el profesor con el fin de divulgar la naturaleza ondulatoria de la luz visible y su inclusión en un gran conjunto de radiaciones del mismo tipo ampliamente difundidas en los medios de comunicación social. Al mismo tiempo, se debe dejar inconcluso el problema de la naturaleza de la luz, presentando también su carácter corpuscular que permite explicar otro conjunto de problemas que aquí no se tratan. Finalmente en A.64 se pretende sensibilizar a los estudiantes hacia una presentación contextualizada de la ciencia en la sociedad en la que vivimos, haciendo ver cómo ha contribuido al progreso de la humanidad pero también haciendo un llamamiento a la responsabilidad de los científicos y de todos los ciudadanos en la solución de los problemas que estamos crean-

do.

Acabamos aquí esta unidad que ha estado destinada a ver, en principio, dos nuevas formas de transmisión de la energía: las ondas mecánicas y las radiaciones (ondas electromagnéticas). Se abre ahora todo un campo nuevo de trabajo donde el problema fundamental será *cómo utilizamos la energía* que nos puede llegar por alguno de los mecanismos de transmisión descritos en esta unidad. A ello dedicaremos la próxima.

6. SÍNTESIS Y RECAPITULACIÓN

Se ofrecen a continuación algunas actividades que pueden ayudarnos a completar conocimientos adquiridos, tanto en esta como en las unidades anteriores y otras que pueden servir para recapitular aquellos otros aspectos que pueden tener dificultades de comprensión.

A.65. *En primer lugar, completar el cuadro de formas de la energía (expuesto en la unidad 1.2) incluyendo las radiaciones electromagnéticas que hemos estudiado en esta unidad.*

A.66. *Elaborar un resumen amplio sobre las formas de transmisión de la energía y, en particular, del sonido y de la luz como ejemplos de onda mecánica y radiación, respectivamente.*

A.67. *Indicar, de acuerdo con el hilo conductor establecido para el bloque, qué problema se va a tratar de estudiar en la unidad didáctica siguiente.*

IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS EN ESTA UNIDAD

NOTA: Recordemos que el objetivo de esta recapitulación es impulsar a una lectura detenida de los aspectos didácticos tratados en la unidad y contribuir así a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

No se trata, claro está, de realizar una búsqueda exhaustiva de todos los aspectos didácticos tratados (puesto que la mayoría de ellos aparecieron explícita o implícitamente en casi todas las unidades didácticas) sino de recoger aquellos que en opinión del lector o lectora aparezcan más destacados o hayan atraído más su atención. Tampoco creemos conveniente intentar una presentación ordenada, con criterios definidos, etc., sino tan solo de señalar, repetimos, los aspectos didácticos más destacados en la unidad.

Con objeto de proporcionar una cierta retroalimentación a cada profesor/a, se incluye en este apartado la recapitulación realizada por el propio equipo de profesores que ha preparado la unidad, pero se insiste en la conveniencia de que cada profesor realice esta tarea de recapitulación, indicando las páginas en las que cada aspecto ha sido tratado.

* Una vez más, se ha insistido en la importancia que tiene facilitar a los estudiantes **la adquisición de una concepción preliminar de la tarea.** Y no sólo al comenzar la unidad didáctica, sino también cuando se inician los grandes apartados destinados al estudio del sonido y de la luz.

En este sentido, se ha considerado conveniente implicar a los estudiantes en el establecimiento de los objetivos de estudio mediante la introducción de actividades que les permitan explicitar las preguntas o problemas que puedan ser de su interés. Estas preguntas, oportunamente reformuladas y secuenciadas por el profesor, orientarán el desarrollo del currículo. P.e., en el caso del sonido y en el de la luz pueden verse las páginas ... y ..., respectivamente.

* Dentro del tema de **las concepciones espontáneas del profesor sobre el aprendizaje de las Ciencias**, se ha llamado la atención sobre aquellas ideas de sentido común en las que predomina la creencia de que el aprendizaje de las Ciencias es un proceso sencillo y rápido. En particular se han comentado críticamente las actuaciones que condicionadas por la prisa en desarrollar la programación, dan por sentado que bastan algunos experimentos sencillos para lograr que los estudiantes comprendan. Sin embargo, cuando se plantean situaciones un poco más complejas puede advertirse que el aprendizaje ha sido superficial. Un ejemplo sobre este aspecto didáctico puede encontrarse en el estudio de la propagación rectilínea de la luz (páginas).

* De nuevo se han resaltado algunas **visiones simplistas de la Ciencia**, tales como pensar incorrectamente que el único criterio de validación de una teoría científica es el de su confrontación con la experiencia. Visión que puede llegar a defender la existencia de "experimentos cruciales" capaces por sí solos de derrumbar teorías. En la unidad se ha hecho mención explícita de estas visiones deformadas que suponen, p.e., que la teoría corpuscular de la luz fue sustituida por la ondulatoria gracias al descubrimiento de la difracción (ver páginas.....). De hecho, el cambio de una teoría científica por otra es un proceso mucho más complejo y no se puede reducir causalmente a un único criterio de validación.

* Se han presentado frecuentes **reflexiones epistemológicas** a lo largo de la unidad didáctica, como, por ejemplo, las siguientes:

- a) la necesidad de partir en el estudio de las ondas mecánicas de situaciones sencillas para ir, poco a poco, considerando más adelante aquellas otras más complejas (ver pág.);
- b) la insistencia en el carácter hipotético, tentativo, de los conceptos científicos que han ido construyéndose progresivamente; así se ha procurado presentar en los casos de la naturaleza ondulatoria del sonido (ver pág.) y la de la luz (ver págs.);
- c) la necesidad de una presentación "equilibrada" de la Ciencia donde junto al progreso y desarrollo tecnológico logrado gracias al conocimiento de las ondas electromagnéticas (particularmente, en las comunicaciones), se han destacado también alguno de los problemas ambientales generados por la actividad científica-tecnológica (disminución de la capa de ozono,...) (ver pág.);
- d) la importancia de los procesos de unificación en el avance de las construcciones científicas (como sucedió en el caso de la naturaleza de la luz) que se opone a una visión exclusivamente analítica de la actividad científica (ver pág.).

* Se ha dirigido también **la atención hacia las preconcepciones** que podemos encontrar en los estudiantes sobre distintos aspectos de la temática tratada y que habremos de tener muy presente en el desarrollo de las actividades que les propongamos. En particular las referidas a: -la suposición de que en las ondas hay desplazamiento de materia (ver pág.); -la reducción del sonido a la simple vibración del foco sonoro (ver pág.); -las preconcepciones en el caso de la luz como, p.e., identificar la luz con la fuente de luz o que los rayos luminosos salen de los ojos (ver págs.).

No obstante, a la hora de plantear estrategias de cambio conceptual **se ha primado más la motivación que el conflicto cognitivo**; es decir, se ha preferido en el estudio del sonido impulsar la resolución de cuestiones que sean de interés para los estudiantes en vez de sacar directamente a la luz sus ideas, puesto que en el tratamiento de aquellas cuestiones utilizarán de manera funcional sus concepciones previas, constatarán sus limitaciones y las sustituirán por nuevas hipótesis (vease pág.).

* Dentro de la necesaria selección de criterios sobre el currículum que debe considerar el profesor, se destacan los siguientes:

- a) Se ha optado por seleccionar los contenidos (atendiendo a la capacidad cognitiva de los escolares de estas edades) **renunciando explícitamente a un tratamiento enciclopédico del currículum** incompatible con el aprendizaje significativo (ver pág.).
- b) Nos hemos decantado claramente por **la introducción de componentes tecnológicas y de aplicación práctica** como puede verse en el estudio de la luz, tanto en el caso de la reflexión como en el de la refracción (ver pág.).
- c) Esta toma en consideración de la componente tecnológica en el currículum, se ha reforzado al hacer ver la importancia que tiene **la elaboración de productos** por parte de los estudiantes. En efecto, en la unidad didáctica aparecen bastantes actividades destinadas a, p.e., construir juguetes musicales (ver páginas), fabricar instrumentos ópticos elementales (ver páginas), etc.

* Se han resaltado ampliamente **las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad** desde el mismo comienzo de la unidad didáctica. Buena prueba de ello son los siguientes aspectos didácticos incorporados:

- a) La motivación hacia el estudio del sonido haciendo ver su relevancia como mecanismo de transmisión de información (ver pág.).
- b) Frecuentemente se han presentado preguntas sobre el interés de los estudios a realizar cuando se introducía cualquier nuevo conocimiento (ver págs.).

- c) También se han incluido referencias históricas a debates y confrontaciones que han acompañado a la evolución en la formación de conceptos científicos como, p.e., en el caso de la naturaleza de la luz (ver pág.).
- d) Se ha favorecido la introducción de ejemplos y situaciones familiares a los estudiantes a lo largo de la unidad didáctica (ver págs.).
- e) Se ha introducido en el currículo el tratamiento de problemas sociales como es el caso de la contaminación acústica, de bastante actualidad en la mejora de la calidad de vida en la ciudades (ver págs.). En particular, se ha pretendido sensibilizar a los estudiantes hacia estos problemas sobre los que deberán decidir más adelante como futuros ciudadanos y ciudadanas.

* De manera incidental -pero no por ello menos importante- se ha aprovechado el estudio del sonido para iniciar en valores, tales como **el respeto a la diversidad multicultural**, impulsando activamente a mantener la tradición de las culturas musicales autóctonas. En este sentido se han aportado ideas sobre acciones que pueden llevarse a cabo en los Centros educativos (ver pág.).

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

En cada unidad se abordan distintos contenidos científicos y de didáctica de las ciencias para los que existe una amplia bibliografía. Nos limitaremos, por ello, a recomendar; para cada uno de los aspectos tratados, algún texto en los que el lector o lectora pueda encontrar una visión de conjunto y abundantes referencias bibliográficas para posibles puntualizaciones.

***Preconcepciones sobre las ondas, el sonido y la luz.**

El tema de las concepciones alternativas tiene hoy una bibliografía extensísima debido a la gran cantidad de artículos, tesis doctorales, etc. que se han realizado en este dominio de la investigación en didáctica de las ciencias. Podemos encontrar, incluso, libros editados que han recopilado estos estudios como, por ejemplo, el de Driver R., Guesne E. y Tiberghien A. traducido al castellano en 1989 con el título *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (Ed. Morata: Madrid) o el de Hierrezuelo J. y Montero A. (1989) *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la Física y Química* (Ed. Laia-M.E.C.: Barcelona). En estos trabajos las preconcepciones sobre la luz figuran entre las más estudiadas.

***Proyectos para la enseñanza de las ondas, el sonido y la luz.**

Como ya se ha citado en anteriores unidades didácticas hay numerosos materiales escolares españoles que están concebidos como *programas de actividades* y que pueden ser utilizados parcialmente o adaptados por el profesor como recursos didácticos que favorezcan la construcción de conocimientos. Entre ellos citamos *La construcción de las Ciencias Físico-químicas. Programas-guía de trabajo y comentarios para el profesor* de Calatayud M.L. et al (NAU Llibres: Valencia, 1990) y *Ciencias de la Naturaleza para la Educación Secundaria Obligatoria* de Bullejos J. et al (Ed. Elzevir: Vélez-Málaga, 1992) que consta de varios volúmenes.

Para niveles de educación secundaria más elevados hay proyectos para la enseñanza de las ondas, el sonido y la luz como, por ejemplo, el publicado en Argentina por el C.O.N.I.C.E.T. (1985) en forma modular. En este proyecto el módulo 4 titulado *Interpretar la transmisión de energía a través del concepto de onda* contiene varias par-

tes donde se pueden ampliar conocimientos sobre la temática tratada en esta unidad, como el fascículo EM4/M1 dedicado a *Fenómenos ondulatorios*, el EM4/M2 titulado *Ondas Mecánicas* y el EM4/M3 sobre la *Naturaleza de la luz*.

***Presentación de experiencias prácticas de bajo coste.**

El *Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias* (Ed. Sudamericana: Buenos Aires, 1973) reúne una buena cantidad de experiencias prácticas en estas temáticas (en particular, sobre la luz) que están diseñados con materiales caseros baratos. También existen en el mercado libros juveniles de bolsillo que presentan experiencias divertidas para estudiantes de estas edades como, por ejemplo, el de J.P. van Cleave traducido en 1987 al castellano con el título de *Juegos de Física* (Ed. Labor: Barcelona) o *El taller de los experimentos* de la misma editorial.

***Libros universitarios para profundizar en el estudio de las ondas, el sonido y la luz.**

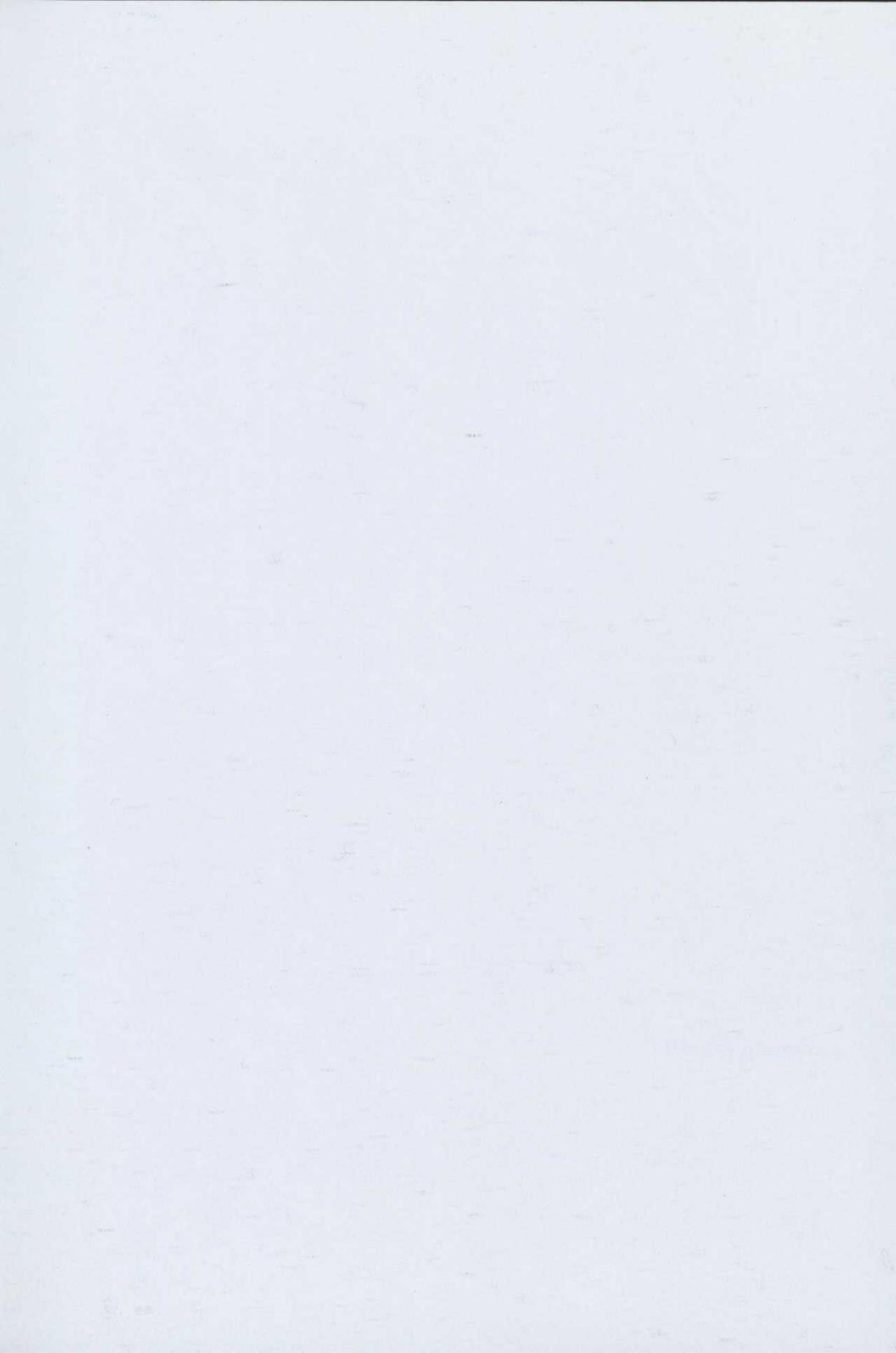
Las nuevas ediciones de libros universitarios como la de Tipler P.A. (1992), *Física* (Ed. Reverté: Barcelona) o la de Gettys W.E. (1992), *Física clásica y moderna* (Ed. McGraw-Hill: Madrid) entre muchos otros, incluyen capítulos de interés.

Para la presentación histórica del problema de la naturaleza de la luz se recomienda la lectura del capítulo correspondiente en el texto clásico de Holton G. y Roller D., 1963, *Introducción a la Física Moderna* (Ed. Reverté: Barcelona).

***Para saber más sobre contaminación sonora.**

La contaminación acústica es tema habitual en secciones editoriales de periódicos preocupadas por el tema de la ecología urbana. También pueden encontrarse en la literatura monografías dedicadas al tema e, incluso, editadas en forma de libros de bolsillo como, por ejemplo, *La contaminación acústica* de García A. (Servicio de Publicaciones de la Universitat de València: Valencia, 1988).







Ministerio de Educación y Ciencia de España

en coproducción con

Ministerio de Educación y Cultura (Argentina)

Ministerio de Educación (Cuba)

Ministerio de Educación / U.P.E.L. / U.C.V. / (Venezuela)

Universidad Nacional de Educación a Distancia (España)

Universidad Autónoma de Barcelona (España)

Televisión Educativa Iberoamericana



II

Los sistemas
ecológicos:
Una visión
integradora

CURSO DE
FORMACIÓN DE
PROFESORES DE
CIENCIAS

4.

Ecología y sociedad:
Integración para
una gestión sustentable

44118-3

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD II.4

**CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS**

Equipo de redacción:

Jesús Aranguren

Francisco Briceño

Carmen Ponte de Chacín

Dirección y coordinación general:

Antonio Gutiérrez Martín

María Esperanza Galarraga González

Gabinete de la S.E.E. MEC

Dirección científica y didáctica:

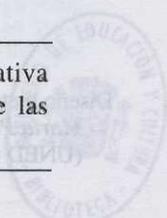
Daniel Gil Pérez (Universitat de València)

Dirección de la producción audiovisual:

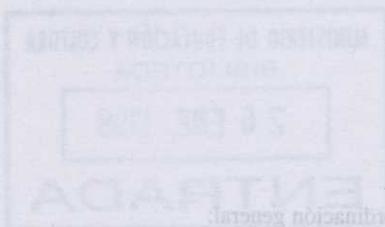
Enric Pérez i Obiol (UAB)

Este curso de enseñanza a distancia para la Televisión Educativa Iberoamericana se compone de 29 unidades didácticas, cada una de las cuales consta de material impreso y de un programa audiovisual.

R. 13645



CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS



Dirección y coordinación general:
Antonio Gutiérrez Martín
María Esperanza Galarraga González
Gabinete de la S.E.E. MEC

Dirección científica y didáctica:
Daniel Gil Pérez (Universidad de Valencia)

Equipo coordinador del proyecto en Venezuela:

Dulcia Govea de Carpio (Asociación Televisión Educativa Venezolana)
Greta Müller de González (Universidad Pedagógica Experimental Libertador)
Elena Dorrego (Universidad Central de Venezuela)
Leida Ferrer (Asociación de Televisión Educativa Venezolana)

Diseño metodológico para la educación a distancia:

María Pilar González, Soledad Esteban Santos, Carlos Romera Carrión
(UNED - España)

**CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS**

Agardecemos también la inestimable labor de asesoría de las siguientes personas del Ministerio de Educación y Ciencia de España: Pilar Bacas, M. Jesús Martín y Cristina Sanz (Centro de Desarrollo Curricular); M. Luz Fernández, M. Dolores Leizaola, Pilar Montero, M. Jesús Peña, Josefa Pérez de Colona y M. Luz Rivera (CIDEAD-Subdirección Gen. de Formación Permanente); Rafael Fontán y Aurelio Santesteban (Subdirección Gen. de Formación del Profesorado); Pablo Sanz (Programa de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación) y M. Dolores López-Aranguren (Subdirección Gen. de Cooperación Internacional). Por último, agradeceremos la fructífera colaboración que, a través de M. José García Espido y Salvador Muñoz de Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando para la formación de tutores y abstracción de las redes nacionales para la educación a distancia en los países usuarios del curso.

I. ECOLOGÍA Y SOCIEDAD: INTEGRACIÓN PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE **UNIDAD II.4** 9

1. Introducción: La sustentabilidad de la vida 9

2. ¿Cuáles son los problemas de contaminación de la atmósfera? 16

2.1. ¿Qué es el efecto invernadero? 16

2.2. El plomo 24

2.3. La lluvia ácida 27

2.4. ¿Y qué hacen los CFC? 32

3. Deterioro y escasez de agua: Problema ambiental N° 1 35

4. ¿Qué aspectos inciden en la conservación de los bosques del Planeta? 45

4.1. Los Manglares 46

4.2. ¿Y qué pasa con 51

5. El desarrollo sostenible 58

Caso de Estudio de una 67

6. ¿Y qué hacen 71

6.1. Las fuentes 71

6.2. La revolución verde y la biotecnología 72

6.3. El uso de gases refrigerantes 73

..... 79

II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN 79

III. PROGRAMA 83

Revisión Científica y Didáctica del texto: 83

Daniel Gil Pérez 83

(Universitat de València - España) 83

IV. RECAPITULACIÓN DE CONCEPTOS 85

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA 85

R. 136438



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los colegas que nos han ayudado con sus críticas y sugerencias. En particular queremos destacar la lectura cuidadosa de los textos que han realizado Juan José Obando y Esteban Añez.

Agradecemos también la inestimable labor de asesoría de las siguientes personas del Ministerio de Educación y Ciencia de España: Pilar Bacas, M^a Jesús Martín y Cristina Sanz (Centro de Desarrollo Curricular); M^a Luz Fernández, M^a Dolores Leis, Pilar Montero, M^a Jesús Peña, Josefa Pérez de Coloría y M^a Luz Rivera (CIDEAD-Subdirección Gral. de Formación Permanente); Rafael Fontán y Aurelio Santiesteban (Subdirección Gral. de Formación del Profesorado). Pablo Sanz (Programa de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación) y M^a Dolores López-Aranguren (Subdirección Gral. de Cooperación Internacional). Por último, agradecemos la fructífera colaboración que, a través de M^a José García Sipido y Salvador Muñoz, de Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando para la formación de tutores y adecuación de las redes nacionales para la educación a distancia en los países usuarios del curso.

UNIDAD II.4

ECOLOGÍA Y SOCIEDAD: INTEGRACIÓN PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE

Equipo de redacción:
Jesús Aranguren
Francisco Briceño
Carmen Ponce de Chacín
(UPEL, Instituto Pedagógico de Caracas)

Gustavo Belizario
(Aspirante al Doctorado en Ecología,
Universidad Central de Venezuela)

Judith Riestra
(CENAMBO)

Equipo coordinador del proyecto en Venezuela:

Dulcia Govea de Carpio (Asociación Televisión Educativa Venezolana)

Revisión General: Daniel Gil (Universidad de Valencia - España)

Ministerio de Educación y Cultura (España)
Universidad Autónoma de Barcelona

ISBN: 84-369-2802-4 (Obra completa)

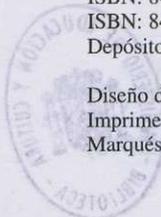
ISBN: 84-369-2869-5 (Unidad II.4)

Depósito legal: M-21675-1996

Diseño de cubierta: Dpto. Dibujo UNED

Imprime: Din Impresores

Marqués de San Gregorio, 5 - 28026 Madrid



1150.880

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
I. ECOLOGÍA Y SOCIEDAD: INTEGRACIÓN PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE	9
1. Introducción: La sustentabilidad de la vida	9
2. ¿Cuáles son los problemas de contaminación de la atmósfera?	16
2.1. ¿Qué efecto tienen los incrementos de dióxido y monóxido de carbono en la atmósfera?	16
2.2. El plomo en la atmósfera.....	24
2.3. ¿La lluvia es ácida?	27
2.4. ¿Y qué hacen los CFC?	32
3. Deterioro y escasez de agua: Problema ambiental N° 1	35
4. ¿Qué aspectos inciden en la deforestación de los bosques del Planeta?	45
4.1. Los Manglares	46
4.2. ¿Y qué pasa con el bosque tropical lluvioso?	51
5. El desarrollo industrial y sus efectos en el ambiente y la sociedad: Caso de Estudio de una población afectada.	58
6. ¿Y qué hacemos?	67
6.1. Las fuentes de energía	71
6.2. La revolución verde y la biotecnología	72
6.3. El uso de gases refrigerantes	73
II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	79
III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE	83
IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS	95
V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA	97

I. ECOLOGÍA Y SOCIEDAD: INTEGRACIÓN PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE

1. INTRODUCCIÓN: LA SUSTENTABILIDAD DE LA VIDA

- SOFÍA** Hola amigos, hemos llegado a la última unidad de nuestro bloque. Ahora podemos nuevamente integrar el conocimiento que poco a poco hemos venido estudiando por partes...
- ERNESTO** Parece que estás hablando de "desintegración" y no es lo más adecuado para lo que hemos hecho.
- SOFÍA** Lo que quiero decir es que para comprender el funcionamiento global de los sistemas ecológicos, tuvimos que estudiar por separado cada uno de sus subsistemas. Y ahora, con esta Unidad, tenemos la oportunidad de integrarlos, al estudiar los problemas ambientales con un enfoque sistémico.
- ERNESTO** Así como lo planteas ahora, tienes "cierta razón".
- CLAUDIA** Creo que debo intervenir para completar esta idea. Además de la necesidad que ahora se nos presenta de integración de los contenidos ecológicos con los sociales, tenemos que entender que sólo podremos hacerla sobre la base de los conceptos desarrollados en las unidades II.1, II.2 y II.3.
- SOFÍA** Estoy totalmente de acuerdo, se necesita una comprensión del funcionamiento de los sistemas ecológicos.
- ERNESTO** Otro aspecto que debemos tomar en cuenta es que no todo lo que el hombre hace es negativo para el ambiente, ya que desde la primera unidad hemos expresado que siempre ha habido sociedades que han respetado la armonía del ambiente.
- CLAUDIA** Para ejemplo basta la declaración del Indio de Seattle, ¿recuerdan?

- SOFIA** Pero hay que tener en cuenta que los grandes desarrollos industriales de este siglo no tomaron en cuenta el ambiente y como dijimos en la unidad II.1, "no se sabía ni se buscaba saber".
- CLAUDIA** Sofía, ten en cuenta que no sólo vamos a estudiar problemas ambientales. Eso sería dar la visión de que las acciones de protección y defensa del ambiente sólo se pueden realizar una vez que se ha cometido el daño.
- ERNESTO** Tienes razón. Ese enfoque es el que ha prevalecido por mucho tiempo y así sólo se estudia la "crisis". Sin embargo, tenemos que tomar en cuenta que antes de iniciar una obra, proyecto, construcción, etc., se debe realizar un Estudio de Impacto Ambiental. Eso sucede en muchos países que han promulgado leyes ambientalistas y entre ellos hay varios países de la región.
- CLAUDIA** Ya que tú lo has mencionado, ésta es una pregunta que conviene plantear a los estudiantes:

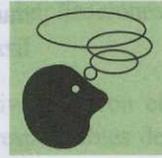
¿Qué es un estudio de impacto ambiental?



- SOFÍA** Estoy muy de acuerdo con ustedes. Tenemos la necesidad de estudiar tanto los problemas como los posibles impactos que puedan producirse al ejecutar una obra, para así minimizar los efectos. Eso es lo que han venido haciendo los llamados grupos ecológicos que tienen una visión amplia de la situación.
- ERNESTO** Y dentro de los problemas y los impactos, debemos tener en cuenta aquéllos que tienen repercusiones regionales o globales. Porque, si hemos entendido los conceptos de las Unidades anteriores, comprenderemos que todo está relacionado y lo que se hace en un lugar tendrá impactos en otro, es decir, alteramos el sistema.
- CLAUDIA** Ahora yo les quiero llamar la atención acerca del título de nuestra Unidad, empezando por "Ecología y Sociedad". ¿Cómo abordaremos este tema?
- SOFÍA** Este aspecto es complejo, pero es lo que realmente va a darle riqueza a esta Unidad. Muchos de los problemas ambientales son causados por las sociedades al explotar y hacer uso de los recursos naturales.
- ERNESTO** Tú lo has dicho muy bien, Sofía. Pero es necesario ampliar el contexto social en el que se degrada el ambiente. Los problemas ambientales son determinados por las realidades económicas presentes en cada país, en cada fase de desarrollo y por las características del ambiente natural y social.

CLAUDIA Eso conviene discutirlo detenidamente, Ernesto.

¿En qué forma las realidades sociales y económicas determinan los problemas de degradación del ambiente?



Creo que es importante ampliar este aspecto.

ERNESTO Bien, te daré algunos ejemplos. El patrón de consumo y de desperdicio de los recursos naturales que impera en los países industrializados es simplemente insostenible. El uso extensivo e intensivo de los recursos del ambiente, ha terminado con los bosques de las zonas templadas del hemisferio norte, ha contaminado los cursos de agua con productos químicos y el uso de sustancias químicas ha alterado el balance radiante de la atmósfera, sobrecalentándola.

SOFÍA Esta es una verdad para los países industrializados. Pero en nuestros países, llamados "en vías de desarrollo", encontramos que el modelo económico que favorece a una élite y deja en niveles de pobreza a la mayoría de la población, también causa estragos en el ambiente.

CLAUDIA

¿Quieres decir que la pobreza causa problemas ambientales?



SOFÍA No tal como lo planteas. El modelo económico que crea la pobreza es el que genera los problemas ambientales. Pobreza y degradación ambiental son efectos paralelos e interactuantes de un mismo proceso global de "crecimiento desequilibrado".

ERNESTO Muy bien lo has expresado, Sofía. La gran masa de los desfavorecidos por un modelo económico que no los toma en cuenta con la mayor prioridad, degrada los espacios urbanos, hace uso irracional de los recursos interviniendo bosques que son patrimonio de la humanidad, explotando, p.e: el oro del Amazonas en una forma altamente contaminante y de muchas otras maneras. Ellos tienen el sueño y el derecho también, de alcanzar una mejor calidad de vida para su familia.

CLAUDIA Ahora lo tengo un poco más claro. Este tema va a ser de gran interés para nuestros estudiantes, porque nos dará una mayor comprensión de los problemas sociales y ambientales.

SOFÍA Antes de continuar, quisiera mostrarles un cuadro de J. Celecía que resume muy bien lo que hemos conversado. Los problemas en los países industrializados son diferentes a los de nuestros países latinoamericanos.

CUADRO 1

PAÍSES DESARROLLADOS	PAÍSES EN DESARROLLO
Contaminación atmosférica fronteriza.	Desertificación.
Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.	Deforestación.
Toxificación de los suelos por uso excesivo de abonos y biocidas.	Degradación y erosión de la tierra.
Lluvias ácidas y su impacto en bosques y ecosistemas lacustres.	Pérdida de la diversidad biológica.
Eliminación de desechos.	Inundación y sequía.
Incendios forestales.	Crecimiento demográfico.
Urbanizaciones mal planificadas.	Desmesurado crecimiento urbano.

ERNESTO Es muy sintetizadora la Tabla. Creo que el único comentario que amerita es el hecho de que todos los problemas se presentan en todas partes, pero con diferentes grados de intensidad. Por lo tanto, las prioridades que se le asignan para su solución son diferentes.

CLAUDIA Tienes razón, Ernesto. Los problemas están presentes en todas partes. Y creo que es precisamente la preocupación por la búsqueda de soluciones lo que nos llevó a incluir, en la segunda parte del título de la Unidad, la expresión "Integración para una gestión sustentable".

ERNESTO O sostenible, como dicen nuestros amigos españoles.

CLAUDIA ¿Qué implica el concepto de sustentabilidad?

SOFÍA El concepto fue utilizado en 1987 en el Informe tan conocido como es "Nuestro futuro común", o en inglés "Our common future", y se interpretó como "el desarrollo capaz de conseguir la satisfacción de las necesidades

del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades". Y tiene, desde entonces, implicaciones éticas y morales.

ERNESTO Implica aceptar normas éticas relacionadas con la supervivencia, con el derecho de las generaciones futuras, con las instituciones responsables de asegurar que esos derechos sean tomados en cuenta, en políticas y acciones.

CLAUDIA Eso explica la conducta de grupos como el Green Peace, de no admitir las nuevas pruebas nucleares que realizó Francia en el Atolón de Mururoa, en el Pacífico.

ERNESTO Exactamente. Es una conducta ética que orienta todas las acciones de la persona.

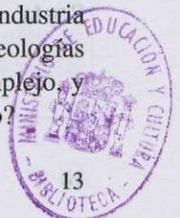
SOFÍA Pero aún hay más. El desarrollo sustentable implica comprender el crecimiento, no sólo como una actividad económica, sino también como un proceso de crecimiento cualitativo y cuantitativo; que el ambiente no es sólo el natural, sino también el sociopolítico y entender a las sociedades como una comunidad mundial interdependiente, que descansa sobre una biosfera común y en donde las políticas económicas tienen éxito cuando hay una distribución equitativa del bienestar.

CLAUDIA Bien, yo ahora comprendo mejor el título propuesto. Tenemos que integrar el ambiente natural con los aspectos sociopolíticos a fin de generar un desarrollo que permita la satisfacción de nuestras necesidades y a la vez que se mantengan los recursos del ambiente, para las generaciones futuras.

SOFÍA ¡Excelente aproximación, Claudia! Tenemos que discutir con nuestros estudiantes la idea de que los recursos del ambiente pueden ser administrados con *criterios compatibles de protección ambiental y de desarrollo económico*.

ERNESTO El ejemplo que utilizaste antes, Claudia, sobre las pruebas nucleares de Francia nos puede servir. ¿Qué sentido tiene hacer pruebas nucleares para desarrollar armamento de guerra? ¿Y acaso hoy en día, en que tendemos hacia una sociedad global, se justificaría una guerra y mucho menos con armas atómicas? Parece que los políticos no aprendieron las lecciones de Hiroshima y Nagasaki.

CLAUDIA Lo que sucede es que detrás del armamento nuclear hay toda una industria multimillonaria que mueve candidaturas políticas. También hay ideologías nacionalistas, temores y deseos de grandeza. Es un tema muy complejo y me imagino que esto lo trataremos en esta Unidad, ¿o me equivoco?



ERNESTO De ninguna forma. Habíamos acordado que iniciaremos esta Unidad con el análisis de algunos problemas ambientales que se encuentran en todos los países, como por ejemplo la deforestación, la dinámica del uso del agua, el envenenamiento de la biosfera por plomo, los problemas atmosféricos que son globales, como la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono, el efecto invernadero y los problemas derivados del procesamiento industrial del petróleo.

CLAUDIA Pero, Ernesto, recuerda que casi todos estos problemas se derivan del uso de la energía en las sociedades y eso nos llevará a construir conceptos sobre la base del Bloque de Energía, especialmente la Unidad 5.

SOFÍA Todos estos son problemas que compartimos numerosos países, aunque quizás no con la gravedad que tienen para otros, pero creo que lo más importante es que utilizaremos una metodología que podrá transferirse a otras situaciones, sin perder de vista una gestión del desarrollo compatible con la utilización y protección de los recursos, en una sociedad que maneje normas éticas respecto al ambiente.

CLAUDIA Ernesto, ¿quieres ampliar sobre el contenido de la Unidad?

ERNESTO Si me lo permites. No sólo estudiaremos los problemas, sino también las posibles vías para solucionarlos, y es allí donde tienen cabida los programas educativos como éste. Además, tendremos que analizar los acuerdos internacionales y la legislación de los países en relación con la protección del ambiente.

CLAUDIA Debemos pensar también en los problemas más cercanos a nosotros. No sólo aquellos que afectan al Planeta como globalidad, sino aquéllos inmediatos que requieren una pronta acción de nuestra parte. Sin querer decir por ello, que los globales no necesiten que actuemos ya, inmediatamente.

SOFÍA Eso era lo que estaba pensando, porque tendremos que pensar junto con nuestros estudiantes, en acciones individuales y colectivas que pongan en práctica esa ética y moral ambientalista; ya que todos contribuimos, aunque unos más que otros, a crear los problemas.

CLAUDIA Bueno, creo que esta introducción se nos ha hecho larga. Pero valió la pena. Así le dejamos a nuestros estudiantes "el sabor" de esta última Unidad. Que bien pudo ser la primera, por lo interesante y polémico de los aspectos a tratar.

SOFÍA Bien, bien, Claudia. No volvamos a la discusión de la secuencia. Más bien, ensayemos esta propuesta y luego podremos decidir por la introducción de cambios en el orden. Quizás allí obtendremos una gran diversidad que nos permita enriquecer lo que hemos dado en llamar la *Educación Ambiental*.

CLAUDIA Creo que debemos resumir lo que será nuestra unidad. Espero haber recogido todos nuestros acuerdos en él.

1. Introducción: La sustentabilidad del desarrollo.
2. ¿Cuáles son los problemas de contaminación de la atmósfera?
 - 2.1. ¿Qué efectos tienen los incrementos de dióxido y monóxido de carbono en la atmósfera?
 - 2.2. El Plomo en la atmósfera.
 - 2.3. ¿La lluvia es ácida?
 - 2.4. ¿Y qué hacen los CFC?
3. Deterioro y escasez de agua: Problema ambiental N° 1.
4. ¿Qué aspectos inciden en la deforestación de los bosques del planeta?
 - 4.1. Los Manglares.
 - 4.2. ¿Y qué pasa con el bosque tropical lluvioso?
5. El desarrollo industrial y sus efectos en el ambiente y la sociedad: Caso de estudio de una población afectada.
6. ¿Y qué hacemos?
 - 6.1. Las fuentes de energía.
 - 6.2. La revolución verde y la biotecnología.
 - 6.3. El uso de gases refrigerantes.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 1

1. ¿Cómo se interpreta el término sustentabilidad?
2. Comente su interpretación del título de esta Unidad.
3. ¿Qué implicaciones éticas tiene el término sustentabilidad?

2. ¿CUÁLES SON LOS PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA?

SOFÍA Comenzaremos por estudiar algunos problemas en los cuales se pueda evidenciar el impacto que tienen las actividades humanas en el ambiente. Por estar sobre el tapete hoy en día, yo propongo que comencemos por los problemas que estamos causando a la atmósfera. ¿Qué les parece?

ERNESTO Es un buen comienzo porque mucha gente tiene información o conoce algo sobre estos problemas, y además, hay muchas facetas y aspectos que considerar en la alteración de esta geosfera.

CLAUDIA Yo debo agregar que las implicaciones son dramáticas, especialmente aquellas que se refieren a los cambios que se producen en los climas de nuestro planeta.

ERNESTO A eso me refería yo. Por otra parte, también hay en estos problemas muchas formas de acción, desde el ciudadano, individualmente, hasta acuerdos internacionales.

SOFÍA Realmente, ésta es una de las amenazas más grandes para la humanidad.

CLAUDIA Y cuando uno estudia los problemas de contaminación atmosférica tiene razón para temer que sean irreversibles. ¡Es realmente muy complejo! El hombre ha utilizado por varias décadas tecnologías que han tenido repercusiones en la cantidad de polvo en el aire, el aumento de la concentración de compuestos químicos que se encuentran naturalmente en el aire, como son el nitrógeno, bióxido de azufre, monóxido y dióxido de carbono y...

ERNESTO ...y los gases refrigerantes y propelentes que destruyen la tan especial y maravillosa capa de ozono, sin la cual no sería posible la vida en nuestro planeta!

CLAUDIA ¡Te me adelantaste, Ernesto! Todos estos compuestos químicos han alterado el perfecto balance radiante de la atmósfera y ahora tememos que haya un sobrecalentamiento global que terminaría con el clima que disfrutamos.

2.1. ¿QUÉ EFECTOS TIENEN LOS INCREMENTOS DE DIÓXIDO Y MONÓXIDO DE CARBONO EN LA ATMÓSFERA?

SOFÍA La Teoría del Calentamiento Global es la que tiene más apoyo para llamar la atención sobre los problemas de alteraciones en la atmósfera. Pero, nuestro planeta en su larga evolución ha pasado por ciclos de enfriamiento o glaciaciones y calentamiento. Entonces algunos científicos se preguntan: ¿No estaremos en una fase natural de calentamiento planetario?

ERNESTO Esa pregunta se la hicieron varios científicos en la década de los sesenta, cuando comenzaron a preocuparse por un aumento pequeño, pero gradual, en los registros de las temperaturas mundiales. Y de ahí partió todo un grupo de investigaciones para establecer si el origen de este aumento era natural o antrópico, es decir, producido por las actividades humanas.

SOFÍA Fíjate, Claudia, aquella pregunta motivó la realización de numerosas investigaciones sobre el clima del pasado geológico, y para ello, se extrajeron muchas muestras de polen que quedaron atrapadas en los materiales de antiguas cuencas de sedimentación y que hoy pueden examinarse en las rocas.

ERNESTO No sólo polen de las rocas, sino que también se taladró el hielo de los casquetes polares buscando burbujas de aire que hubiesen quedado atrapadas y que pudieran proporcionar información acerca de la composición de la atmósfera pasada.

CLAUDIA Vaya, con este tema estamos manejando mucha información geológica, y yo espero que, en un próximo bloque, nuestros colegas argentinos puedan brindarnos más información al respecto.

ERNESTO Pidamos a nuestros estudiantes

¿cómo podríamos saber si el calentamiento actual es natural o provocado por el hombre?



SOFÍA Debo decir que yo también espero que el bloque sobre el planeta nos ayude con estos conceptos. Parte de las claves para responder las preguntas, está en el pasado geológico. Los científicos necesitan mirar hacia atrás para establecer si hoy la tendencia natural del planeta es hacia el enfriamiento o el calentamiento.

CLAUDIA Definitivamente, necesitamos conocer la evolución del planeta y las variaciones de temperatura en la atmósfera terrestre para saber si la tendencia actual se debe a las actividades antropogénicas. Y esto es lo que han hecho los científicos, en forma interdisciplinaria.

ERNESTO Y llegaron a la conclusión de que, aunque parece existir una tendencia hacia el calentamiento natural, el proceso está siendo acelerado por la cantidad de gases que las industrias y vehículos emiten hacia la atmósfera y que atrapan el calor que libera la Tierra en su balance natural radiante. El proceso se ha acelerado enormemente en las últimas décadas debido, en particular, al fuerte crecimiento de la población y al "sobreconsumo" de los habitantes de los países más desarrollados.

CLAUDIA Y esos gases son los que han denominado "invernadero", ¿no es así?

Ahora bien, ¿cuáles son estos gases?



ERNESTO Realmente hay muchos gases invernadero y quisiera que quedase claro que, debido a que hay gases invernadero naturales en la composición de la atmósfera, la Tierra mantiene una temperatura adecuada para la vida. Es el caso del dióxido de carbono, el vapor de agua, el óxido de nitrógeno, el metano y otros ...Y todo ello unido a que el proceso de atrapar la energía que libera la Tierra es complejo.

SOFÍA Exactamente. Fíjense que la energía del Sol que llega a la superficie de la Tierra permite la evaporación del agua, la formación de los vientos, la fotosíntesis y otros. La parte de energía solar correspondiente a la radiación de onda corta es absorbida por el suelo y liberada posteriormente como radiación de onda larga o infrarroja, es decir, energía térmica. Es importante destacar que la energía recibida en la Tierra desde el Sol, es liberada al espacio exterior de nuestro planeta, después de haber recorrido numerosos caminos.

ERNESTO Por eso se dice que la Tierra mantiene un balance energético natural.

CLAUDIA Entonces, ¿quiere decir que los gases invernadero dificultan que la energía que emite la Tierra salga al espacio?

SOFÍA Así es, Claudia. Ellos atrapan la radiación infrarroja y hacen que permanezca más tiempo del usual en la atmósfera y así es como aumenta la temperatura.

ERNESTO Solicitemos a nuestros estudiantes que,

piensen en las consecuencias, a largo plazo, de altas concentraciones de gases invernadero en la atmósfera.



SOFÍA Porque, consecuencias debe haber. Si las concentraciones naturales de estos gases son alteradas, cambia también el proceso de transferencia de energía.

CLAUDIA Tengo entendido que el dióxido de carbono es uno de ellos, pero, ¿por qué se genera tanto?

ERNESTO Hay dos fuentes principales: una es la quema de combustibles fósiles y otra la deforestación (con lo que hay menos plantas para absorber CO_2) y quema de la vegetación. Los cálculos que han realizado las organizaciones gubernamentales encargadas de supervisar los volúmenes generados de este gas, indican que entre 1860 y 1949 se produjeron por quema de combustible fósil, 187 000 toneladas métricas y entre 1950 y 1989, se produjeron otras 559 000. Por deforestación, se produjeron entre 1860 y 1989, unas 220 000 toneladas métricas adicionales y en las últimas décadas por deforestación de las áreas del bosque tropical húmedo, unas 50 000.

SOFÍA ¡Las cifras son impresionantes! Si tomamos en cuenta que éstos son procesos que no ocurren en forma natural, tenemos entonces la evidencia de que la acumulación de estas cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera está generando un aumento de la temperatura de ella.

ERNESTO También son interesantes para que nuestros estudiantes

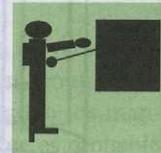
hagan gráficos con los datos suministrados y los comparen.



CLAUDIA Es necesario que los jóvenes manejen las cifras porque de verdad provocan impacto.

SOFÍA Pidamos a los estudiantes que

diseñen un experimento para visualizar el efecto invernadero.



ERNESTO Hay una forma sencilla de demostrar el efecto invernadero. Por supuesto, siempre se puede visitar un *verdadero invernadero* en donde se hacen germinar y crecer las pequeñas plantas de los Jardines Botánicos. Pero quiero darle la palabra a Sofía que lo ha hecho con sus estudiantes.

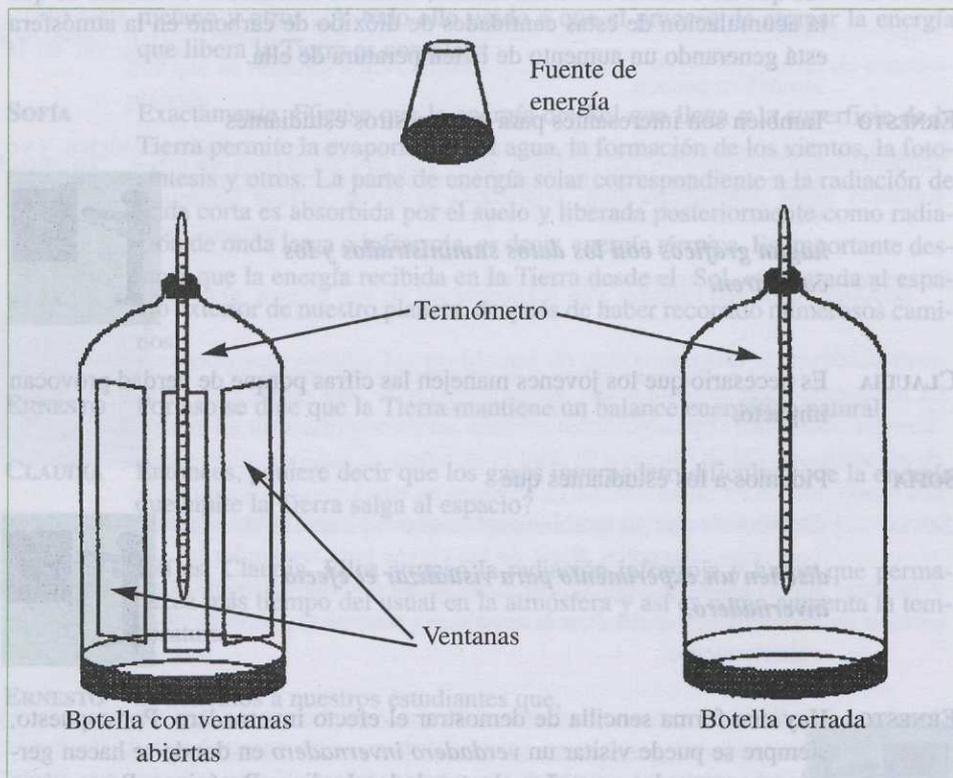
SOFÍA ¿Me quieres dejar el trabajo a mí? No importa, porque esta experiencia me gusta mucho. Simplemente se pueden tomar dos botellas plásticas de refresco que sean incoloras. Las paredes de la botella simularán los gases invernadero, porque ellas dificultan que, una vez calentado el aire dentro de las botellas, éste se enfríe. A una de ellas, se le abren varias ventanas para indicar que estos gases se encuentran en pequeñas concentraciones, con lo que no dificultarán la pérdida de energía térmica del aire contenido en la botella.

La otra se deja intacta para simular la presencia de gran cantidad de gases invernadero. Entonces se les adhiere un termómetro al interior de cada botella y se colocan bajo una luz fuerte para observar lo que sucede en la temperatura.

¿Qué sucederá con la temperatura? ¿En cuál de las botellas aumentó más la temperatura? ¿A qué se deben las diferencias encontradas?



FIGURA 1



ERNESTO El dibujo que nos hiciste mientras hablabas ilustra mucho.

CLAUDIA Indudablemente que la experiencia será mucho más rica si han visitado primero el invernadero de los viveros. Me imagino que los estudiantes podrán establecer inferencias sobre los cambios de temperatura en las botellas y comprobarlas con los registros que hagan.

ERNESTO Y también se puede ampliar la experiencia usando otras botellas con color blanco o negro, con agua o arena y así simular varios paisajes terrestres.

SOFÍA Esto permitirá visualizar algunos efectos sobre diferentes ambientes planetarios, porque una consecuencia directa del calentamiento de la atmósfera es que los cascos polares comenzarán a derretirse y también el agua del mar se expandirá, aumentando su volumen.

ERNESTO

¿Estos efectos se suman? ¿Son sinérgicos, es decir, se potencian el uno al otro?



CLAUDIA Estas consecuencias son terribles, porque se verán amenazados los ecosistemas costeros porque, al elevarse el nivel del mar, cambiarán las condiciones de estos ecosistemas y podrán colocarse en una situación de desequilibrio tal, que pudieran destruirse.

SOFÍA No sólo los ecosistemas menos humanizados o "naturales", sino también los muy humanizados. Toma por ejemplo la situación de un país como Holanda, que ha construido inmensos diques como una barrera contra el mar. Todo este trabajo será inútil porque la zona costera será inundada. Igualmente sucederá con todos aquellos desarrollos industriales, urbanos, pesqueros, que se encuentran en las costas.

ERNESTO Claudia, ¿te acuerdas de aquel artículo que estuvimos analizando sobre las consecuencias de posibles escenarios de elevación del nivel del mar? Se hizo el estudio para Venezuela, pero es muy probable que existan modelos similares para otros países.

CLAUDIA Sí, lo recuerdo. Era bien interesante porque se pensaba en la elevación del mar en un primer escenario de 20 cm; luego 50 cm, 1m y 2 m. Lo que más me impresionó, fue que en casi todos los escenarios se alterarían los manglares y arrecifes coralinos que bordean nuestras costas, porque es probable que se alcanzara su límite de tolerancia.

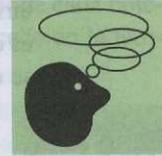
SOFÍA ¿Y no consideraban el impacto en las poblaciones humanas que viven en la costa?

ERNESTO ¡Por supuesto!. Aunque en nuestro país sólo el 13% de nuestros límites costeros se encuentran desarrollados como centros urbanos o áreas industriales, las pérdidas serían millonarias. También tendría impactos en los límites geopolíticos del país, ya que se cubrirían con el agua del mar los puntos de referencia que establecen nuestros límites, como es el área de Castilletes.

SOFÍA Vaya, no había pensado en esto. ¡Claro, los bordes de los continentes serían diferentes y el mapa mundi cambiaría totalmente!

ERNESTO Es oportuno en este momento, pensar

qué otras consecuencias tiene la elevación del nivel del mar en diferentes países.



CLAUDIA Ciertamente. Otra de las consecuencias que tendría para Venezuela es que se perdería toda el área del Delta del Orinoco y del Río San Juan, que es por donde salen los buques tanqueros con el petróleo del Oriente del país. Se inundarían aproximadamente unos 10 000 kilómetros cuadrados.

SOFÍA ¡Es una situación terrible! He leído que algunos de los grupos de investigadores de otros países que trabajan con modelos climáticos, también han considerado las consecuencias de la elevación del nivel del mar, ¿no es así?

ERNESTO Sí, eso he leído. En algunos países se trata incluso de tener planes de contingencia en caso de que ocurra. Porque, fíjense que hay unos 100 millones de personas que viven en áreas costeras, y el 20% de ellas podría estar en riesgo si el mar se elevase sólo 1 metro.

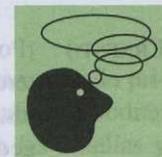
SOFÍA Cuando analizamos todas estas situaciones nos damos cuenta de que el sobreconsumo de unos y la explosión demográfica de la población humana están causando tremendos desequilibrios a nuestro planeta. Además, este ejemplo nos permite comprender mejor que todas las geosferas están en permanente interacción. Lo que sucede a la atmósfera tiene repercusiones en la hidrosfera, específicamente en los océanos.

CLAUDIA Sin olvidar que también se producen cambios en la biosfera. Pensemos, p.e., que cuando se produce una combustión incompleta, es decir, cuando no hay suficiente oxígeno para la reacción, en vez de CO₂ se produce monóxido de carbono, que en pequeñas concentraciones es dañino para la vida.

SOFÍA Sí, creo que esta parte no estaría completa si no trabajamos con los estudiantes los efectos nocivos de este contaminante en particular.

ERNESTO Pensemos por un momento,

¿Cuáles son los efectos del monóxido de carbono en los seres vivos?



CLAUDIA El monóxido de carbono es un gas tóxico. Se une a la hemoglobina de la sangre e impide el transporte de oxígeno, por lo que se deteriora la percepción, disminuyen los reflejos y produce somnolencia, y finalmente puede llegar la muerte.

- ERNESTO** En las novelas de misterio y en el periódico también, se pueden encontrar los ejemplos de muertes con este tipo de gas, porque una persona queda encerrada en un garaje con el motor de un carro encendido.
- CLAUDIA** Y la alta concentración de monóxido de carbono primero la duerme y luego impide la fijación del oxígeno necesario para la respiración y simplemente muere envenenada. Es terrible pensar en ello.
- SOFÍA** Es también lo que sucede en túneles de carreteras muy largos y con insuficiente ventilación. Fíjate que en Caracas, en los años cincuenta, sucedió que, cuando inauguraron los túneles que conducen al aeropuerto y pusieron soldados para vigilar dentro de ellos, tuvieron que desechar esta práctica porque los soldados salían intoxicados. Evidentemente, los túneles tenían muy mala ventilación y en dos kilómetros se acumulan gran cantidad de gases.
- ERNESTO** Esa historia no la conocía, pero es muy ilustrativa. Me imagino que, no sólo saldrían intoxicados por el monóxido de carbono, sino también por el plomo que se libera en la combustión de la gasolina.
- SOFÍA** Esa parte no me la contaron, pero evidentemente el plomo tuvo que producir sus efectos. ¡Y lo insensato es que aún nuestra gasolina contenga plomo!



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 2

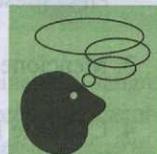
1. ¿Cuáles son los efectos que tiene un aumento de dióxido de carbono y otros gases "invernadero" en la atmósfera?
2. ¿Por qué ha aumentado la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera en el presente siglo?
3. Mencione las fuentes que emiten dióxido de carbono a la atmósfera.
4. Comente los efectos del monóxido de carbono en los seres vivos.

2.2. EL PLOMO EN LA ATMÓSFERA.

- SOFÍA** Consideremos ahora el papel contaminante del plomo.
- CLAUDIA** El plomo es un metal pesado que se acumula en el cuerpo de la misma manera que lo hace el mercurio. Es imposible eliminarlo y daña el sistema circulatorio, reproductivo, excretor y nervioso. Los niños y los fetos son la población de mayor riesgo porque son muy vulnerables a concentraciones muy bajas de plomo en la sangre.
- SOFÍA** Es impresionante, pero cuando hablamos de plomo en los seres vivos, son innumerables los trastornos que pueden presentarse, desde desórdenes de crecimiento hasta un simple cólico.
- ERNESTO** Lo que parece increíble es que nosotros, como país petrolero, exportamos gasolina hacia los países desarrollados sin añadirle plomo y para consumo interno le añadimos el plomo. No entiendo este tipo de políticas.
- CLAUDIA** Porque en esos países está prohibido. Ahora, en nuestro caso, es necesario considerar la inversión que se requiere para cambiar los motores de los carros y adaptarlos al uso de gasolina sin plomo. Es una inversión que hay que hacer, pero no parece haber disposición gubernamental para decidirse por esta opción.
- ERNESTO** ¿No les parece una locura? Es triste constatar esta falta de conciencia ambientalista. Por eso tenemos que formar a los niños desde pequeños para que esto no se repita.
- SOFÍA** Y esto deja en evidencia que nuestro país, al igual que muchos países latinos, no contribuye a reducir las emisiones de plomo hacia la atmósfera. Porque, fíjense, aunque la gasolina es la mayor fuente emisora de este metal, la absorción directa por la inhalación de estos gases de la combustión contribuye con sólo el 2% del total de absorción humana.
- CLAUDIA** Sin embargo, ingerimos el plomo de la gasolina porque inhalamos el polvo, consumimos alimentos y agua en donde se deposita y esto representa un 50% del total de absorción en los seres humanos.

CLAUDIA

¿Cuáles son las fuentes emisoras de plomo?



ERNESTO No debemos olvidar que también hay otras fuentes como las fábricas de proyectiles, balas, vidrios, pinturas, tenerías, fundiciones e imprentas. En la pintura también se encuentra y hay que destacarlo porque estamos en permanente contacto con ella y se han encontrado niños intoxicados por haber comido pintura de las paredes.

CLAUDIA Con toda esta información que hemos discutido, me acordé del mapa conceptual acerca del plomo, que tu hiciste, Sofía y que me parece realmente ilustrativo.

ERNESTO Entonces, pidamos a nuestros estudiantes que

elaboren un mapa conceptual acerca de las fuentes de plomo en nuestras sociedades y los efectos que producen en los seres vivos.



SOFÍA Debo aclararles que el mapa que les traje no lo elaboré yo. El crédito es de mis estudiantes.

CLAUDIA Y, ¿cómo lo hicieron?, porque es realmente muy completo.

SOFÍA Preparé una lectura con información acerca de la contaminación por plomo y llevé además algunas revistas de divulgación general. Organicé los jóvenes en equipos y les asigné la elaboración de una parte del mapa, como por ejemplo, fuentes emisoras, formas de detectarlo, efectos en los humanos, entre otros. Luego cada equipo presentó su mapa y las explicaciones al grupo y así pudimos armar el mapa conceptual completo.

ERNESTO Debo agregar, Sofía, que ésta es una excelente forma de visualizar un problema tan interesante como la contaminación por plomo.

CLAUDIA Y lo que más me llama la atención a mí, es que no olvida el carácter sistémico de este problema. El plomo circula dentro de los ciclos biogeoquímicos, tal como ya lo discutimos en la Unidad didáctica anterior.

SOFÍA Pero volviendo a nuestro problema inicial acerca de la contaminación de la atmósfera, aún nos quedan otros aspectos que analizar.

CLAUDIA Volviendo a nuestro tema, ¿podemos ahora hablar de la lluvia ácida?

2.3. ¿LA LLUVIA ES ÁCIDA?

CLAUDIA Tienes razón. Si mal no recuerdo, en el bloque anterior se hizo mención a este problema de la lluvia ácida, que tantos dolores de cabeza les ha dado a los países del hemisferio norte. Ha sido tan divulgado que a veces la gente de los países en desarrollo conoce más de la lluvia ácida que de los problemas ambientales propios de su región.

ERNESTO Ya que hiciste el comentario de la "información" quisiera aprovechar para que discutamos algunos aspectos del sistema social en el cual nos desenvolvemos. Hoy en día se dice que la "información es poder" y son los países desarrollados quienes tienen en sus manos el control de los medios de comunicación de masas. Es por eso que el componente "información" en la sociedad no siempre es tan objetivo como debería.

SOFÍA Claro, es obvio que quienes manejan los medios de comunicación masivos, nos proporcionan la información que para ellos resulta relevante, acaparando la atención mundial sobre determinados temas, dejando a un lado otros, que para ellos no tienen importancia y es así que no se divulga mucha información sobre los problemas de los países no industrializados.

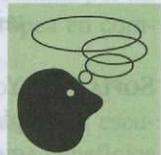
CLAUDIA Considero que lo interesante para nosotros como docentes, es el análisis sistémico sobre esta situación.

¿Cuál es el papel que juegan los medios de comunicación de masas en la divulgación de información relativa a los problemas ambientales locales?



ERNESTO Quizás sería también conveniente que

pensáramos sobre el uso de diversos medios de comunicación en el proceso de aprendizaje.



SOFÍA Me parecen muy buenas sus reflexiones, pero no quisiera dejar la impresión en nuestros estudiantes de que todo es malo o relativamente malo. Para nuestra basta un botón; nuestro proyecto de "Formación de Profesores" está utilizando el satélite Hispasat para una acción masiva, con la finalidad de mejorar el aprendizaje de la ciencia.

CLAUDIA Volviendo a nuestro tema, ¿podemos ahora hablar de la lluvia ácida?

ERNESTO Por supuesto y me imagino que tú, Claudia, conoces mucho sobre este tema, ¿o me equivoco?

CLAUDIA Algo he estudiado sobre él. Es un tema obligado para una bióloga y toda persona que aspire a tener una cultura científica. Así que comenzaré por recordar lo que se vió en la unidad I.5 sobre las fuentes de dióxido de azufre en la atmósfera. El petróleo y el carbón mineral contienen azufre que, en el caso de petróleo, se elimina en gran parte en el proceso de refinación. Sin embargo, la gasolina diesel contiene una cierta cantidad y en el proceso de combustión de la gasolina y del carbón, se libera en los gases resultantes, como dióxido de azufre.

SOFÍA Ya que tú comenzaste, espero que ahora nos expliques cómo este compuesto produce la lluvia ácida, Claudia.

CLAUDIA Por supuesto, no faltaba más. El dióxido de azufre (gaseoso) se combina con el agua, sea en vapor o líquida, de la atmósfera, debido a su alta solubilidad, y esta disolución tiene carácter ácido. De esta forma se acidifica la lluvia y con ella todos los objetos que la reciben, incluyendo los suelos, las aguas y las hojas de los árboles .

SOFÍA Es decir, circula por los sistemas terrestres.

ERNESTO No te olvides, Claudia, que también los óxidos de nitrógeno contribuyen a este fenómeno: se combinan con el agua y forman ácido nítrico. Por supuesto, todos estos ácidos están muy diluídos, pero producen acidificación en el ambiente.

CLAUDIA Tienes mucha razón, Ernesto. Tanto el ácido nítrico como el sulfúrico son los responsables de la muerte de los pinos de la Selva Negra en Alemania y también de los abetos rojos del Monte Mitchell de Carolina del Norte en USA. Fueron estas evidencias las que llamaron la atención sobre estos contaminantes.

SOFÍA Yo también deseo aportar. La quema de combustibles fósiles en vehículos, plantas generadoras de energía basadas en la combustión del carbón, fundiciones de minerales y calderas industriales son las responsables de casi todas las emisiones de dióxido de azufre y de alrededor del 35% de las de óxidos de nitrógeno. Y aquí hay que señalar que en USA se emiten aproximadamente 20 000 000 toneladas de dióxido de azufre al año, siguiéndole los países de la ex-Unión Soviética y encontrándose China en tercer lugar.

CLAUDIA Muy buena tu aclaratoria, Sofía; tengo que agregar algo más. No sólo se precipitan estos ácidos como lluvia, sino que pueden depositarse como partículas sólidas de sulfato y nitrato y éstas pueden viajar hasta 1 000 kiló-

metros de su fuente de emisión. Y aún más, al formarse los ácidos en la atmósfera, pueden mantenerse en las pequeñas gotas de agua de las nubes y estas nubes deterioran el follaje de la vegetación cuando los bosques quedan cubiertos por ellas.

ERNESTO Realmente son los países más industrializados los que están viviendo el problema en forma aguda porque la lluvia ácida produce graves trastornos en los ecosistemas acuáticos y terrestres. Les doy algunos ejemplos: en Noruega, la acidificación de las aguas donde viven las truchas provocó en 1978, una disminución del 50% en esta población y luego en 1983, se redujo otro 40%.

CLAUDIA Yo te puedo dar otros ejemplos. En los últimos 50 años, los suelos europeos se han vuelto entre 5 y 10 veces más ácidos y esto provoca un lavado de nutrientes como el calcio, magnesio y potasio en los suelos. La lluvia ácida también produce corrosión en los metales utilizados, por ejemplo, en obras de infraestructura.

ERNESTO Quizás es oportuno que los estudiantes elaboren

dibujos sobre la circulación de los contaminantes que producen la lluvia ácida en el ambiente.



SOFÍA Sobre este problema hay muchos datos porque afecta directamente la economía europea. Aunque, claro está, hay otros daños como los que se ocasionan en materia de recreación y en otros beneficios no económicos, que son imputables a la lluvia ácida. Pero yo también quisiera darles algunas cifras. En 1990 se calculó que se producía una pérdida de 30 mil millones de dólares anuales en Europa, cantidad ésta equivalente a la obtenida por las acerías de Alemania y tres veces mayor que la inversión europea en combatir la contaminación atmosférica.

CLAUDIA Vaya, esas cifras son impresionantes. Confieso que nunca las había escuchado. Ahora bien, Sofía, tu mencionaste que hay daños a "otros beneficios no estrictamente económicos" y yo quisiera abundar en este aspecto. Y no podemos olvidar, que muchas de las obras arquitectónicas y los monumentos de antiguas civilizaciones están hechos en su mayoría en piedra caliza o mármol, y que éstas simplemente se disuelven en presencia de ácidos.

ERNESTO Y por eso es que están tan preocupados por el deterioro de monumentos griegos y romanos y en general por todas aquellas obras de arte realizadas con estas piedras y que son patrimonio de la humanidad.

SOFÍA Pero también el cemento reacciona con los ácidos y se corroe, al igual que los mármoles. Ahora bien, ustedes no han mencionado ningún efecto sobre la salud. Conseguí un artículo del "Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente" en el cual se dice que el 70% de la población urbana vive en ciudades en las cuales se exceden los niveles permisibles de esos compuestos por la Organización Mundial de la Salud. Esto trae como consecuencia problemas fundamentalmente respiratorios.

CLAUDIA Y, en algunas poblaciones de animales, la acidez altera los ciclos reproductivos, aunque ésto no ha sido muy bien estudiado en la población humana.

ERNESTO Realmente, el problema de la lluvia ácida tiene grandes implicaciones, tanto económicas, como de alteración de los ecosistemas acuáticos y terrestres.

SOFÍA Solicitemos a los estudiantes que

elaboren un comentario sobre los efectos económicos y sociales de la lluvia ácida.



CLAUDIA Ahora bien, ¿cómo hacemos para que nuestros estudiantes se sensibilicen ante este problema? Sofía, ¿tu tendrás algunas experiencias que puedan realizar los estudiantes?

SOFÍA Hay muchas, pero hay una muy sencilla que me gusta mucho. Yo la llamo, *¿Dónde está la estatua?* La tiza contiene gran cantidad de carbonato de calcio, que es el componente de los mármoles, y reacciona disolviéndose ante ácidos débiles como el vinagre. Entonces, con un pedazo de tiza, los estudiantes modelan una estatua y con vinagre diluido simulan una lluvia ácida. De esta forma, puede observarse la disolución de la tiza. Esta actividad es interesante porque de ella se deriva la

discusión de las alternativas que pueden ponerse en práctica para disminuir el problema.



ERNESTO Me imagino que gran cantidad de jóvenes pensarán en cubrir la estatua con un caparazón impermeable, para protegerla de la lluvia ácida.

SOFÍA Sí, algunos lo piensan. Pero yo les invito a utilizar el pensamiento divergente y les planteo que, dado lo complejo y extenso del problema, habrá que poner en práctica un grupo de acciones para minimizar esta situación. Y de ahí surge la búsqueda de mayor información, incluso de acuerdos internacionales y nacionales para disminuir las emisiones de estos gases.

- CLAUDIA** Creo que nuestros estudiantes se preguntarán las razones por las cuales estudiamos un problema que afecta fundamentalmente el hemisferio norte.
- SOFÍA** Claro, pensarán que para nosotros no es relevante. Pero en todos nuestros países se produce lluvia ácida, sólo que este problema no es tan agudo como en los países industrializados. Pero hay que tenerlo en cuenta para no incurrir en los mismo errores.
- ERNESTO** Otra consideración que hay que tomar en cuenta, es que estos compuestos circulan en la atmósfera, se trasladan y pierden su efecto en el lugar donde se originan, creándolo en otra parte.
- SOFÍA** El hecho de que los efectos puedan sentirse en otro lugar, lejano al de emisión del contaminante, no es como para satisfacer a los que lo producen. Es por eso que hoy en día se habla de evitar la contaminación transfronteriza, para penalizar al emisor, porque al final, el aire es de todos al igual que nuestro planeta.
- CLAUDIA** Y esto nos llevaría a contestarnos la pregunta inicial de esta parte, ¿la lluvia es ácida? Ello dependerá de la concentración atmosférica de los compuestos que la vuelven ácida, en el lugar donde llueve.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 3

1. Mencione las fuentes emisoras de plomo, azufre y nitrógeno.
2. Comente los efectos del plomo en los sistemas ambientales.
3. Comente los efectos de la lluvia ácida en los sistemas ambientales.
4. ¿Podría afirmarse que la lluvia ácida afecta los sistemas económicos? Comente su respuesta.
5. Describa el rol de los medios de comunicación masivos en la difusión de información acerca de los sistemas ambientales.

2.4. ¿Y QUÉ SON LOS CFC?

ERNESTO Otro de los compuestos químicos que producen alteraciones en la atmósfera y que no podemos dejar de analizar son los compuestos CFC o clorofluorocarbonados.

SOFÍA ¡Parece que estás hablando en clave, Ernesto! Amplía un poco tu intervención, ¿quieres?

ERNESTO Claro, colega. Los CFC son compuestos químicos que contienen elementos como el cloro y el fluor y se emplean en los gases refrigerantes de neveras y aires acondicionados principalmente, pero también se encuentran en los gases propulsores de los productos cuya presentación es en forma de *aerosoles*.

CLAUDIA Creo que el público en general tiene una cierta información acerca de los CFC, porque está generalizada la preocupación de la población por la destrucción de la capa de ozono producida por los CFC.

SOFÍA Sí, se ha divulgado mucho sobre el *hueco* de la capa de ozono en la Antártida y que como consecuencia de este *hueco*, entra más radiación ultravioleta a la Tierra. Por supuesto, la gente se preocupa de que reciba quemadura de sol al exponerse a la radiación solar e incluso pueda contraer cáncer de piel.

ERNESTO Ciertamente, esto es lo que sabe la gente. Pero nosotros debemos ir más allá y hacer que nuestros estudiantes comprendan la globalidad del problema de la disminución de la capa de ozono.

CLAUDIA Si me dejas, yo puedo aportar alguna información. El ozono es un compuesto natural de nuestra atmósfera. Se forma en la estratosfera, a partir de los 12 kilómetros de altura, cuando las moléculas de oxígeno absorben parte de la radiación ultravioleta para formar una molécula con tres átomos de oxígeno. La formación y ruptura de esta molécula es permanente en esta zona de la atmósfera y por ello *teníamos* una capa de ozono relativamente estable.

SOFÍA Me imagino que la formación permanente de esta molécula es lo que nos protege de la radiación ultravioleta (UV) del sol. ¿No es así?

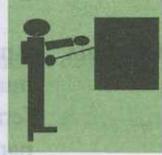
ERNESTO Así es, Sofía. La formación de la molécula con tres átomos de oxígeno implica una permanente absorción de la radiación UV, por lo cual la vida es posible en nuestro planeta. Hasta que no se formó la capa de ozono, la vida no pudo desarrollarse sobre tierra firme.

CLAUDIA ¿No es maravilloso? De nuevo observamos que todo está en interacción. En la evolución de nuestro planeta tuvo que formarse el oxígeno, luego átomos de oxígeno libre atraparon los rayos UV para formar, con la molécula de oxígeno, el ozono. Así la vida tuvo las condiciones propicias para su

evolución fuera del agua; y hoy en día tenemos la maravillosa y extensa biodiversidad. ¿Qué les parece?

SOFÍA Esta es una buena oportunidad para pedirle a nuestros estudiantes

que discutan con sus compañeros las relaciones entre la presencia de los seres vivos, la necesidad de la radiación solar y el papel de la capa de ozono.



ERNESTO No debemos dejar de mencionar que también el ozono se forma sobre la superficie terrestre, cuando los óxidos de nitrógeno reaccionan con compuestos orgánicos volátiles. Este ozono es un contaminante a nivel de la superficie, porque es altamente tóxico para la mayoría de los organismos.

CLAUDIA Gracias por recordarlo, Ernesto. El ozono de la superficie de la tierra (troposférico) es un contaminante por su alto grado de toxicidad en los seres vivos y el ozono estratosférico es una capa protectora de la vida. Es una tremenda dualidad en las funciones de este compuesto.

SOFÍA ¿Sabes, Claudia, que en un artículo de la Organización Mundial de la Salud (OMS) encontré que muchas ciudades de los Estados Unidos, en el año 1988, tenían niveles de ozono más elevado que el permitido por la OMS? Y también otros países industrializados presentan este tipo de problema durante el verano, ya que la temperatura elevada es la condición favorable para la producción del ozono troposférico.

CLAUDIA ¡El ozono superficial se está volviendo un problema cada vez mayor!

ERNESTO Ahora bien, volviendo a los CFC que atacan las moléculas de ozono estratosférico, sabemos que estos tardan un promedio de 10 años en llegar a la estratosfera y tienen un tiempo de vida media entre 50 y 100 años.

SOFÍA Eso es lo que hace muy difícil las medidas para su control. Imagínense que desde ahora no se emitiesen más CFC, lo cual sería muy positivo y así está firmado por las naciones en el Protocolo de Montreal. Pero las moléculas de estos compuestos que están en la atmósfera, tardarán un siglo en desaparecer y es mucho el daño que pueden causar durante este tiempo.

CLAUDIA Nuestros estudiantes deben discutir acerca de

¿qué medidas deberíamos tomar cada uno de nosotros para contribuir a eliminar los CFC de la atmósfera?



ERNESTO El daño que hemos hecho parece irreversible pero, nuevamente, esto es un reto a los investigadores para encontrar y poner en práctica soluciones *limpias*. Y la acción inmediata para nosotros es no utilizar productos que contengan gases CFC, por ejemplo, los sprays o aerosoles, y utilizar gases refrigerantes libres de CFC.

CLAUDIA Antes de terminar con este compuesto, hay investigaciones recientes que muestran que los CFC tienen un efecto de calentamiento en la baja atmósfera y por eso contribuyen con los cambios climáticos globales. Por otra parte, la disminución del ozono estratosférico produce un efecto refrigerante en la zona inferior de la atmósfera.

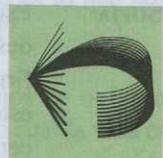
ERNESTO Sí, esos son los resultados de las investigaciones. Pero hasta donde yo sé, no se ha podido determinar la magnitud de estos efectos. Sin embargo, éstos no habían sido considerados dentro de los modelos climáticos que pronosticaban un aumento mayor de la temperatura del Planeta.

SOFÍA Estos nuevos datos tendrán que ser tomados en cuenta en los modelos para que las predicciones tengan mayor validez.

ERNESTO Y así es el camino de la ciencia. A medida que se investiga, la nueva información tiene que interactuar con la ya existente, para cambiar los postulados aceptados o para complementarlos.

CLAUDIA Lo importante de todo esto es que la información llegue al público y que nuestros ciudadanos estén *científicamente informados*, porque ellos tendrán que participar mucho más activamente en el corto plazo, especialmente a la hora de tomar decisiones sobre el ambiente.

ERNESTO Y eso lo veremos claramente en los casos de la tala de bosques. Es importante que la gente eleve su información sobre la dinámica del ambiente y participe en la toma de decisiones que seguramente alterarán su delicado equilibrio.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 4

1. ¿Cuáles son los efectos de altas concentraciones de gases CFC en la atmósfera terrestre?

2. Responda brevemente a la pregunta inicial: ¿Cuáles son los problemas de contaminación en la atmósfera? ¿Qué evidencias tenemos de ello?
3. Describa la forma en que ciclan los contaminantes atmosféricos que se han analizado.
4. ¿Podrían considerarse los contaminantes atmosféricos como componente del sistema atmósfera? ¿Y como componentes del sistema biosfera?

3. EL DETERIORO Y ESCASEZ DEL AGUA: PROBLEMA AMBIENTAL N° 1

ERNESTO Todo el mundo está de acuerdo en que el uso del agua plantea hoy uno de los problemas más graves de fin de siglo. Conviene proponer a los estudiantes:

¿Qué problemas puede plantear hoy el uso del agua?



SOFÍA Esta pregunta nos permitirá conectar con sus ideas previas. Algunos pueden pensar que tenemos muchas reservas de agua en el planeta.

CLAUDIA Eso es cierto, las reservas de agua son más bien abundantes, pero la crisis se produce por la incapacidad estructural para recogerla, depositarla y distribuirla según las necesidades del hombre.

SOFÍA Y en la crisis tenemos que incluir los costos de llevar el agua a toda la población, a veces desde lugares realmente lejanos de los reservorios. Con respecto a las reservas, todos saben que los icebergs son, sin ninguna duda, una reserva de agua dulce.

ERNESTO También el agua de mar puede considerarse un reservorio, porque se puede usar a través del proceso de desalinización.

CLAUDIA ¡Correcto! Se estima que las reservas de agua están en 37 millones de kilómetros cúbicos. Sin embargo, más de las tres cuartas partes del agua está retenida en el hielo polar y los glaciares. El resto, en acuíferos subterráneos, lagos, lagunas y ríos y el vapor de agua de la atmósfera, es fuente de suministro para la humanidad.

SOFÍA Realmente el mar es una posible fuente de agua dulce, pero antes de llegar a estos extremos para tener agua disponible, considero que hay que usar las reservas en forma más racional.

ERNESTO Pero estemos conscientes de que las reservas son pocas. Fíjate que si toda el agua de la hidrosfera se extendiera sobre la superficie terrestre formaría una capa de 3 000 metros de profundidad pero sólo el 3% de esa agua es dulce.

SOFÍA Yo propondría otro símil para que nuestros estudiantes lo visualicen mejor: si toda el agua del planeta estuviese representada en 100 litros, el abastecimiento aprovechable del agua dulce sería de 3 mililitros, o sea, la mitad de una cucharadita de té.

ERNESTO Por otra parte, la distribución es muy desigual en los continentes. Del total de agua de los ríos, el 50% está en América del Sur, en los ríos Orinoco y Amazonas, y el 25% en Asia. Es decir que el resto (25%), está en los otros continentes.

CLAUDIA Sin embargo, puede decirse que el 1% de agua disponible presenta serios problemas de deterioro por las diferentes actividades que el hombre realiza. Por ejemplo, la agricultura, la explotación minera, las actividades industriales y domésticas.

SOFÍA Todas estas actividades humanas contaminan las aguas, a menos que pasen por plantas de tratamiento antes de ser vertidas en cuerpos de agua. Y muchos de los elementos que la contaminan son metales como el arsénico, flúor, plomo, mercurio y otros.

ERNESTO ¿Qué les parece? En este artículo de periódico, leo que también la presencia de sustancias como excretas, es decir, aguas negras no tratadas, hacen que el agua se contamine y ocasione enfermedades endémicas, es decir, que se repiten con mucha frecuencia en un lugar.

SOFÍA Las enfermedades ligadas al agua constituyen una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en nuestros países latinos. Conviene pedir a los estudiantes que consideren

qué factores pueden ocasionar las enfermedades asociadas con el agua.



CLAUDIA Entre estas enfermedades figuran actualmente el dengue, por la cual cada día se presentan más muertes.

ERNESTO Lo del dengue es un problema grave, no sólo en nuestro país, sino en otros países latinos. Lo que agrava más la situación es lo difícil de su control.

CLAUDIA El mismo origen del nombre *dengue* que significa demonio o diablo, nos da idea de lo difícil que es mantenerla bajo control.

SOFÍA Y en América, el virus viaja atravesando el canal de Panamá, y a este hecho se suman la variabilidad del virus y la resistencia del mosquito que lo transmite a los insecticidas o también llamado el "vector", que han impedido mantener a raya la enfermedad.

CLAUDIA Cuando hablas del vector, quiero aclarar que la enfermedad es producida por un virus que es transmitido por el mosquito *Aedes aegyptii*. Las primeras epidemias se describen en los anales médicos a partir de 1920 y en la última década se han detectado muchos casos en latinoamérica: Cuba 344 220, Nicaragua 17 483, Aruba 24 000, México 16 182, Puerto Rico 10 659, Colombia 7 797 y Brasil 100 000.

ERNESTO Y en Venezuela lo hemos tenido y lo *seguimos teniendo* porque la población no entiende que debe cuidar los depósitos de agua potable y no debe mantener agua estancada.

SOFÍA Otro ejemplo de los efectos de la precariedad de agua salubre y saneamiento es la enfermedad del cólera en América a finales del 91, que se convirtió en una epidemia por lo rápido que se extendió y en la cual murieron más de 17 000 personas.

CLAUDIA Creo que debemos abundar en detalles sobre el cólera y yo los voy a aportar. Es una infección gastrointestinal ocasionada por un bacilo, el *Vibrio cholerae*. Ha matado a más de un millón de personas en las siete pandemias (epidemia transmitida a varios países) que han asolado el mundo.

ERNESTO Por cierto, que la última se originó en Perú y se extendió a los países vecinos: Ecuador, Colombia, Brasil, Chile, Bolivia y Venezuela. Recuerdo que cuando apareció, inmediatamente el gobierno venezolano decretó alerta epidemiológica.

SOFÍA Pero,

¿el cólera no es endémico del Asia? ¿Y cómo llega hasta aquí?



CLAUDIA Sí, Sofía. Pero hoy en día, con las facilidades de comunicaciones y de traslados de personas desde sitios lejanos, es muy fácil que una enfermedad como el dengue, endémica del Asia, se convierta en *pandemia*.

SOFÍA Ahora entiendo. Es por eso que las primeras medidas sanitarias se toman en los puertos y aeropuertos, ¿no es así?

CLAUDIA Exactamente. En la prensa leí que se sospechaba que la epidemia de Perú se inició con un barco asiático que descargó sus aguas con excretas en las costas peruanas.

ERNESTO Bueno, eso no es raro, porque los países latinos han sido siempre el depósito de todos los residuos de los países industrializados. Hemos tenido "bidones de la muerte", "residuos radiactivos", y otros muchos que no conocemos porque han sido depositados en nuestras fosas oceánicas sin que lo sepamos.

SOFÍA Me perdonan esta divagación, pero voy a abundar en lo que has dicho, Ernesto. En la Cumbre de la Tierra (Río, 1992), se debatió ampliamente lo relativo a desechos tóxicos y se acordó que cada país tenía que hacerse responsable de sus desechos.

CLAUDIA Ese acuerdo forma parte de la toma de conciencia de que los problemas son de todos. Para no tener problemas con los desechos, debemos producir menos, es decir, pensar y actuar sustentablemente.

SOFÍA Como tú bien dices, Claudia, necesitamos dejar de producir tanta basura o desechos, porque el reciclaje no es una solución definitiva.

CLAUDIA

¿En qué medida podemos contribuir para no producir tanta basura?



SOFÍA Creo que debemos pensar en los desechos que producimos y en qué forma podemos reducir la cantidad de éstos. Es fácil hacerlo, porque llevar la "contabilidad" en una semana es sencillo y tomaremos conciencia de que podemos reducir el volumen en forma muy simple.

ERNESTO Estamos totalmente de acuerdo, Sofía. Ahora, volviendo a las epidemias, lo que yo siempre lamento es que los más pequeños son los más afectados.

SOFÍA Es cierto, las afecciones diarreicas, según el Libro de Recursos Mundiales, producen más de 3 millones de defunciones anuales en el mundo en niños menores de 5 años.

ERNESTO El segundo lugar lo ocupa la chistosomiasis, enfermedad causada por un parásito que cumple su ciclo de vida en caracoles acuáticos. También se la conoce como bilharzia. Luego se aloja en el ser humano y produce la enfermedad.

SOFÍA Y no olvidemos la oncocercosis o ceguera de los ríos causada por un gusano. Todas estas enfermedades tienen como lugar generador, aguas estancadas y contaminadas.

CLAUDIA ¡Y tan sencillo que es controlar estas enfermedades! Y pensar que con abastecer a las poblaciones con agua salubre para beber, se avanzaría mucho ya que las poblaciones empobrecidas no tienen sino el agua que recogen y guardan en contenedores, muchas veces insalubres y contaminados.

SOFÍA Preguntemos a los estudiantes,

¿por qué es tan difícil abastecer a las poblaciones con agua salubre?



CLAUDIA El problema es tan complejo. A veces es por la lejanía de las fuentes de agua de los centros urbanos; otras porque las obras de infraestructura se dañan porque no fueron bien diseñadas y otras veces es porque simplemente se han agotado las reservas por mal manejo de las cuencas de donde provenía el agua... por no hablar del aumento de consumo que exige la explosión demográfica. Esto nos ayuda a visualizar que los problemas ambientales tienen un fuerte componente social y de allí provendrán las soluciones.

ERNESTO Pero, ¿cómo eliminar las enfermedades relacionadas con este recurso? Aquí en nuestro país no hay clase social que no sufra de escasez de agua. En época de sequía hay racionamiento y en época de lluvia también hay racionamiento porque tienen que hacer mantenimiento de los embalses y de los acueductos. Otras veces las tuberías se rompen y hay que repararlas.

CLAUDIA Debo aclarar que estas enfermedades no se erradican, pero se controlan en un mínimo. Creo que sería necesario realizar campañas de divulgación sobre la higiene con que deben cuidarse estos depósitos de aguas. Algo tan sencillo como hervir el agua es una de las primeras medidas sanitarias que debemos tomar.

SOFÍA En el interior del país, la situación se agrava, porque hay una gran escasez

de acueductos y plantas de tratamiento y la gente se ve obligada a tomar el agua directamente de los ríos y lagos y estos generalmente están contaminados con nitratos, plaguicidas y agentes patógenos, amén de los residuos tóxicos industriales como el mercurio, vanadio y plomo entre otros.

CLAUDIA Si hay plantas de tratamiento, entonces a veces, encontramos que la contaminación es otra: el aluminio y el cloro con sus derivados orgánicos. Necesitamos controlar los desechos que contaminan nuestros cuerpos de agua y el agua del planeta.

ERNESTO Pero,

¿qué hacer entonces, ante el problema del agua?



SOFÍA Lo primero que hay que hacer es educar a la población.

CLAUDIA ¡Ese es el reto! Ahora bien,

¿de qué forma lo hacemos?



SOFÍA Aquí está la propuesta. El agua es un tema que como hemos visto atañe a toda la población mundial. Sin embargo, la gente parece que no tiene claro que el agua es *un sólo cuerpo* y que la que hoy se evapora en nuestro país va a formar parte más tarde de la nieve que cae en la Antártida, ya que la atmósfera transporta agua de un lugar a otro.

CLAUDIA El ciclo del agua no perdona. Traslada a lugares distantes lo que se produce en otros sitios. Los investigadores han encontrado DDT en el hielo de la Antártida y en los tejidos de los pingüinos.

ERNESTO Las plantas también forman parte de ese ciclo activo del agua que tú asomas. Por medio de la transpiración, la vegetación libera vapor de agua al ambiente, formando parte de la humedad atmosférica. Además, también se tiene que considerar la importancia de los ecosistemas acuáticos.

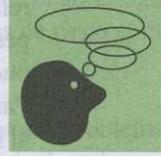
SOFÍA Y nosotros los humanos siempre estamos usando agua. Mejor dicho, todos los seres vivos dependen de una forma u otra del agua. El cuerpo humano está formado en un 75% de agua. Cada molécula dentro de nosotros ha sido parte del océano. Hasta para que el espermatozoide llegue a fecundar al óvulo, se necesita de una película de agua.

CLAUDIA Si de fecundación se trata, la historia es larga. La fecundación externa de los

peces o anfibios depende de la presencia del cuerpo de agua. Y también la fecundación de las flores.

SOFÍA Definitivamente, ¡el agua es vida! y creo que

es importante que reflexionemos sobre esta expresión.



ERNESTO Y, ¿dónde está la propuesta?, porque hasta ahora no la he visto.

SOFÍA Bueno, la propuesta es que el estudiante

realice un viaje imaginario, como el sugerido en la siguiente actividad.



Visitemos con nuestros estudiantes una playa, lago o río que no esté impactado o poco impactado por el hombre. Si la visita no es posible, se puede utilizar una grabación con sonidos típicos de un ambiente natural como del agua, olas, viento, árboles, pájaros, entre otros. Se les pide a los estudiantes que se relajen y se recuesten quietamente en posición de descanso para guiarlos en el viaje imaginario. Y el docente comentará en voz suave:

Ustedes están intentando imaginarse las cosas que yo les describiré: Siéntate confortablemente, cierra los ojos e intenta imaginarte lo que te estoy describiendo.

"Tú estás sentado en una playa, tus pies desnudos están siendo tocados por el agua. Ellos tratan de nadar en el agua clara y limpia. El agua se siente deliciosa, pero está algo fría. Tú sientes la corriente llevándote hacia el mar, piensa que el agua está pasando entre tus pies hasta que todo tu cuerpo está en una gran corriente. El agua te conecta con la gran corriente, sientes su poderosa atracción. Ahora empiezas a ver las palmeras de la orilla y más adentro los manglares de los humedales costeros. La gran corriente te lleva hacia las llanuras, puedes ver los pastizales, los esteros de Camaguán y los morichales, las ciudades, la siderúrgica y el bosque hasta que llegas al Orinoco, luego al Delta y alcanzas el océano Atlántico. A través de tus pies y la corriente continúa del agua puedes imaginar que sientes el mar. Ahora... extiende tu mente y entiende que estás interconectado con todos los mares y océanos del mundo. Tú estas ahora tocando un cuerpo de agua simple que se extiende todo alrededor del mundo... tu propio cuerpo contiene agua que

es parte del sistema. Tú tocas ahora el mar Caribe, ves las profundidades de Cabo Codera y parece que quiere tragarte. Ahora, puedes visualizar el Lago de Maracaibo y todas las plataformas de perforación de petróleo. De pronto el cielo se pone gris, se desprende una tormenta y a lo lejos puedes ver el relámpago del Catatumbo. El agua empapa a un Guajiro que tira su red de pescar en la Laguna de Sinamaica. Flotando en el mar alrededor del mundo, puedes subir y alcanzar el interior del continente, a través del Canal de Panamá. Ahora estás llegando al océano Pacífico. Puedes llegar al río Nilo, al río Colorado y hasta al Amazonas; siente ahora al sigiloso caimán que se introduce en el agua para cazar la presa. ¡Cuidado!, una anaconda se acerca. Cercana a ella puedes ver las toninas, el perro de agua y al gallito de las rocas. Tus pies sienten el flujo de la corriente del río Amazonas... estás cerca ahora del Caroní y puedes oír las turbinas generadoras de electricidad. El agua abraza envolviendo todo alrededor de la tierra... y por supuesto el agua fluyendo sobre tus pies conectándote con todo. Me pregunto, ¿a dónde va el agua? Es tiempo de regresar. Retorna a los límites de tus sentidos, de los ríos y los océanos, regresa tus pies a la superficie. Regresa de donde estés. Cuando te sientas listo puedes abrir los ojos."

Cuando el viaje finalice, los estudiantes abrirán sus ojos. Pidámosles que tengan su diario privado y escriban su impresión. Luego solicíteles que cierran los ojos nuevamente para encontrar el lugar que describieron en su diario y traten de recordar la imagen.

Le pediremos que se relajen otra vez y traten de recrearse con lo imaginado, que miren los detalles, el color, las plantas, los animales e intenten capturarlos todos en una sola escena, poniendo especial atención en el rol del agua en sus vidas, en la de las plantas y de los animales. Luego suministraremos materiales de arte y orientamos para que pinten su lugar favorito del viaje.

Cuando la imagen esté completa, hacemos que los estudiantes escriban poesías, que expresen sus sentimientos acerca del agua y su importancia.

Luego distribuimos las pinturas en un mapa mundi de acuerdo al sitio imaginado y discutimos la metáfora *El cuerpo único de agua*.

CLAUDIA Es hermoso el viaje. Yo lo hice contigo. Creo que a los muchachos les va a gustar muchísimo.

ERNESTO Pero, Sofía,

¿solamente con educación lograremos conservar el agua?



SOFÍA No, también se necesitan tomar otras medidas, como las de tipo técnico-administrativas y las legales.

CLAUDIA Por ejemplo, en Maracaibo los problemas de agua son inmensos por la pérdida que ocurre a nivel de acueductos. Los agricultores se roban el agua para sus cultivos, cuando la solución sería usar otras técnicas de riego como por ejemplo, la de goteo.

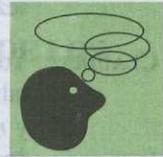
SOFÍA Tenemos que comprender que en Maracaibo uno de los mayores problemas en el uso del agua es la contaminación del Lago por vertido de desechos sin tratamiento previo.

ERNESTO Y en Venezuela leímos hace poco en el periódico que el 50% de las pérdidas de aguas en los acueductos se debe a tomas clandestinas.

SOFÍA Ese no es el único problema, la situación se complica cuando esa agua es incorporada nuevamente al ambiente, porque va cargada y contaminada con fertilizantes y biocidas, ya que no hay ningún tratamiento previo.

ERNESTO

¿Cuál sería la solución, entonces, para alcanzar un manejo sustentable del recurso agua?



SOFÍA La solución ahora es el tratamiento de las aguas. Pero, además el agricultor puede tratar de usar el control biológico de plagas y usar menos fertilizantes o por lo menos sólo los necesarios.

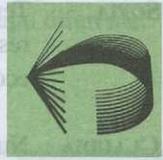
CLAUDIA Además con el avance de la biotecnología se pueden lograr muchas cosas. Por ejemplo, la adaptación de las plantas a medios salinos o al déficit de agua, insertando los genes correspondientes.

ERNESTO Considero que antes de llegar a utilizar medidas biotecnológicas, debemos aplicarle la Ley Penal del Ambiente a los que se roban el agua.

SOFÍA Esa es una posibilidad, pero no excluye otra. Por ejemplo, para controlar las plagas se pueden utilizar procesos biotecnológicos. Por ejemplo, especies resistentes a plagas y más productivas. De esta manera se ahorra en fertilizantes, en plaguicidas, en gastos de tratamiento y en AGUA.

ERNESTO También la contaminación del agua por las diferentes actividades que se han comentado puede evitarse con la aplicación de las leyes que ya existen. Por ejemplo, en una industria, el agua que se utiliza puede ser recuperada en el mismo proceso.

- SOFÍA** La desalinización es una opción cada vez más popular para las áreas costeras que tienen un déficit de agua dulce muy elevado.
- CLAUDIA** ¡Ah, sí! El número de plantas desalinizadoras ha aumentado. Durante el año 1980 eran de 3 580 y se duplicó para el 86. Son comunes en países como Kuwait, Arabia Saudita, Curaçao y en el sur de Florida (USA). Además, estas plantas desalinizadoras deberían utilizar energía solar para su funcionamiento, que es una energía limpia.
- ERNESTO** Sin ir muy lejos, aquí en la isla de los Roques, en el norte de Venezuela se usa este tipo de procesos con energía solar para obtener agua dulce, porque allí no hay.
- SOFÍA** Como ven, *sólo con una medida* no se logra resolver el problema. Necesitamos una *conjunción de esfuerzos*, que vayan desde lo individual hasta un marco legal internacional. Todos debemos colaborar, porque todos somos responsables.
- ERNESTO** Tienes razón. Tenemos que pensar en todas las posibilidades que tenemos a nuestro alcance para así ayudar en la solución de los problemas de la escasez de agua y las enfermedades que se ocasionan por su mal uso.
- CLAUDIA** Yo agregaría que en la educación para el desarrollo de una actitud ambientalista, debemos usar estrategias metodológicas que reten a los estudiantes y *muevan* su parte afectiva, para así lograr orientarlos hacia una conducta en armonía con el ambiente.
- ERNESTO** Hay un aspecto en la problemática del agua que se hace patente en su uso para las poblaciones humanas y es el hecho de que la población mundial se ha duplicado en las últimas cinco décadas, lo que trae consigo una mayor demanda, simplemente porque somos más.
- SOFÍA** Y este aspecto no es exclusivo del problema del uso del agua, sino que también sucede lo mismo con el resto de los recursos del planeta. Porque somos más, utilizamos más combustibles fósiles, producimos más desechos, extraemos más minerales, utilizamos más tecnología...
- CLAUDIA** Ciertamente el aumento de la población mundial es un aspecto que tenemos que considerar en el estudio de cualquier situación ambiental. Ha habido numerosas publicaciones sobre la posibilidad o imposibilidad de que nuestro planeta pueda sostener una población creciendo en forma exponencial. Los recursos del planeta son finitos, por lo que la población debería también mantenerse bajo control.
- ERNESTO** Esa es una discusión que tendremos que realizar. Porque no podremos seguir creciendo indefinidamente, so pena de destruir el equilibrio dinámico de nuestro planeta.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 5

1. Indique algunas enfermedades que se originen en un mal manejo del recurso agua.
2. ¿Por qué se afirma que el agua dulce del planeta es escasa?
3. ¿En qué forma los patrones culturales de una población traen como consecuencia el deterioro de las reservas de agua?
4. ¿Por qué el agua es hoy un problema?
5. ¿Cuáles son las ventajas de usar una estrategia como el viaje imaginario?

4. ¿QUÉ ASPECTOS INCIDEN EN LA DEFORESTACIÓN DE LOS BOSQUES DEL PLANETA?

ERNESTO La deforestación es otro de los problemas que la población humana y el planeta están enfrentando.

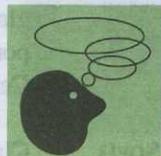
SOFÍA Si mal no recuerdo, cuando comenzamos a discutir sobre los problemas de contaminación atmosférica, comentamos que la tala y la quema eran una de las causas de aumento de monóxido y dióxido de carbono en la atmósfera, porque la descomposición de materia orgánica libera grandes cantidades de estos gases y la destrucción de la vegetación elimina el sumidero de dióxido de carbono.

CLAUDIA Tienes razón y esto trae como consecuencia el cambio climático global y lo que conocemos como incremento del efecto invernadero.

SOFÍA Sin embargo, recordemos que el principal responsable es la quema de combustibles fósiles.

ERNESTO

¿Por qué están en peligro estos bosques?



- SOFÍA** Tengo entendido que los bosques que están en mayor peligro de ser deforestados son los bosques tropicales lluviosos y los manglares, que son los ecosistemas de mayor productividad en el planeta.
- CLAUDIA** Nuevamente tienes razón. En las zonas templadas, los bosques que quedaron después de las deforestaciones para el aumento de la frontera agrícola, son preservados como parques nacionales. Y ya hemos comentado cómo se divulga la información de la problemática de estos bosques templados, por el efecto de lluvia ácida.
- ERNESTO** Ciertamente, ha habido mucha información en los medios de comunicación acerca del problema de lluvia ácida y esto ya lo discutimos, pero los ecosistemas de bosques en las zonas tropicales son realmente importantes y hasta se ha llegado a declarar que *son el pulmón de nuestro planeta*.
- SOFÍA** Ese eslogan es el que se ha utilizado para que la gente tome conciencia de la importancia de estos bosques.

4.1. LOS MANGLARES

- ERNESTO** Claudia mencionó los manglares y tengo entendido que este ecosistema es muy especial. ¿Nos podrías dar un poco más de información sobre los manglares?
- CLAUDIA** El ecosistema manglar se utiliza para denominar un grupo taxonómico diverso, de especies de árboles leñosos, que crecen en las zonas costeras tropicales y subtropicales, en la parte superior de las mareas, en los estuarios. Su extensión ha sido estimada por la Organización Internacional de Madera Tropical, en 20 millones de hectáreas.
- ERNESTO** ¡Hoy estás muy académica, Claudia! Déjame ayudarte. En Venezuela tenemos 250 000 hectáreas de este bosque y el Parque Nacional Morrocoy o la Laguna de Tacarigua tienen esa belleza tropical de los manglares. Si exploras un poco en las raíces aéreas de estos árboles, que son tan llamativas porque se asemejan a los tentáculos de un pulpo, consigues una gran diversidad de especies marinas, tanto flora como fauna.
- CLAUDIA** ¡Yo estoy académica y tú estás poético! Déjame seguir con más información acerca del manglar. A pesar de que hay 20 millones de hectáreas de manglar, su distribución es limitada, porque crecen sólo bajo clima tropical y por eso se ubican alrededor de dos centros de diversidad: Indo-Malaya y Centro América y el Caribe y otros pequeños núcleos.
- SOFÍA** Claudia, ¿es cierto que existen 34 especies de manglares?

CLAUDIA Sí, se conocen 34 especies de manglares, ubicadas en 9 grupos y en nuestro país tenemos tres especies que pertenecen cada una a un grupo diferente.

ERNESTO Estamos hablando mucho del manglar y yo me pregunto,

¿por qué es tan importante este ecosistema?



SOFÍA ¡Pero es obvio, Ernesto! En principio todo ecosistema tiene importancia dentro de la Biosfera. Sin embargo, el manglar cumple funciones que no puede cumplir otro ecosistema en la zona tropical. De otra manera, no existiría o habría evolucionado hacia otra formación.

CLAUDIA En eso tienes mucha razón. La importancia ecológica del manglar está bien establecida porque, por ejemplo, sus raíces atrapan los sedimentos, promoviendo la agregación de materiales y consolidando el suelo. Como consecuencia, se mantiene la calidad del agua salobre, que en algunos casos es necesaria para el ecosistema vecino, que son los arrecifes coralinos. Además, protegen la línea de costa de la erosión durante las tormentas.

SOFÍA No debemos olvidar que los manglares son una fuente maderera para las poblaciones costeras y sirven como criaderos de ostras, crustáceos y peces comerciales, refugio de fauna diversa y en las ramas de los árboles es asombrosa la biodiversidad de aves, nativas y migratorias. Además, puede constituirse en una gran fuente maderera si se explota racionalmente, y de esto ya tenemos experiencias pioneras.

ERNESTO Cuando yo he ido en paseos en lanchas por los canales de los manglares, siempre he podido observar gran cantidad de aves de todos los tamaños y colores. Por ejemplo, el águila marina, el pájaro carpintero y muy llamativas son las bandadas de corocoras, parecidas al flamingo, de intenso color rojo. El valor escénico de este ecosistema es invaluable, ¡incalculable! Y esta consideración pocas veces, creo que nunca, es tomada en cuenta.

CLAUDIA Aprovechemos para solicitar a los estudiantes que,

reflexionen sobre la importancia de este ecosistema tropical.



SOFÍA ¿Y cuál es la problemática? Porque yo creo que casi todos los manglares de la costa venezolana están protegidos por ser Área Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE). Entonces,

¿cuál es el problema?



CLAUDIA El problema es que debido a las actividades turísticas, especialmente la construcción de complejos turísticos, se ha puesto en peligro este importante ecosistema. Y a esto se suma el riesgo del incremento del nivel del mar por los cambios climáticos globales, que si recuerdas, si sube un metro, todo el Parque Nacional Morrocoy y el Delta del Orinoco quedarían cubiertos por las aguas.

ERNESTO Conviene plantear en clase:

¿Qué significaría la pérdida del ecosistema manglar para Venezuela? Y, ¿para los pobladores cercanos a ellos?



CLAUDIA Este tema es realmente importante y debe ser discutido en clase, así como también el de la pérdida del bosque tropical. Pero,

¿cómo lo discutimos con nuestros jóvenes?



SOFÍA Se puede discutir con el grupo algunas de las consecuencias de la destrucción de los manglares y las razones que ofrecen las diferentes personas para su conservación.

ERNESTO Esto puede hacerse dividiendo el grupo en equipos de cuatro o cinco alumnos y pidiéndoles que hagan una lista de las razones por las cuales el manglar debe ser protegido. Luego de un tiempo, el relator de cada equipo expone las razones y éstas se pueden colocar en una gran lista en la pizarra o en un papel para recoger las de todo el grupo.

SOFÍA Tú lo que sugieres es que se haga una "lluvia de ideas" o "tormenta de ideas" acerca de la conservación del manglar para iniciar la clase.

ERNESTO Para iniciar, siempre hay que trabajar con la experiencia que ellos traen. ¿Recuerdas?

CLAUDIA Y después, ¿qué haces?

ERNESTO Se pueden presentar las razones que brindan los expertos para conservar este ecosistema y se comparan con las del grupo. De esta forma, el grupo deberá decidir si a esas razones deben agregarse otras. Mi experiencia dice que por lo general los muchachos incorporan el paisaje, el valor para los pescadores y pobladores de la zona, la estética y otros aspectos no materiales.

SOFÍA Oye, allí hay una oportunidad para discutir los valores culturales y sociales al lado de los valores biológicos y poner así en evidencia el paradigma de la complejidad de los problemas de la biosfera y de los creados por el uso de la tecnología.

ERNESTO Volviendo a la estrategia de aula, después de hacer la comparación, los estudiantes deberán jerarquizar las opiniones a favor de la conservación del manglar y seleccionar las razones más importantes para esta acción. Esto creará un debate muy interesante en donde se evidenciarán los valores que tienen los jóvenes.

CLAUDIA Pero,

¿qué significa conservar? ¿No tocar el recurso?



ERNESTO Por supuesto que no, Claudia. Esa sería una posición extremadamente radical que no aportaría a la solución del problema. Las sociedades requieren del uso de los recursos naturales, pero manejados en forma sustentable.

SOFÍA El debate es interesante y se puede aprovechar para que, una vez que seleccionen las dos razones, propongan modos de usarlo sin provocar daños irreversibles y así podrán proponer alternativas a los usos presentados.

CLAUDIA Y habrá que profundizar en la discusión de los valores, porque esto es lo que hará que se sensibilicen ante el problema.

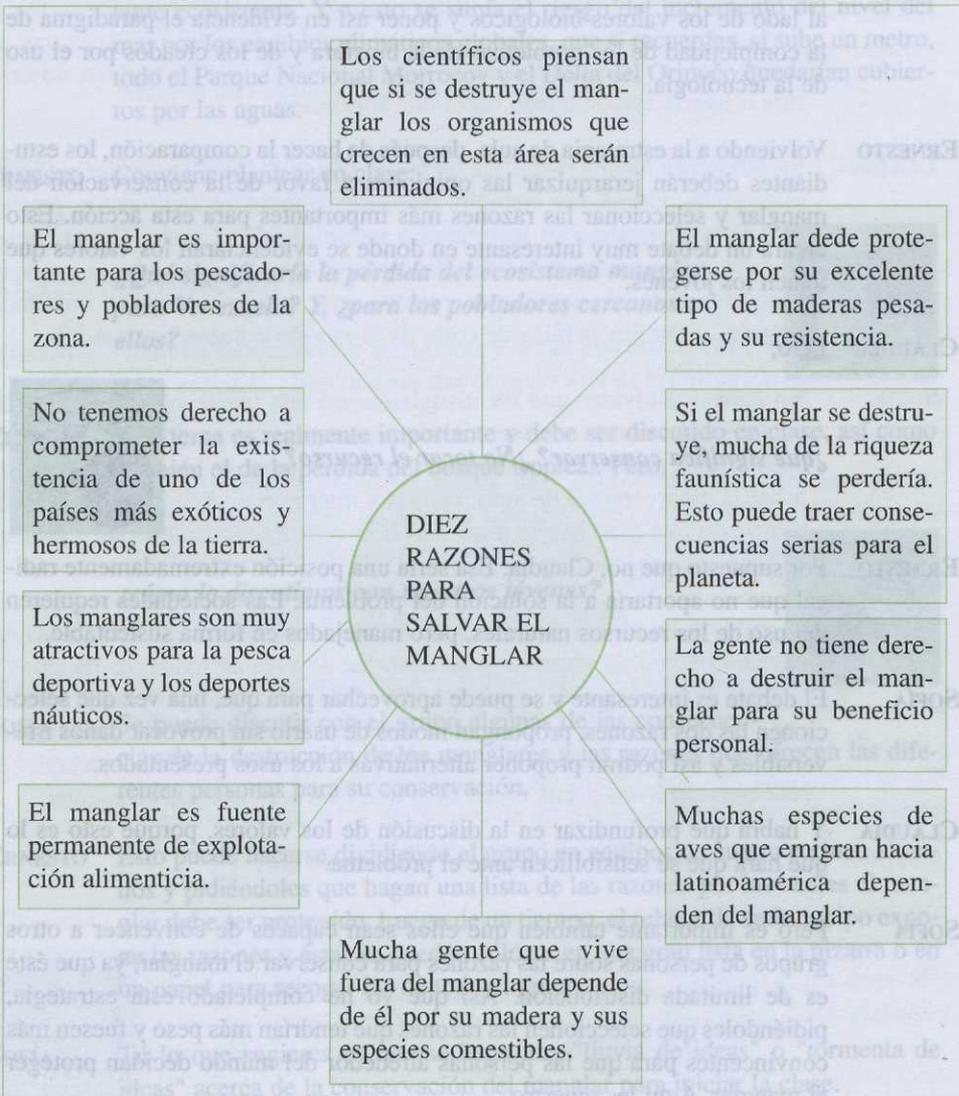
SOFÍA Pero es importante también que ellos sean capaces de convencer a otros grupos de personas sobre las razones para conservar el manglar, ya que éste es de limitada distribución. Así que yo he completado esta estrategia, pidiéndoles que seleccionen las razones que tendrían más peso y fuesen más convincentes para que las personas alrededor del mundo decidan proteger el manglar. Aquí les muestro.

CLAUDIA

¿Cómo convencer a las personas de conservar el manglar?



ERNESTO ¡Excelente tu esquema, Sofía! Tanto en Venezuela como en otros países hay gente que no conoce este ecosistema tan especial y es importante que nuestros jóvenes, que serán los futuros conductores del país, sean capaces de sensibilizar a estas personas.



CLAUDIA Hasta aquí la estrategia me convence. Es sencilla y de fácil manejo en clase y además, promueve la participación de los estudiantes. Pero creo que hay que pensar en alguna estrategia de transferencia, ¿no creen?

SOFÍA Por supuesto. Los resultados de este tipo de discusión se prestan para que los jóvenes hagan carteleras o murales para su divulgación, dentro y fuera del plantel. Allí podrán exhibirse las características de este ecosistema, su distribución y las razones seleccionadas para conservar este recurso.

ERNESTO Muy bien, Sofía. Tus años de experiencia de trabajo en el aula y tu permanente actualización son siempre valiosos a la hora de recomendar formas de actuar en la clase. Te felicito por esta nueva idea.

4.2. ¿Y QUÉ PASA CON EL BOSQUE TROPICAL LLUVIOSO?

ERNESTO Al inicio de esta parte comentamos que el bosque tropical lluvioso es otro de los ecosistemas que se encuentran en peligro de ser destruido, pero, ¿por qué no elaboramos más esta idea? Es que nunca me siento conforme con las "declaraciones" sin mayores explicaciones.

SOFÍA Creo que tienes razón. Y para "complacerte" y a la vez ofrecer mayor información a nuestros estudiantes, considero que es conveniente que nos extendamos sobre este tema. ¿Qué te parece Claudia, si hacemos algunas consideraciones sobre este problema?

CLAUDIA Es que estamos obligados, "no sólo para complacer" a Ernesto, sino porque el bosque tropical lluvioso tiene un papel importantísimo en el ciclo del carbono en la Biosfera. Es por ello que no podemos eludir el tema, a menos que seamos simplemente "declarativos", como manifestó nuestro amigo.

SOFÍA

¿Por qué el bosque tropical lluvioso es importante en el ciclo del carbono en el planeta?



CLAUDIA Los bosques absorben gran cantidad de CO_2 en la fotosíntesis (razón por la cual se les conoce como "sumideros" de anhídrido carbónico) y al quemarlos dejan, claro está, de absorber ese CO_2 . Además, la biomasa que queda en ese lugar después de talar el bosque, libera gran cantidad de este gas a la atmósfera.

ERNESTO Corrígeme Claudia, si estoy equivocado, pero al bosque tropical lluvioso la gente en la calle le da otros nombres. La selva es el más común de ellos,

pero también se le denomina bosque húmedo tropical, selva nublada y no sé si otros calificativos más.

CLAUDIA Recibe estos nombres y todos califican la frondosidad, la espesura y la humedad permanente de este ecosistema.

SOFÍA Sí, porque estos ecosistemas se encuentran ubicados en la zona intertropical, bajo condiciones de precipitación de más de 2 000 mm anuales y temperaturas medias mayores de 25° C.

CLAUDIA En estas condiciones ambientales abunda la biodiversidad y el bosque permanece húmedo a lo largo del año, a pesar de que en la zona intertropical hay marcada estacionalidad en el patrón de lluvias. Y aún en el período de sequía, hay suficiente humedad para que el ecosistema funcione.

SOFÍA Creo que podemos pedirle a los estudiantes que, *hagan una caracterización de este bosque.*



ERNESTO Como ustedes han dicho, este ecosistema se encuentra en la zona intertropical y es por eso que lo encontramos en África, Asia y Latinoamérica. Sólo Brasil tiene el 67% de este bosque en el área del Amazonas y esto representa aproximadamente un tercio del bosque húmedo tropical de toda la Biosfera. El resto está compartido entre Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Es por eso que, para los países de la Amazonia, es muy importante este ecosistema.

SOFÍA Sí, pero esto depende de los intereses del grupo. Por ejemplo, los gobiernos brasileños a principio de la década de los 80, estimularon la colonización de parte del bosque, dando incentivos a los inmigrantes bajo la forma de subsidios, construcción de carreteras, títulos de propiedad de la tierra. Los colonos comenzaron a expandir la frontera agrícola y ganadera, se inició la explotación maderera y la minera. Todo en forma desorganizada, caótica.

CLAUDIA Eso fue muy lamentable. Los gobernantes no se dieron cuenta de que la existencia de un bosque siempre verde no se debía a las excelentes condiciones del suelo y la fragilidad del ecosistema se demostró cuando las cosechas comenzaron a disminuir y se requirió mayor energía para los agroecosistemas implantados, en forma de fertilizantes.

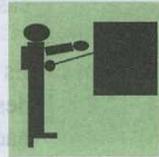
ERNESTO Lo que no sabían es que la permanencia del bosque tropical lluvioso se debe a los eficientes mecanismos de conservación de nutrientes.

SOFÍA Y entonces se desmoronó el mito de un suelo fértil.

ERNESTO Es increíble cómo la falta de formación de los gobernantes les lleva a introducir políticas que van en contra de sistemas naturales, que después tardarán hasta medio siglo en regenerarse.

SOFÍA Les pediré a los estudiantes que

reflexionen acerca del mito de un suelo fértil en el Amazonas.



CLAUDIA Y lo peor de esto es que los economistas nunca incluyeron, en los precios de los productos resultantes, el costo de la pérdida del bosque, ni los usuarios toman en cuenta los costos ambientales, especialmente los futuros. Porque si los gobernantes no estaban formados, los colonos eran gente aún mucho más humilde, que ni siquiera habían aprovechado los beneficios del sistema educativo formal.

ERNESTO De nuevo vemos cómo el modelo económico no considera a la población que debe ser la beneficiada.

SOFÍA Un dato interesante es que, mientras la población de todo Brasil crecía a un ritmo de 2,8% anual, la población del Amazonas brasileño creció a razón de 6% anual.

CLAUDIA Esto da la idea de la gran migración que se produjo, bajo el sueño de una mejor calidad de vida para los colonos. Lo lamentable es que se perdió esta parte del bosque, fracasó la esperanza de miles de colonos y por supuesto, se demostró lo equivocado de las políticas gubernamentales.

ERNESTO Aún así y a pesar de que este problema ha tenido una gran difusión en los círculos ambientalistas mundiales, el gobierno brasileño continúa empeñado en llevar adelante esta política de migración de la población.

SOFÍA No se sienten satisfechos con los problemas que han causado y por eso acusan a los grupos ambientalistas brasileños de antinacionalistas porque el bosque les pertenece y ellos tienen el derecho a explotarlo.

ERNESTO Creo que es oportuno ahora pedirle a los estudiantes

que comenten las relaciones entre políticas gubernamentales como las del Brasil y alteración de sistemas naturales.



CLAUDIA Con esa actitud es imposible que se apliquen los correctivos necesarios para frenar la destrucción del bosque Amazónico, que tengo entendida que es de un 11% anual.

SOFÍA Es triste constatar la falta de sensibilidad ambiental de los gobernantes. Pero no es sólo en Brasil donde hay problemas de pérdida de este ecosistema. En Zaire e Indonesia hay una gran destrucción de este bosque, y en el caso de Indonesia, las razones coinciden con las brasileñas.

CLAUDIA Es cierto. Estuve leyendo un artículo en la revista Ambio sobre Indonesia y describen cómo el gobierno está favoreciendo la migración de la población hacia las Islas Exteriores donde se encuentra el bosque. Les ofrecen incentivos bajo la forma de subsidios a fertilizantes, cero impuestos a la exportación y todo para cosechar palma de aceite, lo que ha acelerado la deforestación. Y además, no se dan estímulos a la reforestación.

ERNESTO Yo he estado leyendo sobre el problema y la situación es realmente contradictoria. En las Islas Exteriores se encuentra una población de 12-13 millones de personas, que cultivan aproximadamente 7 millones hectáreas de tierras. Los cultivos indígenas se pueden mantener sustentablemente pero, con la llegada de medio millón de familias de colonos, a partir de 1979, se han requerido 2 millones de hectáreas adicionales. De esa forma, la explotación sustentable dejó de serlo.

SOFÍA De nuevo la falta de sensibilidad ambiental se pone de manifiesto cuando ponen en práctica políticas de desarrollo no sustentable. En un programa de televisión pude ver una entrevista a un agente gubernamental que expresaba lo mismo que los políticos brasileños: el bosque es nuestro y podemos explotarlo sin dar explicaciones a nadie.

ERNESTO Es lamentable. No pueden comprender que todos los ecosistemas forman parte de la Biosfera y que no podemos alterar un subsistema de ella sin crear impactos en los otros. ¡Qué falta de visión!

SOFÍA ¡Y de valores ambientales! Porque ellos son los dirigentes y deberían tenerlos, ya que a la población que tiene tantas necesidades no se le puede exigir la postergación de la solución a sus problemas.

CLAUDIA Y esto es muy claro cuando los gobiernos no planifican el uso del bosque en forma sustentable y le dan incentivos a los inmigrantes para que usen las tierras sin restricciones. Lo peor es que no ofrecen estímulos que garanticen la reforestación de las áreas utilizadas.

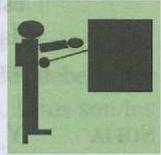
ERNESTO De nuevo quisiera pedirle a los estudiantes

que establezcan relaciones entre políticas de desarrollo y deterioro ambiental.



SOFÍA

¿Qué acciones puede ejercer la población civil ante estos atropellos a la naturaleza?



CLAUDIA Y, ¿cómo es el caso de Zaire? Me imagino que debe estar relacionado con el uso de la madera como combustible, porque en África, este es el combustible más barato y el que se usa por tradición.

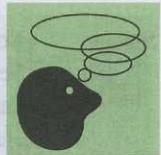
ERNESTO ¡Muy buena deducción, amiga! En Zaire, la demanda por combustible crea una gran presión sobre los bosques madereros porque los patrones culturales así lo dictaminan. También hay en menor grado, cultivos rotativos como los de nuestros conucos venezolanos, que son manejos sustentables de este ecosistema.

SOFÍA Pero la demanda por combustible está haciendo que se pierdan 180 000 hectáreas de bosque anualmente. Y hay que tomar en cuenta que ellos tienen el 10% del bosque tropical lluvioso mundial y el 47% del africano. En este contexto, la pérdida del ecosistema de Zaire es considerable.

ERNESTO Este problema, con las mismas connotaciones, se presenta en la Isla de Santa Lucía, en el Caribe.

CLAUDIA

¿Qué se está haciendo para frenar este ecocidio?



ERNESTO Lo que yo sé es que se está trabajando con cooperación internacional para hacer hornos y cocinas más eficientes y a la vez, educar a la población en el uso de combustibles alternativos, por ejemplo, paja y carbón. También existe un programa de reforestación de áreas desnudas.

SOFÍA Parece que en el problema de Zaire predomina un patrón cultural unido a la explosión demográfica y a una gran pobreza de la población y del país, que

hace que no se utilicen otras alternativas como combustible. ¡Y hay tantos ejemplos como los de los hornos solares, tan económicos y limpios!

ERNESTO ¡Y tan adecuadas a un país tropical!

CLAUDIA Yo considero que en todos los problemas hay una variable cultural. En Brasil e Indonesia, el hombre se aferra a la tierra, desea poseerla, porque ésta es la garantía de un futuro mejor. Es por eso que las facilidades creadas por los gobiernos logran movilizar tantos miles y millones de personas.

SOFÍA Y de ahí deriva la importancia de programas de educación formal y no formal, para crear la sensibilidad ambiental en toda la población.

ERNESTO Esta es una de las vías y debe estar siempre presente en cualquier programa de uso de los recursos. Pero no debe ser la única. Debemos pensar siempre en un conjunto de medidas en las cuales unas se complementen con otras. Como un verdadero sistema.

CLAUDIA Yo quiero solicitar a nuestros estudiante:

¿Qué soluciones pueden aportar desde su escuela y desde fuera de la escuela?



ERNESTO ¿Y cómo van a saber nuestros estudiantes la magnitud de la deforestación?

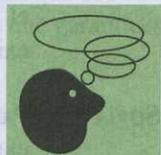
Pensemos en una estrategia.



SOFÍA Yo conozco una forma de hacerlo que puede adaptarse al trabajo de aula. Se pueden conseguir fotografías aéreas de una misma área de bosque que haya sido intervenida. Las fotografías deberían ser de cada diez años, por ejemplo 1960, 1970, 1980 y 1990. Comparándolas, se puede visualizar el área de bosque que ha sido talada.

ERNESTO Pero, ¿se puede cuantificar sobre la fotografía aérea?

¿Qué información se puede extraer de las fotografías?



SOFÍA Si se utiliza un papel milimetrado transparente, se puede calcular el área original del bosque y el porcentaje de ésta área que se pierde cada diez años. De esta forma incluso pueden predecir lo que pasará en cuatro o cinco décadas si se mantiene la misma tasa de deforestación.

CLAUDIA Bien interesante esta estrategia. Pero, ¿dónde puedes conseguir las fotos aéreas?

SOFÍA En nuestro país se consiguen en la dirección de Cartografía Nacional del Ministerio del Ambiente. Y me imagino que en todos los países debe haber una oficina gubernamental que se encarga de elaborar mapas. Ellos son los que elaboran las fotografías aéreas y pueden proporcionarlas.

ERNESTO En esta estrategia se pueden incorporar la discusión de las consecuencias de la deforestación para los habitantes nativos del área, la posibilidad de extinción de especies, algunas aún no conocidas para la ciencia, el impacto en la fauna y la flora, en el suelo, en el régimen hídrico, en el paisaje, en la Biosfera, etc...

CLAUDIA También cabe la discusión de valores relacionados con la permanencia del bosque. La ventaja de esta estrategia es que en todos nuestros países se consiguen ejemplos de áreas deforestadas, aunque no necesariamente sean de bosques tropicales lluviosos.

SOFÍA Y para cerrar, se les puede pedir a los estudiantes que elaboren un periódico mural o cartelera con todos los mapas que hayan elaborado y las conclusiones a las que lleguen. De esta forma se divulga lo aprendido.

CLAUDIA Yo quisiera sugerir una actividad que complemente ésta. Siempre me he asombrado de la cantidad de satélites que se trasladan alrededor de la Tierra y toman imágenes permanentemente. Es por eso que quisiera pedirle a los estudiantes,

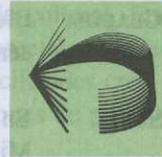
que consulten bibliografía acerca de los satélites espaciales y la información que nos proporcionan.



ERNESTO Esta es una buena idea. Porque las imágenes que los satélites nos envían, nos sirven para observar diariamente y a cada hora lo que está sucediendo en el ambiente del planeta. Y así podemos predecir los impactos de fenómenos naturales y también los causados por el hombre.

SOFÍA Creo que, además de lo que ustedes han señalado, es importante que este tipo de tecnologías se conozcan, porque son las que han permitido que fenó-

menos tan complejos como los cambios climáticos, el transporte de nutrientes y sedimentos en ríos y mares y otros muchos, sean mejor comprendidos. Además, la ventaja de tener una visión global del planeta, nos permite integrar los fenómenos y comprender sus interdependencias.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 6

1. Comente las relaciones entre políticas de desarrollo no sustentable y deterioro ambiental del bosque tropical lluvioso.
2. ¿En qué forma los patrones culturales pueden tener incidencia en los problemas ambientales?
3. ¿Qué razones justificarían la conservación de los sistemas de bosques del planeta?
4. Comente la importancia de utilizar estrategias metodológicas como las propuestas en esta sección.
5. ¿Qué razones hay para que la población humana desforeste? Comente la validez ecológica de estas razones.

5. EL DESARROLLO INDUSTRIAL Y SUS EFECTOS EN EL AMBIENTE Y LA SOCIEDAD: CASO DE ESTUDIO DE UNA POBLACIÓN AFECTADA

ERNESTO Otro de los problemas ambientales que se repite en todos nuestros países es el deterioro del ambiente y sus habitantes por grandes plantas industriales, de petróleo y minerales.

SOFÍA Tienes mucha razón. Fíjate que nuestro país, que es un gran productor de petróleo y minerales, tiene problemas de contaminación muy grandes porque las plantas procesadoras empezaron a trabajar cuando no había regulaciones sobre protección al ambiente.

ERNESTO Ciertamente, nuestras plantas de procesamiento de petróleo y minerales que comenzaron a funcionar entre los años 50 y 60, no tenían controles ambien-

- tales, pero en el transcurso del tiempo han tenido que adaptarse a estas medidas.
- CLAUDIA** ¡Pero no negarás que en todo este tiempo se han producido cambios irreversibles en el ambiente!
- SOFÍA** Por supuesto que eso ha sucedido. Si tomamos como ejemplo cualquier planta procesadora de petróleo, podrás darte cuenta que ellos han hecho una gran inversión en tratar de revertir los efectos del deterioro ambiental producido y además, hacen una gran campaña publicitaria para demostrar que son "grandes defensores del ambiente".
- ERNESTO** Tal como lo presentas Sofía, ¡parece que los quieres condenar! Tenemos que analizar los hechos en su justo contexto. Por una parte hace décadas, no se conocían los efectos tóxicos de muchos desechos de las plantas procesadoras de materias primas y por otra parte, la industria petrolera ha hecho últimamente grandes esfuerzos e inversiones para ajustarse a la normativa ambiental vigente.
- SOFÍA** Quizás me expliqué mal. Yo lo que quise decir es que, estas industrias que contaminaron el ambiente, tienen la responsabilidad moral, ética y social de responder por los daños causados.
- CLAUDIA** Sin olvidar además, la responsabilidad legal de no continuar con los patrones contaminantes de producción que tuvieron en el pasado.
- ERNESTO** Estamos de acuerdo. ¿Por qué no proponemos el estudio del caso de El Quemao, que es una población vecina a una planta procesadora? La planta es un desarrollo industrial importante para el área y para la generación de divisas para el país. Pero, hay una problemática en la población de El Quemao y Río Blanco, por la contaminación a la que han estado sometidos durante años.
- SOFÍA** Sí, es una buena idea. Es un caso que está sobre el tapete porque en este momento todo el país está pendiente de lo que allí está sucediendo.
- ERNESTO** El problema es tan complejo que hasta la Comisión Internacional de Derechos Humanos está informada de este caso.
- CLAUDIA** Yo propondría que diseñásemos una estrategia para que nuestros estudiantes puedan analizar este caso y que a la vez, les sirva de modelo para que, al abordar problemas similares en sus regiones, puedan utilizar esta estrategia u otra similar. ¿Qué se les ocurre?
- SOFÍA** Yo considero que para estudiar un caso tan complicado como el de El Quemao, será necesario proponer una estrategia de *debate* por diferentes grupos, con toda la información que se pueda recopilar.

ERNESTO ¡Buena idea! Una de las fuentes de información tendrá que ser obligatoriamente la Comisión Permanente del Ambiente y Ordenación Territorial del Congreso, porque ellos han sido intermediarios, investigadores e interlocutores de las denuncias formuladas por los habitantes de El Quemao, a través de sus Asociaciones Vecinales.

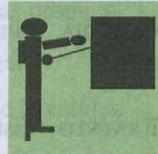
SOFÍA Esa es una buena fuente de información. También debemos ir a la Biblioteca Nacional, a la sección de Hemeroteca para consultar los artículos de prensa que hayan sido publicados en relación al problema.

CLAUDIA ¡Me parece una buena estrategia! Si ustedes buscan esas fuentes de información, yo me comprometo a buscar resultados de investigaciones que se hayan realizado para determinar la contaminación de seres humanos y los ecosistemas acuáticos y terrestres. Después armaremos nuestra estrategia, ¿Les parece bien?

ERNESTO Perfecto. Nos vemos entonces dentro de una semana porque tendremos que trabajar intensamente.

SOFÍA Una cuestión más. Podemos solicitar a los estudiantes que comenten

¿hasta dónde llega la responsabilidad de las empresas gubernamentales y privadas en la contaminación que hayan producido en el ambiente circundante a sus plantas procesadoras?



ERNESTO Y nosotros debemos plantearnos

¿qué estrategia será útil para trabajar este problema en el aula?



[...]

SOFÍA ¡Hola amigos! ¿Cómo están? Yo traigo muchísima información ya procesada.

ERNESTO ¡Hola, Sofía! Yo también estoy muy contento porque en el Senado pusieron a mi disposición todo lo que ellos tenían y me invitaron a participar en la próxima reunión que tengan con las Asociaciones Vecinales de El Quemao. Realmente tienen mucha información.

CLAUDIA Por mi parte sólo conseguí ciertos datos, aunque hay numerosas organizaciones que han hecho investigaciones. Hasta la Comisión de Médicos por los Derechos Humanos de USA, ha hecho investigaciones recientemente. Tomaron en el área muestras de gases, suelo y desechos para analizarlos en sus laboratorios y muestras de sangre de 120 habitantes, supuestamente afectados, así que pronto tendremos los resultados. En esto les acompañaron profesionales de Toxicología de la Universidad regional.

SOFÍA ¡Vaya! Hemos recopilado mucha información. Ernesto y yo aprovechamos para conversar sobre la estrategia de trabajo con los docentes. Vamos a presentarles la situación-problema con tres escenarios. El primer escenario mostrará la situación de la Planta desde sus inicios, los desechos que liberaba al ambiente y la importancia que tiene la empresa como factor de desarrollo regional y nacional.

ERNESTO El segundo escenario presentará el problema de los efectos de la contaminación en la salud humana y en el ambiente en general. Y el tercer escenario es la situación problematizante de, con base a los análisis de la información presentada en los dos escenarios anteriores, asumir una posición ante el problema, en el rol de un juez que tiene que dictaminar sobre el caso.

CLAUDIA Esta estrategia me parece bien interesante. Ayuda al análisis, participación y toma de decisiones de los estudiantes. Además tiene la ventaja de que este modelo lo pueden utilizar los docentes en clase con sus estudiantes. Ahora bien, quisiera que me aclarasen una duda. Yo he leído que los estudiantes entre 12 y 14 años comienzan a desarrollar pensamiento formal y es precisamente entonces, cuando pueden utilizar estrategias de "tomas de decisión".

ERNESTO Eso es lo que la teoría dice. Pero no por ello podemos pensar que nuestros estudiantes no toman decisiones antes de esa edad. Día a día ellos se enfrentan a un mundo en donde deben decidir. Quizás no lleguen a tomar una decisión con todos los elementos en mano, pero podrán aproximarse al análisis del problema y comprender que hay muchas variables involucradas.

SOFÍA Y esa es nuestra intención con los jóvenes. Bien, si estamos de acuerdo, aquí están los escenarios.

Primer Escenario: El Desarrollo de la Planta Procesadora.

Antes de 1968, los habitantes de la población de El Quemao y Río Blanco, en la Costa Oriental de Venezuela, disfrutaban de un área extensa para el desarrollo de sus actividades agrícolas y pesqueras. A partir de esta fecha, se reduce el área por la instalación de la Planta Procesadora para la producción de derivados del petróleo y otros productos industriales. La Planta ha

ido creciendo en el tiempo con la participación de empresas mixtas, casi todas con inversión de capital extranjero. La Planta es una gran fuente de trabajo para obreros, técnicos y profesionales de la ciudad cercana y las poblaciones vecinas y es un foco de desarrollo regional.

Por las sustancias químicas que procesa, libera una gran cantidad de desechos tóxicos en el ambiente, desde el inicio de la producción de la Planta hasta hoy. Ejemplo de ellos son el amoníaco, cloro, benceno, fenoles que son productos altamente volátiles, quemados en mechurrios y además, desechos por efluentes líquidos como mercurio, propileno, benceno y sales, entre otros. Los desechos sólidos son acumulados en un relleno sanitario y cuenta con una planta de tratamiento de aguas, ambos de reciente construcción, como parte de los esfuerzos de la empresa por no contaminar.

La empresa enfrenta actualmente dos problemas: por una parte, terminar de ponerse al día con la normativa legal ambiental, que requiere una inversión multimillonaria para el uso de tecnologías más limpias. Por otra parte, atender las demandas de las poblaciones de El Quemao y Río Blanco y su reubicación porque con la expansión de la Planta, éstas han quedado dentro de la llamada zona de seguridad de la empresa.

- *¿Cuál es el problema más importante para los ecosistemas humanos y naturales de la zona? ¿Por qué?*

- *¿Tienen alguna responsabilidad los actuales directivos de la empresa con el deterioro ambiental causado desde 1968?*

- *¿Tiene la empresa obligación de proteger a sus empleados? ¿Y debe proteger a las poblaciones humanas vecinas?*

- *¿Hasta dónde llega esta responsabilidad?*



Segundo Escenario: El caso de Yolanda y Juan Pedro.

Yolanda y Juan Pedro son una pareja que viven en El Quemao desde su nacimiento, hace unos treinta años. Allí se conocieron y establecieron su hogar. Trabajaban todo el día en una pequeña parcela agrícola, para producir yuca, plátanos, lechosa y otros frutos de huerto. Tenían también unas cabezas de ganado con lo que podían producir leche para fabricar queso. Vivían felices y se decían: "Por lo menos tenemos aire fresco".

Pensaban en tener niños y siempre decían que sus hijos serían sanos y felices como ellos, en esas tierras. Yolanda quedó embarazada y los padres se

sentían orgullosos y contentos por haber realizado su sueño. Pero después de su nacimiento, en el hospital, pasaban las horas y los médicos no informaban nada sobre el niño. Al poco tiempo, el médico llamó al padre para informarle que el bebé tenía problemas porque no había desarrollado el cerebro, al igual que otros casos reportados en el área. Le explicó que Venezuela se encuentra en el segundo lugar mundial de casos de anencefalia, es decir, de desarrollo incompleto del sistema nervioso central.

No entendían qué había ocurrido. ¿Qué pudo haber pasado?, dijo Yolanda. Durante mi embarazo yo me cuidé, no tomé café, ni fumé, no tomé licor, no realicé trabajos pesados, nadie en mi familia ha presentado este tipo de problemas, ¿por qué a mí? Estaba realmente desesperada.

Unas semanas más tarde, Yolanda regresó a El Quemao y comenzó a escuchar que había muchos problemas de salud, a los cuales ella no había prestado atención. Las vacas estaban enfermas y algunas se morían, había muchos casos de enfermos por problemas respiratorios, tanto que eran tres veces más que el promedio nacional y también en algunas ocasiones, una espesa bruma cubría toda la ciudad cercana.

¿Qué está pasando? Las Universidades regionales, legisladores, grupos ambientalistas, grupos internacionales y personal de la Planta comenzaron a realizar estudios. Se tomaron muestras de animales, personas enfermas, de suelo, agua y aire para ser analizadas. La empresa anunció que ellos no contaminan y por lo tanto el funcionamiento de la Planta no produce daños a la salud.

Explican que la bruma que cubre las ciudades es un fenómeno atmosférico de evaporación y condensación del agua. Sin embargo, la empresa comienza a desarrollar un proyecto de reubicación de las poblaciones de El Quemao y Río Blanco bajo el argumento de que "están en el área de seguridad de la Planta". Entonces, ¿dónde está la verdad?

- *¿Qué pudo haber causado las enfermedades de los vecinos?*

- *¿Cómo podría relacionarse los casos de enfermedad con los desechos que produce la Planta?*



Tercer escenario: Las decisión legal.

Los abogados y legisladores comienzan a involucrarse en el problema y se detecta que la empresa está violando diversas normas del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, la Ley Penal del Ambiente y Normas de Instituciones que velan por el ambiente. Entre ellas se destacan:

- Generación y Manejo de Desechos Sólidos, ya que el sitio de disposición de los desechos generados por la empresa no responde a lo que técnicamente debe ser un relleno sanitario.
- Control de Contaminación Generada por Ruido, debido a que el sonido generado por los quemadores es constante y de alta intensidad.
- Clasificación de las Aguas y Medidas de Control de Calidad de los Vertidos, debido a que los valores de fósforo, sólidos disueltos y sólidos suspendidos están por encima de los máximos permisibles.
- Control de Contaminación Atmosférica, debido a que las emisiones gaseosas están compuestas por dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre, hidrocarburos, partículas sólidas, cloro, dicloro etano y amoníaco.
- Normas Ambientales relacionadas con el registro de Materiales Peligrosos que deben tener los vehículos de transporte y el Plan de Emergencia que debe acompañar la Guía de Despacho de los Transportistas.

Se ha detectado que falta control por parte de los organismos competentes.

Si se realizase un debate sobre la violación de estas normas, ¿qué factor tendrá mayor peso en la decisión del juez? ¿Por qué?

¿Qué responsabilidad tiene la empresa en la protección de la salud de los habitantes de El Quemao?

*¿Cuál pensáis vosotros que será la decisión del juez?
¿Se cerrará la Planta Procesadora? Y en este caso,
¿qué sucederá con sus empleados?*

Si la Planta se mantiene abierta, ¿será necesario tomar medidas? ¿Cuáles y por qué?



SOFÍA ¿Qué les parece?

ERNESTO En principio observo que se toman en cuenta los diferentes puntos de vista, en relación al problema. ¿Qué opinas tú, Claudia?

CLAUDIA Sí, así parece. Lo triste del problema es que se presenta con todas las industrias procesadoras que fueron instaladas hace décadas.

SOFÍA Así es, en los países de la región que obtienen sus ingresos a partir del procesamiento de petróleo o minerales como el cobre, hierro, carbón y otros, nos encontramos con problemas de deterioro ambiental de diversos grados. Los metales pesados son difíciles de eliminar porque se acumulan en los

sedimentos y en los seres vivos de los ecosistemas, a través de las redes alimentarias.

CLAUDIA Y producen efectos tóxicos en los organismos vivos que pueden llegar a provocar la muerte y la perturbación de los sistemas ambientales.

ERNESTO Ahora bien, fíjense que en el caso de El Quemao, parece que la información acerca de los resultados de las investigaciones realizadas no se ha hecho del dominio público y eso trae a confusión porque el ciudadano común no tiene todos los datos en sus manos.

CLAUDIA Eso me pasó cuando quise conseguir datos de las investigaciones realizadas por las instituciones de la región. A veces me decían que como había sido la Planta quien contrató el estudio, los resultados no estaban disponibles y eran confidenciales. Otras veces, los datos no los podían publicar porque estaban en proceso de análisis. Al final, una no sabe a qué atenerse.

SOFÍA Pero lo que sí es una evidencia, es que la planta ha adquirido terrenos y ha construido casas que ha cedido en propiedad a cada una de las familias de El Quemao y Río Blanco y aunque este proceso no se ha completado aún en su totalidad, es una evidencia que esa zona es un área de peligro para sus habitantes y debe serlo también para todos los seres vivos que allí se encuentran.

ERNESTO Y por lo tanto, el sistema ambiental ha sido alterado.

CLAUDIA Si observas detenidamente la forma en que se han sucedido los acontecimientos, una no se explica la actuación o mejor dicho la "paralización" de un Ministerio como el del Ambiente. Teniendo en sus manos la posibilidad de aplicar sanciones fuertes como las tipificadas en la Ley Penal del Ambiente, por la violación de diferentes normas.

ERNESTO Eso es relativo, Claudia. Observa que a principios de este año fueron detenidos dos gerentes de esta planta y se les dictó prisión preventiva a seis más. Sí se ha hecho, pero también hay que considerar que detener una planta procesadora como ésta, cuesta miles de millones de dólares al día. Entonces, hay que negociar entre las medidas y normas a las que debe adecuarse y el tiempo que se les otorgue para cumplirlas.

SOFÍA ¡Pero no podemos esperar eternamente! Siendo una empresa del Estado venezolano, el Ministerio del Ambiente debería ser muy estricto con el cumplimiento de la normativa legal.

CLAUDIA En nuestra cultura esa no es siempre la norma.

SOFÍA ¡Eso no debe ser! El cumplimiento de la normativa debe ser igual para todos porque el ambiente es DE TODOS. ¡Entonces no se debe admitir que empresas estatales contaminen y salgan impunes de esta fechoría!

ERNESTO Estoy de acuerdo contigo. Y para dejar la polémica hasta aquí, quisiera aprovechar para llamar la atención de nuestros estudiantes sobre lo difícil que es analizar un caso como éste. Son muchas las variables que intervienen y una de ellas, la económica, pesa mucho a la hora de tomar una decisión. Sea porque adaptar los procesos a tecnologías más limpias implica una inversión costosa o porque adecuarse a la norma significa cambiar los patrones de funcionamiento.

CLAUDIA Estamos conscientes de que adecuar una planta a nuevas tecnologías para que no dañen el ambiente es costoso pero debemos verlo como una inversión en nosotros mismos ya que si el ambiente se contamina, la pérdida es cuantiosa en cuanto a los ecosistemas alterados y la imposibilidad de utilizar las aéreas contaminadas por ser altamente peligrosas.

SOFIA ¡Ese enfoque es el que no prevalece en nuestros gerentes, políticos e industriales! Es lo que comentábamos en la introducción, el modelo económico no toma en cuenta a la población que debe beneficiarse del desarrollo.

ERNESTO Pero se está cambiando, Sofía. En el mismo caso de la planta y otras empresas con capital del estado, uno puede observar cómo se están haciendo inversiones millonarias para brindarles a los habitantes de estas poblaciones una mejor calidad de vida. Luego la empresa tendrá que iniciar planes de recuperación de las áreas contaminadas. Algo se hace, ¿no creen ustedes?

SOFIA Quizás no lo suficiente.

CLAUDIA Bien, antes de culminar este estudio, les pediré a los estudiantes

que utilicen la estrategia con sus compañeros, adecuándola a un caso real de su comunidad o país.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 7

1. Comenten la responsabilidad que tienen las empresas de no alterar el equilibrio natural de los sistemas ambientales.

2. Establezca relaciones entre desarrollo y normativas legales de protección al ambiente.
3. Si todos los involucrados en el problema de El Quemao son componentes de un sistema en desequilibrio, ¿qué medidas serán necesarias para restaurar el equilibrio?

6. ¿Y QUÉ HACEMOS?

ERNESTO El panorama que hemos planteado es realmente poco halagador. Parece que no hay posibles respuestas a los deterioros ambientales que el hombre ha producido.

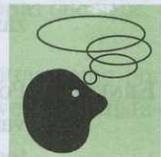
SOFÍA No ha sido ésta nuestra intención, pero en realidad, son tantos los problemas y la poca atención que los estados, gobiernos, organizaciones y personas le brindan, que uno puede tener la percepción de que es imposible solucionarlos.

ERNESTO Yo no creo que sea imposible la solución. Simplemente toma tiempo restaurar todos los desequilibrios que hemos causado.

CLAUDIA Pero sí hay acciones, como la Conferencia de Río en 1992, conocida como la Cumbre de la Tierra, que tuvo repercusiones internacionales y se lograron algunos acuerdos de protección ambiental.

ERNESTO

¿En qué sentido los acuerdos la Conferencia de Río pueden ayudar a en la solución de los problemas ambientales?



SOFÍA Es innegable que la conferencia de Río marcó pautas en cuanto a la acción de los estados para proteger el ambiente, pero yo considero que lo más importante de esta conferencia fue el reconocimiento de que el deterioro ambiental está indisolublemente ligado al desarrollo económico.

ERNESTO En ese razonamiento te acompañamos. En las últimas décadas la preocupación de los gobiernos se ha centrado en las relaciones entre las economías de los países a escala global, pero a partir de Río, parece que hay una preocupación que va más allá de lo estrictamente económico y se acerca a la *interdependencia economía-ecología*.

- CLAUDIA** Yo creo que, a pesar de tantas reuniones, es poco lo que se ha avanzado y hay que ver las cuantiosas inversiones realizadas.
- SOFÍA** Es que debes mirarlo desde una perspectiva social, Claudia. Necesitamos cambios de actitud en las personas y esto tarda muchos años en evidenciarse, porque los cambios sociales requieren generaciones.
- ERNESTO** Y quizás a nivel global, el logro más importante es la toma de conciencia de que *los recursos del planeta son finitos* y tenemos un *sólo planeta para vivir*.
- CLAUDIA** En eso te concedo razón. Creo que todo el mundo sabe que los recursos se agotan pero no estoy tan segura de que sepan que por esa razón hay que usarlos con racionalidad.
- SOFÍA** Fíjate que desde Río se acuñó el término "desarrollo sustentable". Y eso es también un avance, porque en sólo tres años, hemos visto un sinnúmero de publicaciones y acciones hasta en el nivel educativo, enmarcadas bajo esta nueva concepción.
- CLAUDIA** A veces me parece que es como una moda, más que un nuevo concepto para pensar y actuar en sintonía con la naturaleza, pero es un nuevo paradigma. Un paradigma complejo.
- SOFÍA** Quizás sea una moda para algunas personas pero observa que, aunque la gente tenga el conocimiento no actúa inmediatamente. Te reitero que se requiere tiempo para que el cambio de actitud incluya la acción.
- CLAUDIA** Y entonces, ¿qué les presentamos a nuestros estudiantes? Porque esperanzas tiene que haber.
- ERNESTO** Por supuesto que hay soluciones. Pero no "**La solución**". No hay hadas, ni varitas mágicas. "**La solución**" es una gran acción concertada que abarque todos los niveles y estamentos de la sociedad.
- SOFÍA** Y en esa acción concertada, la educación tiene un papel muy importante que jugar. Si no educamos con sensibilidad ambiental a las próximas generaciones, no habremos logrado nuestro cometido.
- CLAUDIA** En ese planteamiento, creo que todos estamos de acuerdo. Y también, en que es un problema que necesariamente hay que atacarlo desde varios frentes. Utilizando el enfoque de sistemas, es necesario intervenir, al mismo tiempo, cada uno de sus componentes, para así reorganizar la estructura.
- ERNESTO** Y obtener resultados satisfactorios.

- SOFÍA** ¿Ves, Claudia? Coincidimos en la necesidad y urgencia de actuar. El reto es llevarles una situación como ésta al aula. Desarrollar actitudes significa que los estudiantes comprendan la dinámica del equilibrio en la biosfera, conozcan lo que deben hacer para solucionar problemas o anticiparse a ellos y sentirse afectivamente involucrados en la puesta en práctica de las soluciones.
- CLAUDIA** ¿Quieres decir que los estudiantes deben *comprender* el funcionamiento de los ecosistemas y *cómo* están siendo alterados por la población humana, *conocer* las soluciones y deben *sentirse contentos* de actuar?
- SOFÍA** Exactamente. Así, las acciones formarán parte del repertorio de conductas con que actúan las personas.
- ERNESTO** ¿Y por qué no lo hacemos así? Podemos plantear algunas situaciones de deterioro ambiental que deben ser resueltas, discutir las alternativas y decidir sobre algunas conductas que desde lo personal se puedan poner en práctica. ¿Qué les parece?
- CLAUDIA** ¡Suena bien! Así los colocamos en situación de ver el problema con una cierta perspectiva y participar en el análisis de las soluciones. Sin perder de vista que cada uno de ellos está inmerso en el problema.
- SOFÍA** Estoy ganada para la idea. Propongo que seleccionemos algunas situaciones y describamos los *beneficios* que hoy obtenemos de la situación y las *desventajas* para el ecosistema mayor o Biosfera.
- ERNESTO** Yo propondría como situación "obligatoria" la del deterioro de la capa de ozono, aunque ya hayamos discutido sobre ella. Considero que es un problema que debe abordarse siempre, por las repercusiones planetarias que tiene.
- SOFÍA** Pero ésta no será la única situación. Podemos pensar en otras como por ejemplo el uso de biotecnologías para apoyar la revolución verde y satisfacer el hambre en el mundo. ¿Qué les parece?
- CLAUDIA** Esa situación es sumamente interesante porque además, conlleva toma de decisiones en el plano ético y moral muy evidentes.
- ERNESTO** Propongo que también coloquemos situaciones de retos tecnológicos para sustituir el uso de energías fósiles y nucleares.
- CLAUDIA** ¿Por qué no pensamos cada uno en una situación y la describimos y así tendríamos por lo menos tres situaciones a plantear a los estudiantes?
- ERNESTO** Yo propuse el deterioro de la capa de ozono y les pido que me permitan desarrollarla.

- SOFÍA** Está bien, de todas maneras las vamos a discutir antes de presentárselas a nuestros estudiantes. Yo quisiera desarrollar los usos de la energía y tú, Claudia, ¿podrías desarrollar el uso de biotecnologías? Debes tener más información del tema que Ernesto y yo.
- CLAUDIA** ¡Encantada! ¡El tema me fascina y es muy controvertido!
- SOFÍA** Entonces nos vemos en una semana para discutir los temas. Hasta luego y les deseo una semana productiva.
- ERNESTO** Gracias y lo mismo les deseo yo, amigas.
- CLAUDIA** ¡Chao!
- [...]
- SOFÍA** Aquí traemos lo que deseamos proponerles a nuestros estudiantes como actividades para realizarse en clase.
- CLAUDIA** Pero debemos explicarles a nuestros estudiantes la metodología de trabajo en aula.
- SOFÍA** La idea central de esta estrategia es colocar a los jóvenes en situación de análisis de un problema ambiental específico. Se les entregará una información base y se les pedirá que la analicen desde el punto de vista económico, ambiental, de impacto en la sociedad y legal. De esta forma tendrán una visión amplia del problema.
- CLAUDIA** Pero no deben quedarse sólo en análisis. Deben *hacer* algo más. Si no nunca alcanzaremos un cambio en la actitud de nuestros estudiantes.
- ERNESTO** Ese algo más que tú quieres, se refiere a que deberán proponer soluciones al problema ambiental que incluyan **acciones**, que pueda realizar la persona en forma individual, un colectivo que bien puede ser la familia, la comunidad educativa, una región o país y por último, acciones referidas a acuerdos internacionales, que aporten a la solución del problema.
- CLAUDIA** La estrategia es buena porque obliga a pensar en vías alternas de solución. Pero ya que los estudiantes van a pensar y proponer *acciones* a nivel del individuo y de un colectivo, yo le sugeriría a nuestros estudiantes que pongan en práctica algunas de ellas, la que más les guste, de forma tal que se inicie la acción desde ese momento y así comenzaríamos a trabajar el componente afectivo del cambio actitudinal.
- SOFÍA** Excelente sugerencia, Claudia. Creo que, después de esta breve explicación, podemos presentar las tres situaciones que hemos preparado.

ERNESTO Quisiera antes de ir a las tres situaciones, hacerle a los estudiantes las preguntas que orientarán la discusión.

Analicen el problema que se les presenta desde el punto de vista:

- *económico,*
- *costos ambientales,*
- *el impacto social que ha tenido el uso de la tecnología,*
- *marco legal del uso de la tecnología y de protección al ambiente.*

¿Qué tecnologías alternativas se podrían utilizar?

¿Qué consecuencias ambientales tendría la puesta en práctica de estas tecnologías?

¿Qué acciones será necesario poner en práctica desde los niveles:

- *individual,*
- *comunitario,*
- *regional,*
- *nacional,*
- *internacional,*
- *legal?*



Situación 1: Las fuentes de energía.

El uso de diferentes fuentes de energía ha permitido a la humanidad alcanzar un nivel de vida sin precedentes en la historia.

El desarrollo de los motores de combustión hizo posible que nuestras sociedades pasaran de sociedades agrícolas a industriales. El petróleo y el carbón han permitido poner al alcance de la mayoría de la población, el vehículo personal, la calefacción de hogares a bajo costo en los países fríos y templados, la producción de energía eléctrica, la instalación de fábricas para la producción masiva de bienes de consumo, etc.

El uso de esta energía fósil contenida en el petróleo y el carbón, ha producido grandes alteraciones en la Biosfera, como el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera, la lluvia ácida y la consiguiente acidificación del suelo y agua, la pérdida de la biodiversidad, etc.

Con el aumento de precios de los combustibles fósiles, se comenzó a desarrollar el uso de la energía nuclear, que se ha popularizado en los países altamente industrializados. Su costo es relativamente bajo ya que con muy poca cantidad de material radiactivo se genera una gran cantidad de energía. Ahora bien, los problemas que pueden presentarse se inician desde la extracción del mineral radiactivo en la naturaleza, pasando por los del almacenamiento del combustible y la disposición de los restos nucleares.

Para los desechos nucleares se ha implementado en muchos países sistemas de hundimiento en el océano, de tanques de plomo y concreto sellados, los cuales, según sus diseñadores son muy seguros. El problema que se origina es dónde ubicar los desechos y el tiempo por el que se garantiza la seguridad de los tanques.

Para garantizar la seguridad de las centrales nucleares se ha desarrollado un gran despliegue tecnológico a fin de evitar posibles accidentes, que ha significado inversiones multimillonarias. Pese a ello los accidentes nucleares son posibles y afectan irreversiblemente a los ecosistemas. Ejemplo de ello son el accidente de Chernobyl y otros más pequeños que no han sido divulgados. Se tienen problemas también con el manejo de los residuos que son altamente tóxicos y también está la clausura de las minas para que la radiactividad no se escape al exterior.

Ahora bien, para prescindir de estas fuentes de energía es necesario buscar energías alternativas, porque de otra forma perderíamos parte de la calidad de vida de nuestras ciudades: la electricidad, las fábricas de producción masiva, el transporte individual y colectivo, etc.

Ya se han tomado medidas en cuanto se refiere a las emisiones permisibles en los escapes de automóviles y en fábricas, hay legislación internacional sobre el manejo de materiales radiactivos, etc. Pero el desarrollo económico sigue midiéndose en función de la energía consumida per cápita.

Situación 2: La revolución verde y la biotecnología.

La producción de más alimentos ha llevado a la población humana a deforestar bosques completos sin reponer los mismos. Los suelos han sido utilizados intensivamente y extensivamente, con maquinarias agrícolas pesadas para sembrar, fumigar, fertilizar y cosechar los frutos, lo que ha producido cambios radicales en la estructura del suelo.

Con la continuidad de sembrar un sólo cultivo sin rotación, ni descanso de las tierras, los suelos se han empobrecido y la solución encontrada ha sido la de incorporar más nutrientes bajo la forma de fertilizantes químicos. Estos han sido utilizados en exceso, por lo que se han contaminado cuerpos de aguas, ecosistemas completos y hasta muchos agricultores por mal manejo de los mismos.

En los últimos años, se ha hecho uso de tecnologías de manipulación del código genético, que hacen las semillas y plantas resistentes a plagas, a condiciones climáticas muy frías o extremadamente secas, hacen que produzcan más frutos y tengan menos hojas, etc. En suma, los cultivos son más resistentes y más productivos.

Los cultivos se hacen cada vez más específicos para las condiciones climáticas y de suelo en las cuales van a desarrollarse y también a las condiciones de comercialización de los productos. Existen incluso biotecnologías que pueden hacer cambiar la forma esférica del tomate para hacerla cúbica y que sea más fácil y se dañe menos en el transporte.

La biotecnología también ha servido para producir bacterias que degradan el petróleo y así solucionar los problemas de derrame petrolero. Aún así, no se sabe a ciencia cierta los efectos que estas bacterias tienen en los ecosistemas. Algunos científicos creen que pueden alterar el clima.

Para la ampliación de la frontera agrícola ha sido necesario talar bosques completos y se ha estimado que en la pérdida de un bosque pueden perder su hábitat aproximadamente 200 especies de seres vivos. Además, el uso de especies agrícolas mejoradas, hace que se pueda perder el "banco de genes" original, es decir, las especies originales a partir de las cuales se produjeron otras con biotecnología.

A pesar del uso de estas tecnologías, el hambre de la población no ha podido ser saciada y se sigue requiriendo mayor producción de alimentos. Existen en el mundo no desarrollado unas 800 millones de personas que padecen hambre y de ellas, 192 millones son niños menores de cinco años, quienes no reciben las calorías ni las proteínas necesarias para un desarrollo físico-intelectual normal.

Para el año 2030, la población humana será de casi 9 mil millones en oposición a 5 mil 700 millones actuales. Será necesario producir alimentos para esta gran masa de población.

Situación 3: El uso de gases refrigerantes.

Los gases refrigerantes han sido utilizados en una gran cantidad en las últimas décadas. Es una tecnología que ha llegado a todos los estratos de la población, tanto así, que hasta en los hogares humildes es altamente probable encontrar un refrigerador.

Las ventajas del uso de estos gases son muchas. Han permitido la conservación de alimentos por períodos más largos de tiempo, ha facilitado la vida del núcleo familiar al reducir el tiempo dedicado a las compras, de tal forma que muchos sociólogos afirman que sin la existencia del refrigerador la mujer nunca hubiese podido incorporarse al mundo del trabajo industrial.

Con esta tecnología podemos instalar motores para acondicionar ambientes y hacerlos más frescos en climas cálidos y ha permitido aislar las oficinas de ruidos externos que son incómodos para el trabajo intelectual.

Para muchos habitantes, en zonas de clima cálido, es difícil imaginar la vida sin aire acondicionado en los automóviles, hogares y oficinas.

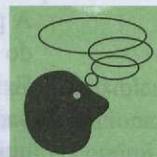
Los gases CFC también han sido utilizados como propelentes en productos cuya presentación es en aerosoles. Así se consiguen pinturas, aceites, perfumes, desodorantes ambientales, limpiadores, etc.

Ahora bien, el daño ocasionado a la capa de ozono parece dictaminar la prohibición en el uso de estos gases, pero, ¿cómo abandonamos todo el confort al que estamos acostumbrados y hemos alcanzado?

SOFÍA Después de este análisis en grupos de estudiantes, debe proponerse un debate sobre las acciones alternativas que haya planteado cada grupo.

CLAUDIA Creo que esto es necesario, porque tú misma dijiste que hay que poner en práctica acciones para trabajar el componente afectivo de la actitud. Y,

¿cómo podemos organizar un debate fructífero?



ERNESTO Creo que se pueden tomar las propuestas de los grupos en cuanto a las acciones en los niveles individual y comunitario. Si se dedica un tiempo a analizar la *viabilidad de estas acciones*, podemos elegir entre todas aquellas que consideremos que pueden resolver más de un problema ambiental.

SOFÍA Eso no lo había considerado, aunque podemos incluso condicionar que las acciones a poner en práctica tengan algunas características: por ejemplo, que los estudiantes deseen ponerla en funcionamiento, que contribuya a la resolución de más de un problema ambiental y que ayude a divulgar la necesidad de desarrollar una actitud ambientalista. ¿Qué les parece?

CLAUDIA Estoy de acuerdo. Pero para ayudar a estimular la creatividad en los jóvenes, yo les invitaría a que aporten algunos de los condicionantes. Además, esto les permitirá comprometerse en la implementación de las acciones.

ERNESTO Algo que me preocupa es el manejo que puedan tener estos jóvenes entre 10 y 14 años sobre aspectos legales y acuerdos internacionales.

CLAUDIA Es cierto, Ernesto. ¿Hasta qué punto ellos podrán interpretar el espíritu de una Ley o Acuerdo? ¿No será mejor pensar en otras alternativas para llevar esto al aula?

SOFÍA Creo que necesariamente el profesor tendrá que ayudarles en esto, pero no se excluye la posibilidad de que personas de la comunidad con formación legal puedan ofrecer alguna charla a los estudiantes. Así, la información que se maneje será mucho más accesible.

CLAUDIA Lo que yo sí considero es que el profesor no debe obviar la presentación de algunos de los logros de la Conferencia de Río, en 1992. Aquí les traje un cuadro con algunos resultados que están teniendo y tendrán impacto en un futuro cercano.

LOGROS DE LA CONFERENCIA DE RÍO, 1992. FIRMADOS POR LOS PAÍSES PARTICIPANTES.

- 27 principios que resaltan el derecho y la responsabilidad de los pueblos hacia la protección del ambiente.
- 15 principios para el manejo sustentable de los bosques que son patrimonio de la Humanidad y de la Biosfera.
- Agenda 21, que consiste en un Plan comprensivo para el desarrollo sustentable, en el cual la educación es una de las fortalezas.
- 2 tratados Internacionales: Uno sobre la Convención de Cambios Climáticos y otro sobre la Diversidad Biológica.

SOFÍA A propósito de esta tabla, los estudiantes

deben buscar información acerca de los Tratados y Principios que han firmado los países de la región.



ERNESTO Este es un buen resumen que se puede llevar al aula, Claudia. Sin embargo, quisiera hacerle la aclaratoria a los estudiantes, que Estados Unidos no firmó el Tratado Internacional sobre la Protección a la Diversidad Biológica.

CLAUDIA Pero hay un convenio referido a la prohibición de tráfico de especies y la introducción de especies foráneas en los países, previo a Río y fue firmado por 123 países.

SOFÍA Es importante pensar sobre esto porque los países altamente industrializados han perdido su biodiversidad natural y, por lo tanto, el *banco de genes* de sus ecosistemas. Ahora, las empresas transnacionales extraen de los paí-

- ses no industrializados, que aún mantienen su *biodiversidad*, plantas y animales para sus ensayos biotecnológicos.
- ERNESTO** Y con estos genes producen fármacos y otros productos que luego nos venden. Y si queremos usar la marca, tenemos que pagar regalías.
- SOFÍA** Pero eso no queda allí. Se reporta que se registran patentes en USA para productos, basados en genes extraídos de estos ecosistemas. Y al registrar la patente, son ellos los únicos que pueden utilizar esta información, cuando es patrimonio de la humanidad.
- CLAUDIA** Estas cosas son terribles y denotan las *fallas institucionales* y *morales* que tienen los gobernantes y las personas.
- SOFÍA** Esto precisamente fue lo que observamos en los casos que estudiamos en esta unidad.
- CLAUDIA** Creo que, además de destacar los resultados de la Conferencia de Río de Janeiro, no debemos olvidar que hay muchos convenios firmados por los países sobre la protección al ambiente. Por ejemplo, el Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (1992), el de Protección a la Biodiversidad (1992), el de Maderas Tropicales (1994), el de Lucha contra la Desertificación (1994), el Protocolo de Oslo sobre la Contaminación Transfronteriza (1994) y muchos otros.
- SOFÍA** Ciertamente hay muchos acuerdos a lo que se han llegado y aún necesitamos muchos más. Necesitamos acciones concretas que pongan en práctica los acuerdos para así llegar a reducir o minimizar los cambios que hemos introducido en la dinámica del planeta.
- ERNESTO** Quisiera incorporar ahora otro aspecto importante. Hoy en día entendemos que la Biosfera es un gran sistema que conecta todos los ecosistemas del Planeta. Sin embargo, aún falta mucha investigación que realizarse para comprender en detalle las particularidades de cada especie dentro de los ecosistemas.
- SOFÍA** Creo que aún somos unos ignorantes del rol que cumple la riqueza de las especies en el planeta.
- CLAUDIA** Y es por eso que necesitamos realizar más investigaciones. Hacer un seguimiento muy detallado de lo que está sucediendo con las alteraciones que ya hemos introducido en la Biosfera. Por ejemplo, se necesitan más estaciones meteorológicas que registren el movimiento de los gases contaminantes de la atmósfera para así alimentar los modelos y predecir con mayor confiabilidad los cambios.
- ERNESTO** Y para ello hace falta financiamiento. De nuevo vemos que los países con menos recursos han hecho esfuerzos pero no se les puede pedir que aporten el mismo financiamiento que los países con más recursos económicos.

- SOFÍA** Y aquí juegan un papel primordial los organismos internacionales. Los acuerdos que se firmen deben implementarse en un marco de *equidad y justicia*.
- SOFÍA** Creo que con esto debemos culminar esta unidad y bloque sobre Ecología.
- ERNESTO** Esta discusión y tu intervención, Sofía, trae a mi memoria el título de un libro que leí hace ya varios años: *Ecología, una ciencia subversiva*.
- CLAUDIA** Es cierto, Ernesto. Yo no recuerdo el autor, pero debo manifestar que su título hizo que yo lo comprara porque hace unos años atrás, la ecología se inició como una disciplina de las ciencias de la naturaleza y tenía un componente social muy débil. Para ese entonces, los científicos creían que con más ciencia se podían resolver los problemas planteados.
- SOFÍA** Pero eso demostró no ser tan cierto. Poco a poco nos hemos dado cuenta de que sin incorporar el componente social y económico no es posible enfrentar las alteraciones que hemos producido en la Biosfera.
- ERNESTO** Este es el mensaje que debemos dejarle a los estudiantes. Mas allá de la Biosfera, debemos considerar los sistemas sociales, con su componente cultural, económico, valorativo y educacional, si en verdad deseamos vivir sustentablemente, mejorando nuestra calidad de vida.
- SOFÍA** Y que ese desarrollo sustentable sea para toda la Humanidad.
- ERNESTO** A pesar de este buen mensaje de fondo que ustedes quieren expresar, deseo manifestar que no sólo nuestro trabajo es para la Humanidad, sino para toda la vida en el Planeta.
- SOFÍA** Ciertamente, Ernesto. No podemos pensar exclusivamente en la vida del Homo Sapiens, porque si somos consistentes con el planteamiento sistémico inicial de nuestro bloque, dependemos de otras formas de vida y del Planeta.
- ERNESTO** Con esto también quiero abrir el camino para nuestros amigos cubanos que nos explicarán la organización y funcionamiento de la vida, de los seres vivos. Que también es un tema complejo, como los que hemos desarrollado en nuestro bloque, ¿verdad?
- CLAUDIA** No creo que pueda agregar nada más a lo que ustedes han dicho. Sólo me queda desearle a nuestros queridos estudiantes toda la motivación y el éxito necesarios para desarrollar valores ambientales en ellos mismos.
- ERNESTO** Y así lograr la meta de una educación para el desarrollo sustentable.
- SOFÍA** ¡Mucho éxito y hasta el próximo bloque!

II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. ¿Qué entendemos por Desarrollo Sustentable?
2. ¿Cuáles son los problemas de deterioro de la atmósfera más graves del planeta?
3. ¿En qué forma la alteración o deterioro de una geosfera tiene repercusiones en la Biosfera?
4. ¿Puede aplicarse el enfoque de sistemas al estudio de los problemas ambientales? Comente su respuesta con un caso de estudio.
5. Comente la siguiente expresión: "La contaminación que ha producido la humanidad se revierte sobre su calidad de vida".
6. ¿Es posible integrar aspectos ecológicos con aspectos sociales? Ofrezca ejemplos.
7. ¿En qué forma la educación es una vía para el desarrollo sustentable?
8. ¿Qué aspectos del desarrollo económico actual deben cambiar para lograr una armonía con el ambiente?
9. ¿En qué forma el plomo puede considerarse un contaminante de la Biosfera?
10. Comente la siguiente expresión: "La Tierra es un planeta de agua, pero la humanidad se muere de sed".
11. ¿Los acuerdos internacionales ayudan a una mejor relación con el ambiente?
12. ¿Qué razones justifican la conservación de los bosques tropicales lluviosos?
13. ¿Cómo es posible que la tala de un bosque ayude a aumentar la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera?

14. ¿La lluvia ácida producida en los países del hemisferio norte, tiene efectos en el hemisferio sur?
15. Comente la siguiente expresión: "El bosque tropical lluvioso es un patrimonio de la humanidad y por eso debe ser conservado".
16. ¿Por qué se dice que la alta fertilidad de los suelos en los bosques tropicales es un mito?
17. ¿Cuál es la relación entre pobreza y deterioro ambiental?
18. Explique la forma en que el aumento del dióxido de carbono atmosférico altera el balance radiante de la Tierra.

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. Ver en la Introducción a la Unidad Didáctica.
2. Entre los problemas de deterioro de la atmósfera más graves están: El incremento del efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono, la lluvia ácida y la contaminación por diversas sustancias químicas. Revisar toda la Sección 2 de la Unidad Didáctica.
3. Los componentes que la deterioran circulan por todos los ecosistemas terrestres o acuáticos a través de los gases y los ciclos biogeoquímicos. Revisar la parte 2.1.
4. El enfoque de sistemas es una herramienta útil para el análisis de situaciones complejas, como es el caso de los problemas ambientales, ya que, no sólo deben considerarse los impactos producidos en el ambiente, sino que es necesario contemplar las acciones de las sociedades y los modelos económicos de producción.
5. Esta expresión se puede analizar tomando como herramienta el modelo de sistema, expuesto en este bloque. El deterioro de los sistemas ambientales producidos por las acciones humanas hace que los grupos humanos vivan en ambientes de baja calidad. En esta Unidad Didáctica es posible ver esta situación en cada uno de los casos presentados.
6. Los daños ocasionados al ambiente han deteriorado la salubridad de las aguas, la calidad del aire, la productividad de los suelos, la calidad de los alimentos y, por ende, la calidad de vida. Observando los efectos de estas interacciones hoy en día se busca una integración de estos componentes para lograr una relación armónica. Los ejemplos pueden buscarse en las alternativas que hoy en día se ponen en práctica para solucionar los problemas causados.

7. Preparando a la población en el uso de otras tecnologías menos contaminantes, realizando acciones de restauración del ambiente, reciclado, o entrenando a los estudiantes para la toma de decisiones. En general, produciendo un cambio de actitud. Revisar los diálogos de la Sección 6 de esta Unidad Didáctica.
8. Ver los costos que ocasiona el respeto al ambiente y su saneamiento ambiental como una inversión que se traducirá, más tarde, en ganancias. Es decir, en desarrollo sustentable si se respetan los principios biológicos de sustentabilidad. Revisar la Introducción a la Unidad Didáctica.
9. El plomo es un contaminante de la biosfera por su circulación a través de los ciclos biogeoquímicos. Revisar la parte 2.2. de la Unidad Didáctica.
10. La expresión tiene relación con la desigual distribución del agua en los sistemas naturales pero también tiene que ver con el mal uso que se hace de este recurso. Revisar los diálogos de la parte 2.3.
11. Los acuerdos internacionales son una forma de contribuir a la solución de los problemas creados, aunque no deben ser considerados como la única solución posible. Revisar los diálogos de la sección 6.
12. Son muchas las razones entre las cuales se puede mencionar: El papel que cumple en los ciclos del carbono, agua y nutrientes; la biodiversidad, la importancia económica y social (valor escénico, de recreación y otros). Son sistemas ambientales de los que aún no tenemos pleno conocimiento y se puede perder el valioso aporte al banco de genes del planeta. Revisar los diálogos de la parte 4.2.
13. Porque el bosque es uno de los mayores reservorios del dióxido de carbono, debido a que funciona como un sumidero para la producción de la biomasa del sistema y además la descomposición de la biomasa muerta, producto de la deforestación, incrementa el dióxido de carbono atmosférico.
14. La lluvia ácida tiene efectos fundamentalmente en las áreas donde se incorporan los óxidos de nitrógeno y azufre a la atmósfera. Tiene corto tiempo de permanencia en las masas de aire, ya que se precipita en la lluvia o se diluye en la humedad atmosférica. Revisar los diálogos, la parte 2.3.
15. En la expresión hay dos caras de la moneda: los países que poseen estos bosques y que tienen el derecho de explotarlos para ayudar a su desarrollo económico y por otra parte, las naciones industrializadas que ya talaron sus bosques y piden que no se terminen con los pocos que quedan. Ambas posiciones tienen razón, pero hay que considerar también que en estos bosques, hay un banco de genes no conocidos totalmente y que no debe perderse. Revisar la respuesta a la pregunta n° 13.

16. Porque la productividad del bosque está dada por la alta velocidad de reciclaje de los nutrientes en la zona superficial del suelo, que no permite que los nutrientes se acumulen en el suelo para darle su fertilidad. Si el bosque se tala, los nutrientes se pierden y aparece el suelo en su condición natural, con escasa fertilidad.
17. No son los pobres los que provocan el deterioro ambiental sino el modelo económico desarrollista que desfavorece a la gran masa de la población. La cual, en consecuencia, emigra hacia los espacios urbanos, deforesta, hace uso irracional de los recursos, en busca de una mejor calidad de vida o simplemente de su supervivencia. Revisar la Introducción.
18. Al incrementar el dióxido de carbono en la atmósfera, la radiación emitida por la tierra permanecerá más tiempo en la atmósfera y aumentará la temperatura.

III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

A continuación presentamos algunas actividades que, junto con las propuestas a lo largo de los diálogos, pueden ayudar a preparar un programa de actividades.

A.1. *Dados los siguientes problemas:*

- Contaminación del aire por el uso de combustibles fósiles.
- Aumento de la demanda de agua.
- Incremento de la demanda de energía.

Realice un cuadro comparativo con las soluciones tradicionales y las soluciones apropiadas para un desarrollo sustentable.

Comentarios A. 1. Con esta actividad se pretende que los estudiantes consideren estos problemas para sugerir soluciones que vayan dirigidas, no sólo a la raíz que causa la crisis, sino que también ayude a dar soluciones sistémicas que crucen a través de una variedad de problemas ambientales y soluciones, que requieran menos esfuerzo e inversión económica que las tradicionales. Por ejemplo, la instalación de filtros en las grandes chimeneas de las plantas generadoras de energía tienen, principalmente, un efecto: disminuir la emisión de dióxido de azufre y así reducir las deposición ácida; pero, no reducen la emisión de óxidos de nitrógeno, ni de dióxido de carbono y los desechos que se originan, probablemente, van a contaminar las aguas subterráneas.

Por otro lado la eficiencia energética ofrece multiplicidad de beneficios: Reduce el consumo de energía lo que disminuye el calentamiento global, la deposición ácida y la destrucción de hábitats por efecto de la minería. Además reduce la contaminación de las aguas y la generación de desechos.

Se debe estimular al estudiante a dar todas las soluciones que se le ocurran, y a aceptar la discusión de las ideas de sus compañeros, aunque le parezcan absurdas.

Digamos, por último, que estos problemas han sido tratados detenidamente en la Unidad I.5.

A.2. De acuerdo a los siguientes principios biológicos de sustentabilidad: *Conservación, reciclaje, uso de los recursos renovables, control de población y restauración, suministre algunas formas de implementarlas.*

Comentarios A. 2. Muchas de las modificaciones necesarias para construir una sociedad sustentable deben darse en la próxima década. Esto requiere cambios en las políticas gubernamentales y en los estilos de vida. Los estudiantes juegan un papel muy importante en estas transformaciones. Por ejemplo, pueden influir en el comportamiento de los padres, enviar comunicaciones a los políticos para motivar cambios en las políticas actuales, y siendo ciudadanos que actúen responsablemente ante el ambiente. Se puede comenzar esta actividad presentando los principios biológicos de sustentabilidad y promoviendo una discusión entre ellos. También puede estimularlos a explorar las diferentes formas de implementar esos principios.

A.3. *¿Por qué la tierra se parece a un invernadero?*

Construya los modelos de la atmósfera de la tierra y de otros planetas para entender la relación entre los diferentes gases atmosféricos.

Materiales: bolas de algodón coloreado, cartulinas, fichas de colores o materiales similares para representar los gases de la atmósfera.

Procedimiento:

- a) Con sus compañeros o equipo, identifique los diferentes gases que deben incluirse en el modelo de la atmósfera de la Tierra, Marte y Venus (ver tabla anexa).
- b) Dependiendo del material disponible represente los gases atmosféricos con el material que Ud. (s) seleccionó. Ud. puede representar el nitrógeno (N_2) con el color amarillo, el oxígeno (O_2) con el color azul y el dióxido de carbono (CO_2) con el color negro.
- c) Determine la practicabilidad de representar la densidad atmosférica con las fichas de colores. Si la atmósfera de la Tierra tiene 100 fichas ¿cuántas podrían necesitarse para representar la atmósfera de Marte o de Venus?
- d) Por cada planeta, coloque el número apropiado de fichas o algodones en una bolsa plástica. Para hacer esto, Ud. tiene que dirigirse a la tabla con los porcentajes establecidos en la tabla. ¿Cómo representar la atmósfera de los diferentes planetas? Compare.
- e) Discuta por qué la atmósfera de la Tierra es apropiada para el desarrollo de la vida mientras que en Venus y Marte aparentemente no hay vida. ¿Qué pasaría si los niveles de CO_2 de la atmósfera de la Tierra aumentan a los niveles encontrados en Venus?
- f) Invente una historia en la cual en épocas pasadas Venus tenía la misma atmósfera de la Tierra. ¿Qué cree Ud. que pasó en Venus, para alcanzar la condición actual?

TABLA 1

**COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ATMÓSFERAS Y
LOS GASES MÁS IMPORTANTES CON SUS PORCENTAJES**

Gas	Venus	Tierra	Marte
Dióxido de Carbono (CO ₂)	96,5 %	0,03%	95%
Nitrógeno(N ₂)	3,5%	79%	2,7%
Oxígeno (O ₂)	Trazas	21%	0,13%
Argón (Ar)	0,007%	1%	1,6%
Metano (CH ₄)	0	0,002%	0

A.4. ¿Cómo analizan los científicos los gases de invernadero y los cambios globales de temperatura?

Comentarios A. 4. Los datos que se presentan a continuación en forma de torta, barras o gráficas de líneas fueron recolectados de la investigación científica básica sobre los gases atmosféricos. Los científicos realizan el trabajo con equipos apropiados y estudian un gas o varios gases, por largo tiempo. Eventualmente, los datos crudos son organizados y requieren de análisis. Después, el científico decide la forma más apropiada de presentar los datos. En los siguientes ejemplos Ud. puede observar diferentes formas de presentación.

Ahora considere que una institución de investigación sobre cambios climáticos tiene acumulados muchos datos crudos (tablas anexas) y necesita, urgentemente, presentarlos en una conferencia internacional. Ud. y su equipo quieren ayudarlos a presentarlos y ofrecen su colaboración para hacer las gráficas necesarias.

Discuta con sus compañeros la forma mas apropiada para presentarlos.

- Realice las gráficas.
- Continúe la curva por otros 50 años.
- Desarrolle una conclusión para cada gráfica.
- Compare sus gráficas con sus compañeros y trate de llegar a un consenso.
- Discuta la importancia del análisis de datos para la investigación científica.

PRODUCCIÓN DE CLOROFLUOROCARBONOS (CFC)				ÓXIDO DE NITRÓGENO				CONCENTRACIÓN DIÓXIDO DE CARBONO (PPMV*), MAUNA LOA, HAWAII			
Año	Cantidad	Año	Cantidad	Año	Cantidad	Año	Cantidad	Año	cantidad	Año	cantidad
1955	100	1975	350	1750	283,0	1880	289,5	1958	314,8	1974	330,4
1957	120	1977	360	1760	283,5	1890	290,0	1959	316,1	1975	331,0
1959	140	1979	330	1770	284,0	1900	291,0	1960	317,0	1976	332,1
1961	150	1981	325	1780	284,5	1910	292,0	1961	317,7	1977	333,6
1963	150	1983	320	1790	285,0	1920	292,5	1962	318,6	1978	335,2
1965	200	1985	340	1800	285,5	1930	293,0	1963	319,1	1979	336,5
1967	225	1987	300	1810	286,0	1940	294,0	1964	319,4	1980	338,4
1969	290	1989	305	1820	286,5	1950	295,0	1965	320,4	1981	339,5
1971	320	1991	310	1830	287,0	1960	297,0	1966	321,1	1982	340,8
1973	375			1840	287,5	1970	299,0	1967	322,0	1983	342,8
				1850	288,0	1980	305,0	1968	322,8	1984	344,3
				1860	288,5	1990	310,0	1969	324,2	1985	345,7
				1870	289,0			1970	325,5	1986	346,9
								1971	326,5	1987	348,6
								1972	327,6	1988	351,2
								1973	329,8		
Los valores están en quilotoneladas por año				Los valores de N ₂ O están en partes por * billón por volumen				ppmv: partes por millón en volumen			

A.5. Desarrolle un cuestionario para determinar qué sabe la gente acerca del problema de la capa de ozono o del efecto invernadero.

Sugerimos el siguiente procedimiento:

- a) Dígale a los estudiantes que ellos van a ser responsables de la elaboración de un instrumento para determinar lo que la gente conoce sobre el problema de la capa de ozono o del efecto invernadero. Explique que la encuesta es un estudio que se realiza con una muestra para conocer ideas u opiniones acerca de un hecho.
- b) Pregunte a los estudiantes qué preguntas, creen ellos que pudieran realizarse para contribuir con las posibles preguntas de la encuesta. Pídale a un voluntario que las escriba en la pizarra.
- c) Haga que el grupo seleccione una lista de 8 a 15 preguntas para ser usadas en el instrumento.
- d) Pase la encuesta, cuidadosamente, deje espacios para las respuestas. Prepare las copias necesarias y entregue a un grupo de estudiantes para que las apliquen en el aula.
- e) Distribuya las encuestas. Haga que cada estudiante llene una. Los estudiantes deben compilar los resultados en tablas, elaborar las gráficas correspondientes y discutir los resultados.
- f) Entregue copias a los estudiantes para que encuesten a otras personas de su comunidad. Compile datos, analice y discuta los resultados obtenidos en la clase y en la comunidad.

Comentarios. Esta actividad puede ayudar a los estudiantes a recopilar y a trabajar con datos acerca de estos problemas ambientales, saber qué conoce o piensa la gente, aprender a realizar las preguntas o afirmaciones. Además, promueve el procesamiento de datos en forma descriptiva, la cual puede presentarse en cuadros y gráficas. Así mismo, favorece la comunicación y el intercambio de ideas.

A.6. Investigue y reporte ¿qué combustibles fósiles usan las plantas generadoras de electricidad de su comunidad?, ¿de dónde se obtienen estos combustibles?, ¿cuánto combustible se utiliza para producir electricidad?

Relacione sus resultados con la degradación ambiental. Discuta algunas medidas individuales que se puedan tomar para reducir costos económicos y ambientales.

A.7. Investigue si en su país hay minas de carbón y de petróleo y donde están. Que otras fuentes de energía alterna pueden utilizarse en su comunidad.

Comentarios A.6 y A.7. Con estas actividades (A.6 y A.7) se pretende que el estudiante tenga claro los recursos energéticos con que cuenta su país y el potencial de

recursos naturales renovables, no contaminantes, que se poseen. La idea es que se dé cuenta de que la solución sustentable está en la reducción del uso de combustibles fósiles y aumento en el uso de los recursos naturales renovables. (Otro de los principios biológicos de sustentabilidad).

A.8. *Cada día se utiliza gran cantidad de productos derivados del petróleo, como por ejemplo: detergentes, gomas sintéticas, gasolina, teléfonos, cintas engomadas, amonio, cuerdas de guitarra, ruedas de patines, pelota y otros. Escriba un ensayo breve sobre el día que se acabe el petróleo en el mundo. (Deje volar su imaginación en función de pro y contras).*

Comentarios A.8. Con este trabajo se parte del uso de un recurso natural no renovable para estudiar su importancia en el suministro de bienes e insumos para la comunidad y los pro y contras de su uso y las consecuencias. Esta actividad involucra la ciencia, la tecnología y la sociedad.

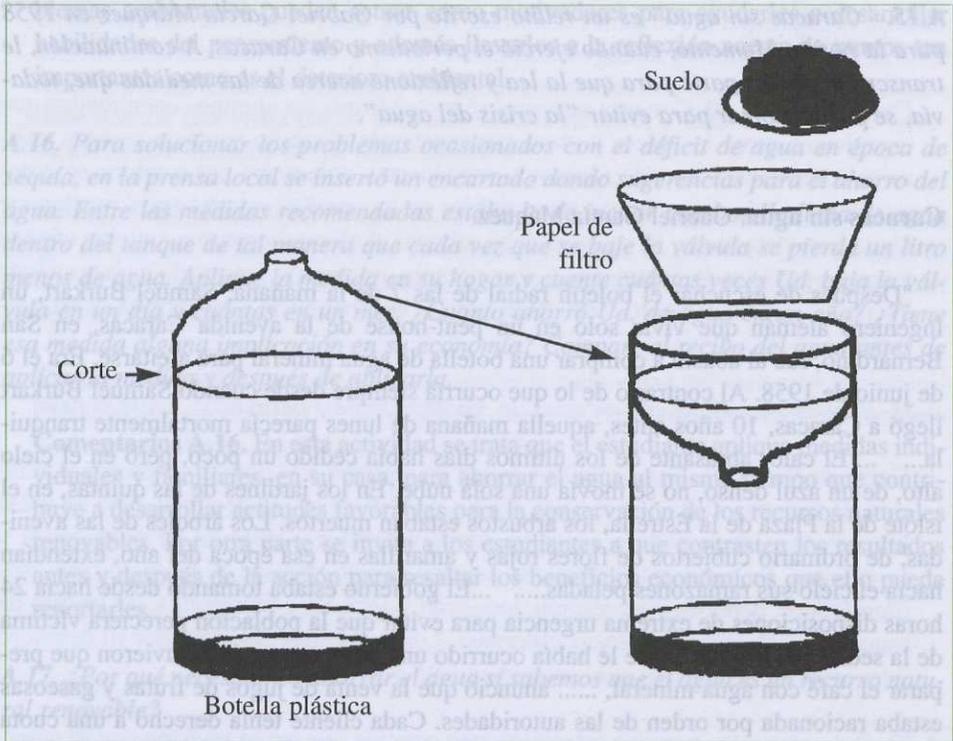
A.9. *Elaboren un boletín de "Antes y Ahora" que contraste los métodos de la minería de hace 50 años con los del presente. La investigación puede incluir fotos, recortes de periódicos o dibujos. Además, es conveniente establecer las diferentes oportunidades de carreras que ofrece la tecnología actual.*

A.10. *Realice, en equipos, el trabajo de un detective para detectar fuentes de contaminación por plomo en la comunidad y en el hogar. Prepare una lista de chequeo atendiendo a la información suministrada en el mapa de conceptos. Comparta y discuta con sus compañeros los resultados de su investigación.*

Comentarios A.9. y A.10. Las investigaciones y los experimentos pueden ayudar a responder problemas relacionados con el ambiente y su problemática. También ayudan a desarrollar habilidades del pensamiento como: desarrollar hipótesis, organizar datos, interpretarlos, reconocer diferencias y similitudes y obtener conclusiones.

A.11. *Realice un dibujo del mapa mundi y ubique en él los manglares. ¿Dónde está la mayor proporción y dónde la menor? Realice una gráfica de barras que permita visualizar el contraste. Repita la actividad para el bosque tropical o la Sabana.*

A.12. *Colecte varios tipos de suelos y colóquelos en botellas de plástico previamente preparadas con papel de filtro como se presentan en la figura. Prepare una solución ácida con 50 ml de vinagre y 150 ml de agua para obtener un pH = 4,0 y vierta sobre la muestra de suelo. Después de filtrar, mida el pH. Compare los resultados para determinar la capacidad de amortiguamiento del suelo. Discuta la relación que existe entre el tipo de suelo y la lluvia ácida, y el efecto que tendría la lluvia sobre los microorganismos presentes en el suelo.*



A.13. Realice una lista de, por lo menos, 8 contaminantes atmosféricos mencionados en esta unidad e investigue su origen y efectos en el ecosistema. Con esta información, prepare una dramatización que pueda ayudar a enseñar a otras personas acerca de los problemas de contaminación. (No olvide incluir un mensaje conservacionista hacia la audiencia o solicitar medidas de prevención).

Comentarios A.11, A.12. y A.13. Con esta actividad se pretende que los estudiantes listen los principales contaminantes atmosféricos y describan cómo se producen, y también discutan algunos de los efectos sobre la gente y el ambiente. Se debe orientarlos en la designación de los papeles o roles a desarrollar en la dramatización, dar tiempo para que se aprendan sus papeles y preparen los efectos especiales que ellos quieran adicionar.

A.14. Describa cualquiera de los contaminantes mencionados en esta unidad y cómo afecta el ambiente. Con esta descripción prepare la historia, por ejemplo del plomo o el mercurio. Que tal si lo comienza en esta forma:

¡Hola! Yo soy el plomo.....

Lea la historia a sus compañeros y después conteste las preguntas que se originen. Discuta cómo pueden las personas ayudar a prevenir o corregir los diferentes problemas ambientales ocasionados por el contaminante.

A.15. *“Caracas sin agua” es un relato escrito por Gabriel García Márquez en 1958 para la revista Momento, cuando ejerció el periodismo en Caracas. A continuación, le transcribimos una parte para que la lea y reflexione acerca de las medidas que, todavía, se pueden tomar para evitar “la crisis del agua”.*

Caracas sin agua. Gabriel García Márquez.

"Después de escuchar el boletín radial de las 7 de la mañana, Samuel Burkart, un ingeniero alemán que vivía solo en un pent-house de la avenida Caracas, en San Bernardino, fue al abasto a comprar una botella de agua mineral para afeitarse. Era el 6 de junio de 1958. Al contrario de lo que ocurría siempre desde cuando Samuel Burkart llegó a Caracas, 10 años antes, aquella mañana de lunes parecía mortalmente tranquila... El calor abrasante de los últimos días había cedido un poco, pero en el cielo alto, de un azul denso, no se movía una sola nube. En los jardines de las quintas, en el islote de la Plaza de la Estrella, los arbustos estaban muertos. Los árboles de las avenidas, de ordinario cubiertos de flores rojas y amarillas en esa época del año, extendían hacia el cielo sus ramazones peladas..... El gobierno estaba tomando desde hacía 24 horas disposiciones de extrema urgencia para evitar que la población pereciera víctima de la sed.... A Burkart no se le había ocurrido una cosa: sus vecinos tuvieron que preparar el café con agua mineral, anunció que la venta de jugos de frutas y gaseosas estaba racionada por orden de las autoridades. Cada cliente tenía derecho a una cuota límite de una lata de jugo de fruta y una gaseosa por día... Al dirigirse a su trabajo, Samuel saludaba a una vecina que se sentaba en su jardín desde las 8 de la mañana a regar la hierba. En cierta ocasión le habló de la necesidad de economizar agua. Ella, embutida en una bata de seda con flores rojas, se encogió de hombros. "Son mentiras de los periódicos para meter miedo -replicó-. Mientras haya agua yo regaré mis flores"... En el mismo edificio donde él vivía, una señora se vanagloriaba de no haber prescindido de su baño diario en ningún momento... La población sedienta, especialmente en los barrios pobres, se precipitó sobre los vehículos cisternas y fue preciso la intervención de la fuerza pública.... 48 horas después de que la sequía llegó a su punto culminante, la ciudad quedó completamente paralizada... una muchedumbre empavorecida que trataba de huir de Caracas, había sucumbido a la insolación... .. y en las próximas horas faltarían los alimentos... ..Caracas estaba llegando a su hora cero.... En el silencio mortal de las 9 de la noche, el calor subió a un grado insoportable, Burkart abrió puertas y ventanas, pero se sintió asfixiado y por la sequedad de la atmósfera y por el olor, cada vez más penetrante. Calculó minuciosamente su litro de agua y reservó cinco centímetros cúbicos para afeitarse al día siguiente. Para él, ese era el problema más importante: la afeitada diaria. La sed producida por los alimentos secos empezaba a hacer estragos en su organismo.... estaba seguro de que el día siguiente su organismo empezaría a dar síntomas de desfallecimiento.....".

Comentarios A. 15. El desarrollo de habilidades de lecto-escritura constituyen una parte muy importante en los programas de enseñanza. Estas actividades: escribir historias (A.14) y leer artículos de periódicos o revistas (A.15), relacionados con pro-

blemas ambientales pueden actuar como motivadores para ayudarles a desarrollar habilidades del pensamiento y además llevarlos a la reflexión acerca de puntos tan importantes como es el deterioro ambiental.

A.16. *Para solucionar los problemas ocasionados con el déficit de agua en época de sequía, en la prensa local se insertó un encartado dando sugerencias para el ahorro del agua. Entre las medidas recomendadas estaba la de incluir una botella llena de agua dentro del tanque de tal manera que cada vez que se baje la válvula se pierda un litro menos de agua. Aplique la medida en su hogar y cuente cuántas veces Ud. baja la válvula en un día y cuántas en un mes. ¿Cuanto ahorró Ud. de agua en un año? ¿Tiene esa medida alguna implicación en su economía? Compare el recibo del agua antes de aplicar la medida y después de aplicarla.*

Comentarios A.16. En esta actividad se trata que el estudiante aplique medidas individuales y familiares, en su casa, para ahorrar el agua al mismo tiempo que contribuye a desarrollar actitudes favorables para la conservación de los recursos naturales renovables. Por otra parte se invita a los estudiantes a que contrasten los resultados antes y después de la acción para resaltar los beneficios económicos que ello puede reportarles.

A.17. *¿Por qué necesitamos ahorrar el agua si sabemos que el agua es un recurso natural renovable?*

A.18. *Realice “El bingo del agua” relacionado con los depósitos de agua, tratamiento, contaminantes, enfermedades.*

Comentarios A.18. Los juegos ayudan a motivar a los estudiantes a leer y sirve como un entretenimiento de transición entre una tema y otro. Pueden también ayudar a promover el aprendizaje ambiental, cuando se centra en un conocimiento específico, ayuda en las habilidades del pensamiento, conceptos y actitudes. Por otra parte, incrementa las habilidades y el vocabulario y la comprensión de los conceptos.

A.19. *Coleccione o realice poemas, manchetras, adivinanzas relacionadas con el agua. Con esta información y sus dibujos realice un periódico mural cuyo tema central sea el agua.*

Comentario A.19. Con esta actividad se trata que el estudiante exprese sus sentimientos acerca del agua o cualquier otro aspecto relacionado con la problemática y al mismo tiempo, detectar que tan profundamente el agua está relacionada con la vida, los ecosistemas y con la cultura de los pueblos. Esta actividad también puede ayudar a desarrollar habilidades para expresar los sentimientos. El maestro puede buscar orientación con los docentes del área de lengua y de arte.

A.20. *Diseñe un experimento sencillo para demostrar el efecto de algunos contaminantes del agua en los peces. Por ejemplo: nicotina, nutrientes, gasolina, detergentes,*

cloro o petróleo. Utilice por lo menos tres acuarios pequeños de los cuales uno debe ser el control.

Comentarios A.20. Con esta actividad se pretende que los alumnos comprendan que organismos como los peces y otros, pertenecientes al medio acuático, pueden utilizarse como biosensores de algunos contaminantes, solamente por cambios en comportamiento, al mismo tiempo que cambios en las condiciones del agua pueden ser fácilmente detectadas. El maestro debe orientar al alumno para que anticipe efectos y tengan medidas de contingencia. Por ejemplo, un acuario preparado para transferir los peces, inmediatamente después de realizar la experiencia, que permita su recuperación.

A.21. Realice un collage con recortes de revistas, fotos o periódicos, sobre el agua.

Comentarios A.21. Esta actividad ayuda en realidad a visualizar la profunda relación de nuestras vidas con el agua. En los periódicos se puede ver el agua en todas la secciones: en la parte económica, social y política y hasta en las propaganda y comiquitas. Se pueden identificar los estados (sólido, líquido y gaseoso), sus usos (domésticos, deportes y recreación, industrial y agrícola y transporte), los medios de transporte (tuberías y camiones cisternas). Los problemas causados por su deterioro y las medidas planteadas para su saneamiento y ahorro.

A.22. Del cancionero popular seleccione una canción que tenga relación con el agua.

A.23. Investigue dónde están localizadas las plantas de tratamiento y los embalses de agua de la comunidad donde Ud. vive.

A.24. Realice una visita a la planta de tratamiento de agua de su localidad o a una planta de tratamiento de agua de una industria. Luego elabore un esquema del proceso de tratamiento. Realice un periódico o cartelera para divulgar la información obtenida.

A.25. Mencione las medidas de tratamiento del agua utilizadas en su casa y relaciónelas con los procesos observados en las plantas de tratamiento.

Comentarios A.22., A.23., A.24. y A.25. Con estas tres actividades sobre embalses y tratamiento de agua el estudiante tiene la oportunidad de conocer en detalle las medidas tradicionales, aún en practica, de reservar el agua y sus formas de tratamiento. Con esta experiencia se podrá discutir desde el enfoque CTS: el interés o valor social, los pro y contras y las consecuencias de esas tecnologías. Además, el estudiante podrá proponer alternativas para el logro de un desarrollo sustentable del recurso agua.

A.26. Realice alguna visita a una planta hidráulica, museo de la ciencia, etc, con objeto de entrar en contacto con los recursos energéticos y los problemas asociados.

Comentarios A.26. Las visitas guiadas permiten: Primero, dar experiencias directas con los recursos ambientales y de la comunidad. Segundo, permiten conocer las diferentes oportunidades de carreras y trabajo relacionadas con el ambiente. El maestro debe realizar una visita previa para conocer los alcances y tener los permisos necesarios de la empresa y de los representantes.

A.27. *Piense en el concepto agua. ¿Puede visualizarla? Detalle el escenario. Ahora dibuje lo que Ud. visualizó. Enseñe su dibujo y explique lo que Ud. hizo. Discuta la visión del agua que cada persona tuvo y las relaciones con la vida y otros elementos del ambiente.*

IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PLANTEAMIENTOS

Comentarios A.27. Esta actividad desarrolla la creatividad del alumno y la comunicación oral y escrita. Los dibujos generalmente se presentan dentro de un contexto sistémico y reflejan sentimientos y necesidades.

En esta Unidad se aplicaron los siguientes aspectos didácticos:

* Uso de contenido científico partiendo de la investigación documental actualizada.

Se trató de hacer planteamientos claros y concretos basados en situaciones reales. En este sentido, la lectura de artículos de periódicos y la preparación de la hemerografía fue fundamental, por considerar que los medios de comunicación de masas tienen: a) una gran cobertura, b) aportan a los procesos de conservación ambiental escenarios de socialización ecológicas, tales como sensibilización, información, educación y gestión ambiental, c) permiten desarrollar las habilidades para pensar, a través de las evidencias e inferencias y d) fomentan la confianza en los estudiantes porque a través del análisis de los artículos relacionados con la vida real, los estudiantes pueden evaluar y criticar los hechos científicos, tecnológicos y sociales.

* Se trató siempre de utilizar los conocimientos previos para conectarlos con el nuevo aprendizaje, a través de hechos reales. Muchos de estos conocimientos, contrariamente a lo que generalmente se piensa, proceden de los medios de comunicación de masas.

Se utiliza la técnica de la pregunta y la repregunta. Estrategias tradicionales aún vigentes, siempre y cuando ayuden a la reflexión y se ofrezca tiempo de espera.

* Se trató de desarrollar una mejor actitud hacia el aprendizaje de las ciencias a través de viajes fantásticos y la escritura creativa para iniciar el pensamiento metafórico, estimulando a los estudiantes a aprender ciencia con actividades recreativas.

Dentro de las ventajas de los viajes fantásticos se tiene: la posibilidad de ir con la imaginación a algún lugar al que por otros medios sería imposible hacerlo, el viajero puede jugar el papel de observador o puede convertirse en el objeto del viaje; puede servir como técnica de reactivación, para ayudar a la memorización; puede mejorar la

IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PLANTEAMIENTOS DIDÁCTICOS

En esta Unidad se aplicaron los siguientes aspectos didácticos:

* Uso de contenido científico partiendo de la investigación documental actualizada.

Se trató de hacer planteamientos claros y concretos basados en situaciones reales. En este sentido, la lectura de artículos de periódicos y la preparación de la hemerografía fue fundamental, por considerar que los medios de comunicación de masas tienen: a) una gran cobertura, b) aportan a los procesos de conservación ambiental escenarios de socialización ecológicas, tales como sensibilización, información, educación y gestión ambiental, c) permiten desarrollar las habilidades para pensar, a través de las evidencias e inferencias y d) fomentan la confianza en los estudiantes porque a través del análisis de los artículos relacionados con la vida real, los estudiantes pueden evaluar y criticar los hechos científicos, tecnológicos y sociales.

* Se trató siempre de utilizar los conocimientos previos para conectarlos con el nuevo aprendizaje, a través de hechos reales. Muchos de estos conocimientos, contrariamente a lo que generalmente se piensa, proceden de los medios de comunicación de masas.

Se utiliza la técnica de la pregunta y la repregunta. Estrategias tradicionales aún vigentes, siempre y cuando ayuden a la reflexión y se ofrezca tiempo de espera.

* Se trató de desarrollar una mejor actitud hacia el aprendizaje de las ciencias a través de viajes fantásticos y la escritura creativa para iniciar el pensamiento metafórico, estimulando a los estudiantes a aprender ciencia con actividades recreativas.

Dentro de las ventajas de los viajes fantásticos se tiene: la posibilidad de ir con la imaginación a algún lugar al que por otros medios sería imposible hacerlo, el viajero puede jugar el papel de observador o puede convertirse en el objeto del viaje; puede servir como técnica de reactivación, para ayudar a la memorización; puede mejorar la

expresión escrita cuando se lo utiliza en la elaboración de informes escritos enseguida de haberlo realizado.

* Se relacionaron los problemas ambientales con hechos sociales, para construir un aprendizaje significativo.

Para procesar la información, se estimuló la presentación y observación de gráficas y la elaboración de mapas conceptuales.

* Con respecto al tratamiento de problemas ambientales, se usó la técnica de la jerarquización de problemas para tratar de llegar a un consenso, escoger el principal y luego pasar a tomar decisiones.

En esta Unidad se aplicaron los siguientes aspectos didácticos:

* Uso de contenido científico partiendo de la investigación documental actualizada.

Se trató de hacer planteamientos claros y concretos basados en situaciones reales. En este sentido, la lectura de artículos de periódicos y la preparación de la hemerografía fue fundamental, por considerar que los medios de comunicación de masas tienen: a) una gran cobertura, b) aportan a los procesos de conservación ambiental escenarios de socialización ecológica, tales como sensibilización, información, educación y gestión ambiental, c) permiten desarrollar las habilidades para pensar a través de las evidencias e inferencias y d) fomentan la confianza en los estudiantes porque a través del análisis de los artículos relacionados con la vida real, los estudiantes pueden evaluar y criticar los hechos científicos, tecnológicos y sociales.

* Se trató siempre de utilizar los conocimientos previos para conectarlos con el nuevo aprendizaje a través de hechos reales. Muchos de estos conocimientos, contrariamente a lo que generalmente se piensa, proceden de los medios de comunicación de masas.

Se utilizó la técnica de la pregunta y la respuesta. Estrategias tradicionales más vigentes, siempre y cuando ayuden a la reflexión y se ofrezca tiempo de espera.

* Se trató de desarrollar una mejor actitud hacia el aprendizaje de las ciencias a través de viajes fantásticos y la escritura creativa para iniciar el pensamiento metacognitivo, estimulando a los estudiantes a aprender ciencias con actividades recreativas.

Demos de las ventajas de los viajes fantásticos se tiene: la posibilidad de ir con la imaginación a algún lugar al que por otros medios sería imposible hacerlo, el viajero puede jugar el papel de observador o puede convertirse en el objeto del viaje; puede servir como técnica de reactivación, para ayudar a la memorización; puede mejorar la

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

Banco Interamericano de Desarrollo. (1993). *Recursos Mundiales. Una Guía para el Ambiente Mundial*. México-Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Es una guía muy completa sobre todos los aspectos relacionados con el uso de los recursos naturales a nivel mundial. Tiene una sección sobre problemas ambientales y otra sobre acuerdos internacionales actualizados. Invalorable fuente de información.

_____. (1992). *Nuestra Propia Agenda*. Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y El Caribe. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

Este fue el documento presentado por la Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y El Caribe en la reunión de Río de Janeiro en 1992. Parte de un seguimiento del Informe "Nuestro Futuro Común" y constituye un aporte de la región al gran debate mundial sobre el ambiente, presentando una visión múltiple, política y técnica sobre el tema. Es de consulta obligada en la región, al tratar estos temas en el aula.

Bellorín, L. y Rivas, J. (1992). *Ambiente: Ecología, Desarrollo y Educación*. Venezuela-Lagoven, S. A.

Este folleto publicado por una de las empresas petroleras, en un lenguaje sencillo, ofrece una visión sistémica del desarrollo sustentable.

Braus, J. y Wood, D. (1983). *Environmental Education in the Schools*. USA. Peace Corps.

Es un manual de trabajo que presenta gran diversidad de estrategias y las orientaciones necesarias para la enseñanza-aprendizaje, bajo un marco referencial constructivista, en Educación Ambiental y los problemas ambientales. Por supuesto, es necesario adaptarlo a las necesidades y requerimientos locales.

Buschbacher, R. (1990). Natural Forest Management in the Humid Tropics: Ecological, Social and Economic Considerations. *Ambio*, XIX, (5), 25-29.

Este número de la revista *Ambio* está dedicado al uso de los bosques tropicales y su impacto en el ambiente, social y económico. Referencia muy útil porque ofrece artículos sobre los países industrializados y los países en vías de desarrollo.

CEPAL-PNUMA. (1992). *El reto Ambiental del Desarrollo en América Latina y El Caribe*.

Este informe es un aporte para la región, en relación a los retos que debe enfrentar en el logro de un desarrollo sustentable.

Chesney, L. (1993). *Lecciones sobre el Desarrollo Sustentable*. Ediciones Fundambiente. Caracas.

En un lenguaje sencillo, Chesney nos presenta las visiones del desarrollo económico, enmarcadas en el paradigma capitalista, socialista y en otros modelos. Asimismo, nos ofrece una visión resumida de los desarrollos políticos en materia ambiental y los factores que inciden para un desarrollo sustentable.

Chiras, D. (1993), Eco-logic: Teaching the biological principles of sustainability. *The American Biology Teacher*. 55 (2), 71-76.

Información preparada para el VIII Congreso sobre el recurso agua, realizado en El Cairo en 1994. Presenta un análisis de las principales fallas políticas, los nuevos requerimientos y marco de referencia para su conservación. Es de gran utilidad para el trabajo de aula.

Gordon, H. (1995). Accumulative effects. *Environments*, 27. (7), 8-12.

Este artículo de Gordon presenta ejemplos de problemas ambientales en los cuales hay acumulación de agentes contaminantes. Muy actualizado.

Graham, L. (1993). *Impact assessment & Sustainable Resource Management*. Longman Scientific & Technical. England.

Este libro analiza ampliamente los temas de impacto ambiental, revisados fundamentalmente desde la perspectiva de las políticas gubernamentales y por esta razón, enfoca los problemas ambientales con una visión política.

Lamb, R. (1994). Lluvia ácida. *Geomundo*, XVIII (12), 592-597.

Artículo de divulgación científica de lenguaje accesible para los estudiantes.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. (1992). *Un compromiso Nacional para el Desarrollo Sustentable*. Informe Nacional de Venezuela a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo 1992.

Este informe presenta el diagnóstico de la situación de Venezuela ante el desarrollo sustentable y realiza un aporte, desde la perspectiva venezolana, a la Agenda 21, en los cuales se encuentra un énfasis en la educación. Cada país debe haber elaborado un documento similar.

Montes, R. y San José, J. (1992). La lluvia ácida. *Carta Ecológica*. N 63, 9-13.

Artículo de divulgación publicado por profesionales que ejercen la investigación y docencia en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y en la Universidad Simón Bolívar, relacionado con ecología y ambiente.

Myers, N. (1987). *El Atlas Gaia de la Gestión del Planeta*. (German-Blume: Barcelona).

Panier, F. (1983). *Los manglares de nuestras costas*. *Ambiente*, 5.

La revista *Ambiente* es una revista de divulgación publicada por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, de fácil acceso para los estudiantes. Este número en particular, está dedicado al estudio del manglar.

Se utilizaron hemerografías sobre: el Cólera, Dengue, Plomo y el problema de la población de El Hornito.

Serageldin, J. (1995). *Towards Sustainable Management of Water Resources*. The World Bank. Washington, D.C.

Este estudio presenta algunos casos de diferentes países sobre las medidas para sanear cuerpos de agua y medidas sistémicas para hacer un uso sustentable del recurso.





Ministerio de Educación y Cultura de España

en coproducción con

Ministerio de Educación y Cultura (Argentina)

Ministerio de Educación (Cuba)

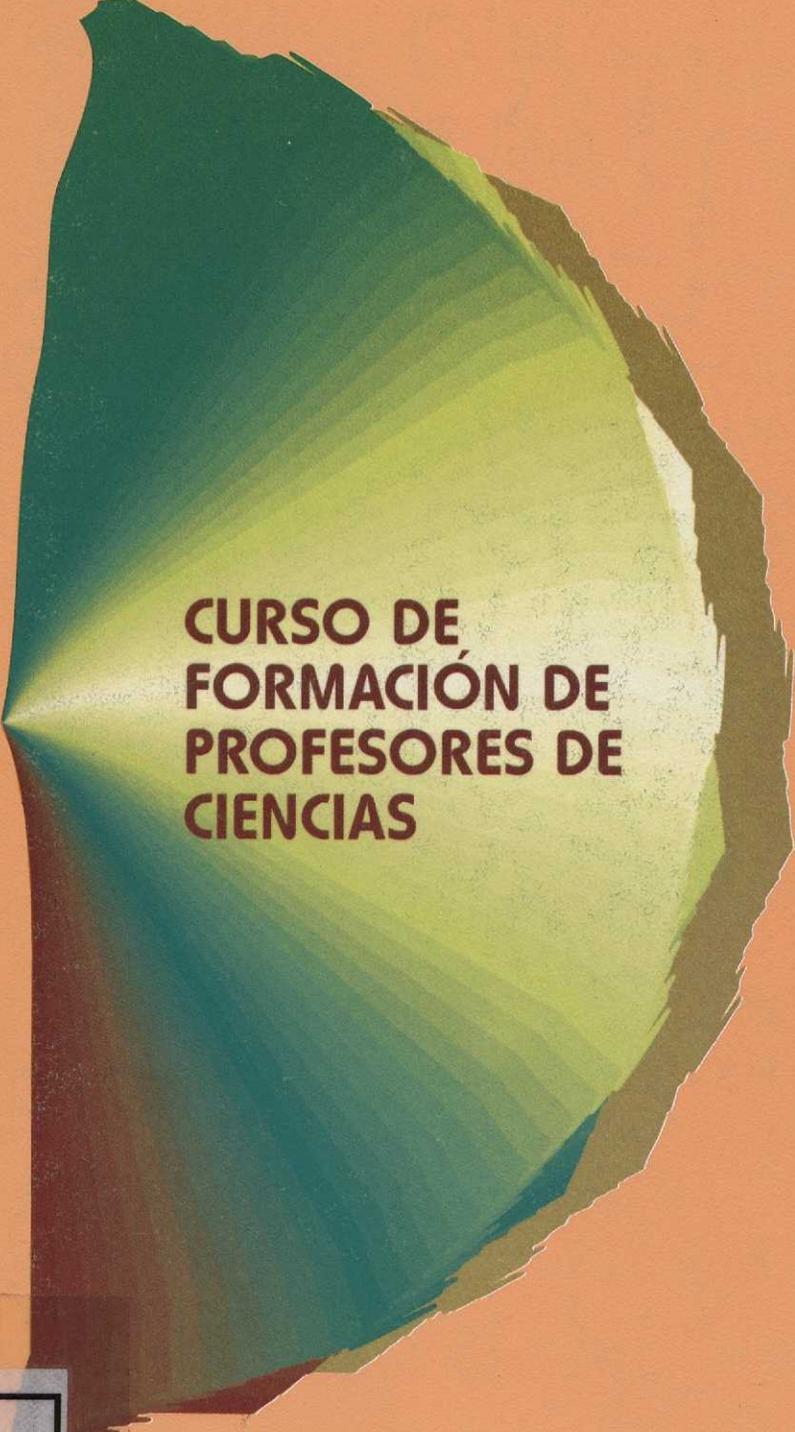
Ministerio de Educación / U.P.E.L. / U.C.V. / (Venezuela)

Universidad Autónoma de Barcelona (España)

Televisión Educativa Iberoamericana



4



**CURSO DE
FORMACIÓN DE
PROFESORES DE
CIENCIAS**

**3.
Necesidad
de ordenar
la diversidad**

44118-4

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD III.3

**CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS**

Autores:

Renato Breio González

(Dirección de Educación de Adultos)

Virginia Martín-Viña Cuervo

(Instituto Central de Ciencias Pedagógicas)

Dirección y coordinación general:

Antonio Gutiérrez Martín

María Esperanza Galarraga González

MEC - España

Revisión Científica y Pedagógica del texto:

Dirección científica y didáctica:

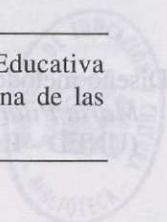
Daniel Gil Pérez (Universitat de València - España)

Dirección de la producción audiovisual:

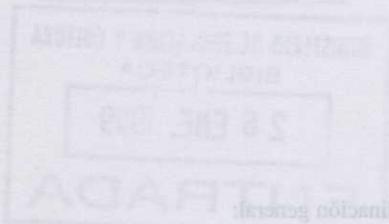
Enric Pérez i Obiol (UAB - España)

Este curso de enseñanza a distancia para la Televisión Educativa Iberoamericana se compone de 29 unidades didácticas, cada una de las cuales consta de material impreso y de un programa audiovisual.

R. 156457



CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS



Dirección y coordinación general:
Antonio Gutiérrez Martín
María Esperanza Galarraga González
MEC - España

Dirección científica y didáctica:

Equipo coordinador del proyecto en Cuba: Daniel Gil Pérez (U)

Francisco Trápaga Mariscal (Cinematografía Educativa)

Virginia Martín-Viaña Cuervo (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas
Ministerio de Educación)

Reinaldo Forcade Rábago (Ministerio de Educación)

Luis Suárez Moya (Cinematografía Educativa)

Diseño metodológico para la educación a distancia:

María Pilar González, Soledad Esteban Santos, Carlos Romera Carrión
(UNED - España)

44118-4

CURSO DE FORMACIÓN PARA PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD III.3

NECESIDAD DE ORDENAR LA DIVERSIDAD

Autores:

Renato Breto González

(Dirección de Educación de Adultos)

Virginia Martín-Viaña Cuervo

(Instituto Central de Ciencias Pedagógicas)

Ministerio de Educación - Cuba

Revisión Científica y Didáctica del texto:

Daniel Gil Pérez

(Universitat de València - España)

R. 136438



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los colegas que han contribuido con sus acertadas críticas y sugerencias a enriquecer esta obra. En particular queremos destacar la lectura cuidadosa de los textos y la participación en discusiones colectivas de Jorge Hernández (Instituto Superior Pedagógico "Enrique J. Varona"), Natalia Campuzano (Dirección Provincial de Educación de Ciudad de La Habana), Josefa Banasco y Ana T. Carrillo (Instituto Superior Pedagógico "Enrique J. Varona").

Agradecemos también la inestimable labor de asesoría realizada por las siguientes personas del Ministerio de Educación y Cultura de España: Pilar Bacas, M^a Jesús Martín y Cristina Sanz (Centro de Desarrollo Curricular); M^a Luz Fernández, M^a Dolores Leis, Pilar Montero, M^a Jesús Peña, Josefa Pérez de Colosía y M^a Luz Rivera (CIDEAD-Subdirección Gral. de Formación Permanente); Rafael Fontán y Aurelio Santisteban (Subdirección Gral. de Formación del Profesorado), Pablo Sanz (Programa de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación) y M^a Dolores López-Aranguren (Subdirección Gral. de Cooperación Internacional). Por último, agradecemos la fructífera colaboración que, a través de M^a José García Sípido y Salvador Muñoz, de Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando para la formación de tutores y adecuación de las redes nacionales para la educación a distancia en los países usuarios del curso

Autores:

Ramón Berto González
(Dirección de Educación de Adultos)

Virginia Martín-Viña Cuervo
(Instituto Central de Ciencias Pedagógicas)
Ministerio de Educación - Cuba

Revisión Científica y Didáctica del texto:

Daniel Gil Pérez

(Universidad de Valencia)

Francisco Trápaga Mariscal (Cinematógrafa Educativa)

Virginia Martín-Viña Cuervo (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas
Ministerio de Educación)

© *Virginia Martín-Viña Cuervo* (Ministerio de Educación)
Ministerio de Educación y Cultura (España)
Universidad Autónoma de Barcelona

ISBN: 84-369-2802-4 (Obra completa)

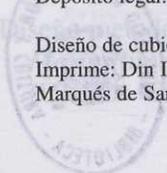
ISBN: 84-369-2872-5 (Unidad III.3)

Depósito legal: M-21673-1996

Diseño de cubierta: Dpto. Dibujo UNED

Imprime: Din Impresores

Marqués de San Gregorio, 5 - 28026 Madrid



1801081 9

ÍNDICE

L. DESARROLLO DE LA UNIDAD

	<i>Pág.</i>
I. DESARROLLO DE LA UNIDAD	9
1. Introducción.....	9
2. Clasificar: Orden en la diversidad	15
3. Los nombres de los seres vivos. El sistema de "dos nombres"	33
II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	39
III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE	41
IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS	49
V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA	51

CLARA También mediante el estudio de la célula han podido apreciar con mayor claridad la unidad de estructura del mundo vivo; se han percatado, a su vez, de la diversidad celular al analizar los modelos de célula procariota y eucariota, de tanta importancia como veremos para facilitar el cambio conceptual acerca del sistema de clasificación en cinco reinos, del notable ecólogo norteamericano R.H. Whittaker (1924-1980).

EVA Es asombroso el número y la variedad de seres vivos que tenemos en nuestro planeta, se estima que en la actualidad existen alrededor de 2 millones de especies, además, continuamente se descubren otras nuevas.

PEPE En efecto es asombroso, y si dedicáramos 10 minutos al estudio de cada especie, trabajando 24 horas al día, sin parar, se tendrían que invertir alrededor de 38 años en hacer este estudio. Aún entonces, no se conocería mucho acerca de cada una de ellas.

EVA Creo que en relación con esto sería oportuno reflexionar sobre:

I. DESARROLLO DE LA UNIDAD

1. INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en una pequeña sala, donde llegan Clara, Eva y Pepe, que vienen conversando animadamente:

EVA Hasta este momento los alumnos han estudiado la unidad y la diversidad del mundo vivo y han podido apreciar la semejanzas y las diferencias, tanto a nivel macroscópico como microscópico de los seres vivos.

PEPE No sólo eso, sino que han realizado toda una serie de actividades que les han permitido adentrarse en el mundo maravilloso de lo único y de lo diverso, para comprenderlo y disfrutarlo mejor.

CLARA También mediante el estudio de la célula han podido apreciar con mayor claridad la unidad de estructura del mundo vivo; se han percatado, a su vez, de la diversidad celular al analizar los modelos de célula procariota y eucariota, de tanta importancia como veremos para facilitar el cambio conceptual acerca del sistema de clasificación en cinco reinos, del notable ecólogo norteamericano R.H. Whittaker (1924-1980).

EVA Es asombroso el número y la variedad de seres vivos que tenemos en nuestro planeta, se estima que en la actualidad existen alrededor de 2 millones de especies, además, continuamente se descubren otras nuevas.

PEPE En efecto es asombroso, y si dedicáramos 10 minutos al estudio de cada especie, trabajando 24 horas al día, sin parar, se tendrían que invertir alrededor de 38 años en hacer este estudio. Aún entonces, no se conocería mucho acerca de cada una de ellas.

EVA Creo que en relación con esto sería oportuno reflexionar sobre:

¿Cómo relacionar esta temática con los aspectos de C/T/S?



CLARA A mí se me ocurre la idea siguiente: conocemos que se han identificado cerca de 2 mil millones de especies, y sólo existen en la actualidad el 0,1%. Los estudiantes pueden indagar, intercambiar entre ellos:

¿Por qué han desaparecido tantas especies?



PEPE Pueden sorprender, en un primer acercamiento a este fenómeno, las cifras tan altas de extinción, pero debemos tener en cuenta que el tiempo es una magnitud muy grande y esto ha ocurrido en cientos de millones de años y no ha producido efectos irreversibles en la biosfera, sin embargo:

En la actualidad, ¿cómo se comporta el ritmo de extinción?



EVA Se estima que cada 24 horas desaparecen alrededor de 100 especies. Entonces, para el año 2000, una décima parte de todas las especies habrá desaparecido y, para el año 2020, una tercera parte.

CLARA El ritmo de extinción se ha acelerado a partir de 1950. Las pérdidas tienen efectos multiplicadores. La extinción de una especie puede conducir a la de otras.

PEPE Esta situación alarmante en que se pierden recursos naturales, que no serán recuperados jamás y que las futuras generaciones no podrán disfrutar, nos debe llevar a reflexionar sobre la importancia de una educación ambiental que tenga en cuenta la protección de la flora y la fauna. Sería oportuno orientar a los alumnos:

Consultar con personal especializado, que facilite cifras sobre desaparición de especies que tenían importancia en su país.



CLARA Considero que con todos estos elementos que hemos analizado, referidos al número tan elevado de seres vivos que existen, debemos pensar en:

¿Cómo comenzar a establecer algún orden en la enorme diversidad de seres vivos?



EVA Con el objeto de dar continuidad y coherencia a este bloque, debemos agrupar a los seres vivos partiendo de los nuevos conceptos construidos por alumnos y alumnas sobre unidad y diversidad. Para lo cual vamos a considerar las semejanzas y las diferencias existentes entre los organismos, elementos orientadores en la búsqueda de procedimientos para solucionar este problema. Sería oportuno que:

Propongan algún procedimiento para establecer un orden en la gran diversidad de seres vivos.



PEPE Esta propuesta es buena, ya que facilitará que expongan diversas estrategias espontáneas para realizar agrupaciones de los seres vivos.

CLARA Además, éste debe ser el primer paso en la construcción del nuevo conocimiento: extraer y hacer explícitas las formas de proceder de los alumnos para clasificar.

EVA No podemos ignorar estos conocimientos procedimentales, ya que no son fáciles de modificar y requieren sacarlos a la luz y ponerlos a prueba para que ellos y ellas se percaten de su ineficacia en la solución de problemas a los cuales se enfrentan en este apartado.

PEPE Mi experiencia en este asunto me ha mostrado que los estudiantes tienden a clasificar los objetos basándose en rasgos externos, como por ejemplo: forma, tamaño y color. Creo que esta preconcepción tiene cierta similitud con las concepciones que prevalecieron durante siglos, cuando primó el pensamiento aristotélico, y las clasificaciones se basaban en características adaptativas muy generales, como la realizada por Plinio el Viejo 23-79 antes de nuestra era (a.n.e.), que clasificó a los animales en terrestres, acuáticos y aéreos.

CLARA Esto, que parece una idea muy antigua, persiste muchas veces.

PEPE Estoy de acuerdo, pero de todo lo anterior podemos extraer una importante conclusión: debemos partir de lo que "sabe" el alumno y sólo así le daremos una verdadera ayuda.

CLARA No sólo eso, sino que la construcción del conocimiento es una transformación de los que ya se tienen.

PEPE Para ser consecuente con lo expresado, podemos plantear, a alumnas y alumnos, la siguiente pregunta:

¿Cómo agruparían a los seres vivos?



EVA Ellos, mayoritariamente, se refieren a la división de los seres vivos en plantas y animales. Estos son algunos de sus cuadernos con la tarea realizada, observen.

FIGURA 1

DIAGRAMA A

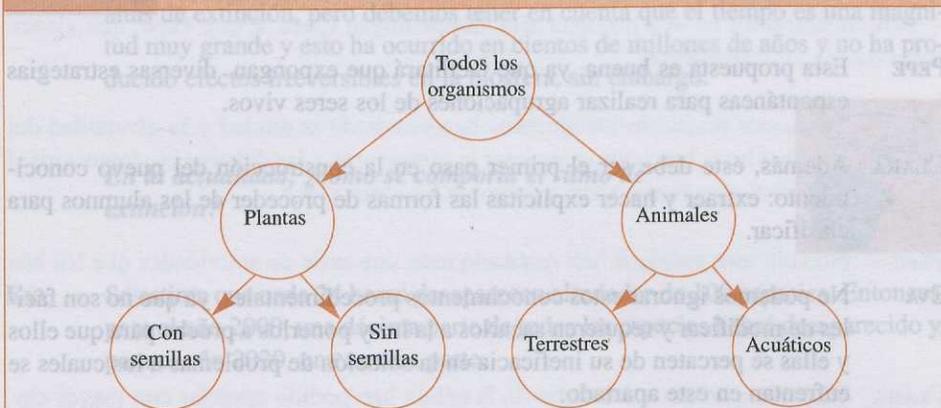
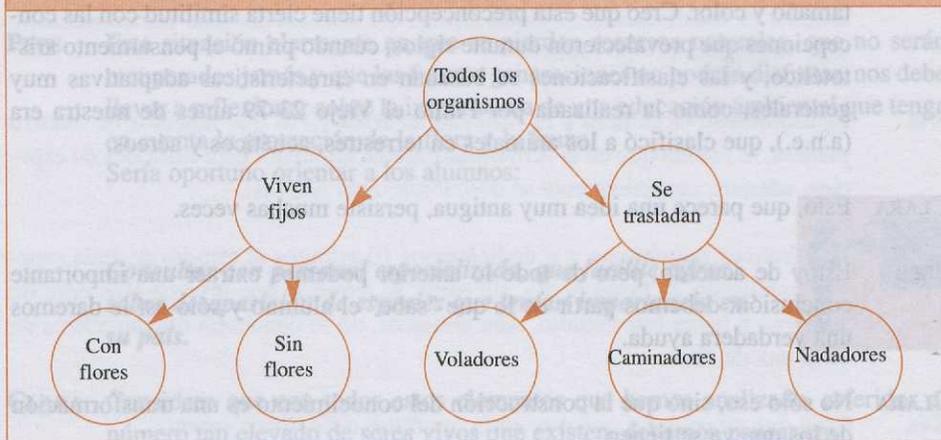


DIAGRAMA B



CLARA En efecto, lo que planteas es muy común; además, en sentido general se basan en:

- Locomoción (si viven fijos o se trasladan).
- Nutrición (los animales se alimentan de otros seres vivos y las plantas no).

EVA En la actualidad, clasificar organismos es ordenarlos en grupos definidos, describirlos y delimitarlos sobre la base de una multitud de características, como por ejemplo las morfológicas, las fisiológicas, las ecológicas y las etológicas (costumbres que generalmente se atribuyen a los animales).

PEPE Muy diferente a como lo hacía el hombre primitivo, que probablemente agrupó a los animales en: peligrosos y no peligrosos; los que podían volar y los que no podían; los que eran comestibles y los que no lo eran; es decir, se apoyaban en características externas.

EVA ¿Y si proponemos a los alumnos que analicen hechos concretos? Pienso que así facilitaremos que valoren realmente la importancia que poseen las clasificaciones...

¿Qué tiempo ocuparía buscar el significado de las palabras en el diccionario si éstas no estuvieran ordenadas alfabéticamente?

¿Qué sucedería en una biblioteca, con miles de ejemplares, si no estuviera organizada en orden alfabético, según la inicial del nombre del autor y por materia?

¿Qué ocurriría en una tienda donde los artículos estuvieran distribuidos arbitrariamente?



CLARA Pienso que esas situaciones que propones son muy evidentes y permiten mostrar que no se clasifica como pasatiempo, sino que se hace con un propósito, que es siempre el de ordenar los objetos que se consideran, ya se trate de palabras, libros, artículos diversos y, por qué no, seres vivos...

PEPE En fin, a mi juicio está evidenciada la necesidad; ahora nos resta poner en práctica el trabajo. Adelante...

EVA Espera, has olvidado que esta unidad didáctica aborda dos cuestiones básicas, no sólo clasificando se resuelve el problema. ¿Y el nombre de cada "cosa" que clasifiquemos? ¿Existirá algún inconveniente al respecto? Éstas pudieran ser las preguntas para introducir el otro epígrafe: Necesidad de nombrar a los seres vivos.

PEPE Recordemos, por ejemplo, el marpacífico, *Hibiscus rosasinensis*, arbusto ornamental que presenta flores rojas, amarillas, blancas, etc. Esta planta es una de las que más diversos nombres vulgares tiene. Una actividad interesante para



promover la necesidad de unificar la nomenclatura, pudiera ser proponer a los estudiantes la:

Búsqueda de ejemplos de seres vivos que se conozcan con diferentes nombres.



Esta búsqueda les permitirá comprobar personalmente lo discutido en la escuela y ratificará las dificultades en la comunicación.

CLARA Y para continuar con el ejemplo del hibiscus rosasinensis, pudiéramos informarles que en las provincias occidentales de Cuba, le llaman marpacífico; en las orientales, borrachona; en las centrales, amapola y cupido. Algunos autores le atribuyen también otros nombres: hércules, leche de Venus, malva de China, flor de chivo...¡Cuántos nombres para una misma planta!

PEPE El hecho de reconocer a los seres vivos por sus nombres vulgares se complica más aún, debido a que seres vivos diferentes reciben el mismo nombre vulgar. Por ejemplo, "platanillo" se aplica a muchas plantas diversas en distintos lugares de nuestro país, por citar sólo el caso de Cuba...

CLARA Con estas actividades será fácil que alumnos y alumnas comprendan que, en cualquier parte del mundo, es necesario que cada ser vivo, al margen de los nombres locales que reciba, se identifique con un nombre consensuado por la comunidad científica, de forma que sea entendido por todos:

¿Qué denominación dar a los seres vivos, que cumpla este requisito?



EVA Por supuesto que no podemos dejar de reconocer aquí el trabajo del gran naturalista sueco Carlos Linneo (1707-1778), quien utilizó un método sencillo para la solución de este problema, que sigue empleándose en la actualidad.

CLARA Y toda esa información, cuyo diseño se utiliza desde el siglo XVIII crece día a día y se almacena en base de datos para ser procesada de forma rápida y segura.

PEPE Es cierto; entonces, colegas: la curiosidad genera conocimiento, y la necesidad, tecnología.

CLARA ¡Un momento!, creo que debemos detenernos aquí, pues si continuamos tan embullados no vamos a dejar nada para el epígrafe que abordará ese tema, recuerden que ésta es sólo una introducción.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 1

1. ¿Qué significa clasificar?
2. ¿Qué propósito tiene el proceso de clasificar en cualquier campo de la actividad humana?
3. ¿Cómo clasifican, mayoritariamente, los estudiantes a los seres vivos?
4. ¿En qué se diferencia la clasificación que realizaba el hombre primitivo de las que se realizan hoy?
5. ¿Cuáles son los inconvenientes que tiene emplear nombres vulgares para identificar los seres vivos?

2. CLASIFICAR: ORDEN EN LA DIVERSIDAD

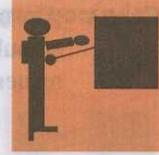
EVA A partir de todo lo que hemos analizado en la introducción de la unidad didáctica, opino que debemos comenzar discutiendo con los alumnos y las alumnas el término **clasificar**, así como su importancia y plantearles:

Si tuvieran que expresar un sinónimo de clasificar, ¿cuál elegirían?



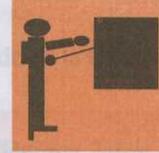
CLARA A esta pregunta corresponderán diferentes expresiones: ordenar, agrupar, reunir, organizar. Todo lo cual nos llevará a proponerles:

¿Cómo clasificar el enorme número de especies teniendo en cuenta las semejanzas y las diferencias entre los seres vivos?



PEPE Propongo una forma para dar solución a este problema, que me ha dado resultados positivos:

Realizar una búsqueda bibliográfica acerca de la historia de las clasificaciones realizadas por el hombre.



EVA Estoy de acuerdo en hacerlo así, ya que montar un diseño experimental por el alumno es algo complicado, que nos llevaría mucho tiempo.

CLARA Me sumo a tu propuesta, pienso que ese viaje por el largo proceso histórico en torno a la clasificación, puede despertar el interés en los estudiantes.

PEPE Si todos concordamos en este aspecto, vamos a incursionar en esa faceta de la historia de las ciencias:

¿Cuáles han sido los momentos más significativos en la clasificación de los seres vivos, y cuáles son los grandes sistemas de clasificación que se han establecido?



EVA Las primeras clasificaciones hechas por el hombre primitivo eran tan empíricas que ahora nos pueden parecer burdas, pero tenían un significado funcional, y no sólo las mantuvieron los hombres primitivos, sino que también en tiempos históricos posteriores continuaron utilizándose, así Aristóteles (384-322 a.e.) clasificó los animales en dos grandes grupos, con sangre (vertebrados) y sin sangre (invertebrados) y subdividió estos grupos en otros menores, como aves, ballenas o insectos.

PEPE Todas estas clasificaciones primitivas se basaban en criterios superficiales, que agrupaban especies sin, claro está, ninguna relación evolutiva. Estas clasificaciones se denominan técnicamente "artificiales", en oposición a las basadas en criterios más adecuados, que los especialistas denominan "caracteres diagnósticos".

CLARA Por supuesto, las relaciones de descendencia entre los organismos no eran tenidas en cuenta en esta clasificación, ya que se suponía que cada especie había surgido independientemente y que no variaba en el tiempo.

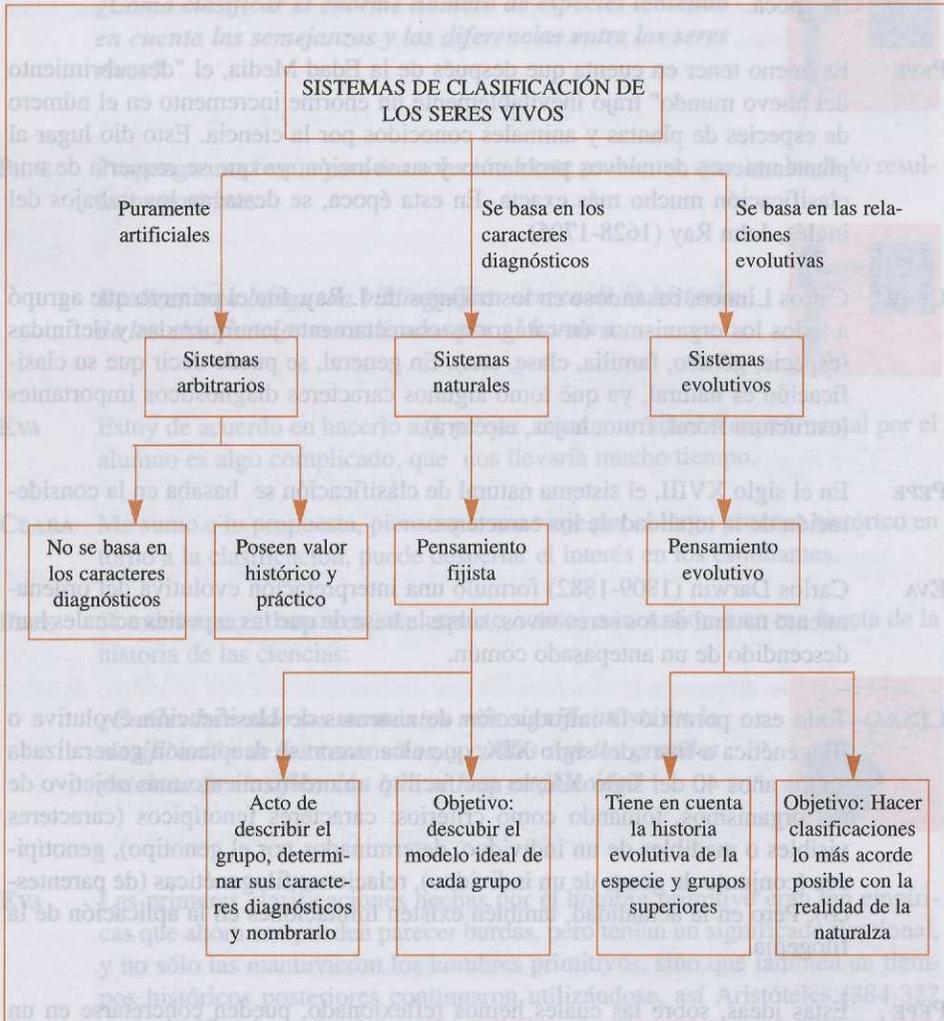
- EVA** Desde luego, ésta es una expresión del pensamiento fijista, imperante en aquella época.
- PEPE** Es bueno tener en cuenta que después de la Edad Media, el "descubrimiento del nuevo mundo" trajo inevitablemente un enorme incremento en el número de especies de plantas y animales conocidos por la ciencia. Esto dio lugar al planteamiento de nuevos problemas y su solución, ya que se requería de una clasificación mucho más exacta. En esta época, se destacan los trabajos del inglés, John Ray (1628-1705).
- CLARA** Carlos Linneo, basándose en los trabajos de J. Ray, fue el primero que agrupó a todos los organismos en categorías correctamente jerarquizadas y definidas (especie, género, familia, clase, etc.). En general, se puede decir que su clasificación es natural, ya que tomó algunos caracteres diagnósticos importantes (estructura floral, fruto, hojas, etcétera).
- PEPE** En el siglo XVIII, el sistema natural de clasificación se basaba en la consideración de la totalidad de los caracteres.
- EVA** Carlos Darwin (1809-1882) formuló una interpretación evolutiva del ordenamiento natural de los seres vivos, sobre la base de que las especies actuales han descendido de un antepasado común.
- CLARA** Todo esto permitió la introducción de sistemas de clasificación evolutiva o filogenética a fines del siglo XIX, que alcanzaron su aceptación generalizada en los años 40 del siglo XX, lo que facilitó un ordenamiento más objetivo de los organismos, tomando como criterios: caracteres fenotípicos (caracteres visibles o medibles de un individuo, determinados por el genotipo), genotípicos (conjunto de genes de un individuo), relaciones filogenéticas (de parentesco). Pero en la actualidad, también existen limitaciones en la aplicación de la filogenia.
- PEPE** Estas ideas, sobre las cuales hemos reflexionado, pueden concretarse en un esquema o resumen que representa los significados básicos que deben ser aprendidos por los estudiantes, para lo cual propongo:

Diseñar un esquema o resumen de los sistemas de clasificación que se han utilizado en diferentes épocas por los naturalistas.



- PEPE** Sería oportuno analizarlo y discutirlo, pues a mí me parece que refleja esa historia:

FIGURA 2



PEPE En efecto, este esquema nos puede dar una idea aproximada de las diferentes clasificaciones empleadas por el hombre.

EVA Y también nos permite ubicar las preconcepciones de los alumnos en el contexto histórico, pues todos conocemos que estas ideas alternativas que tienen alumnos y alumnas pueden presentar ciertas semejanzas con las concepciones que estuvieron vigentes en la comunidad científica en el pasado.

CLARA Pensemos ahora en la forma en que vamos a darle continuidad a este tema.

EVA La discusión la debemos centrar en el procedimiento de clasificar, que constituye un objetivo básico de esta unidad didáctica.

PEPE Debemos reflexionar sobre:

¿Cómo presentar a los alumnos los procedimientos de clasificar, para que el aprendizaje sea significativo?



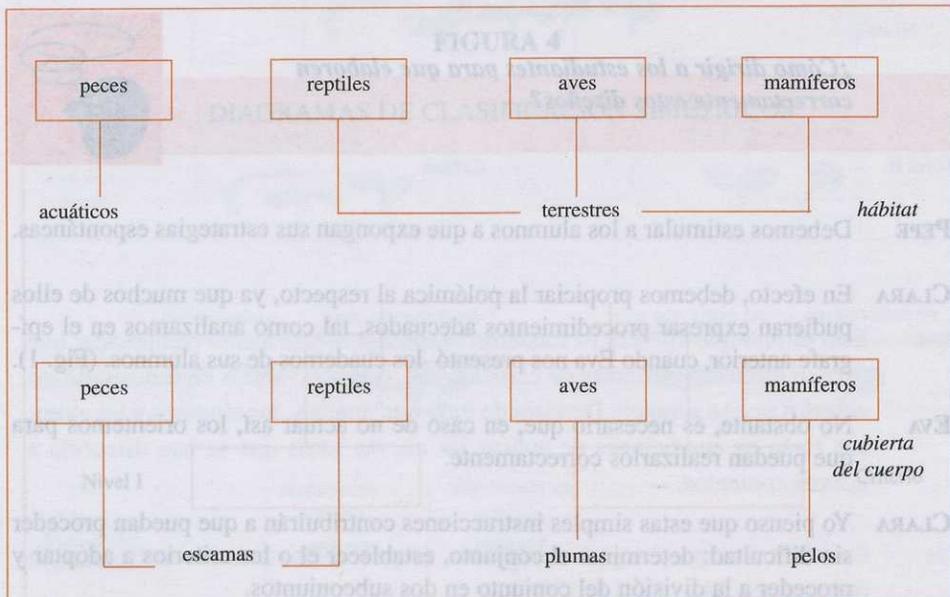
CLARA A mí me ha dado muy buenos resultados la utilización de tarjetas, en las que se representen diferentes animales: mamíferos, aves, reptiles, peces..., las cuales distribuyo por equipo y les planteo que resuelvan el siguiente problema:

¿Cómo clasificar esta diversidad de animales para facilitar su estudio?



De este modo los estudiantes exponen sus ideas y las plasman en los esquemas que elaboran, los que finalmente deben ser analizados en forma colectiva. Observen algunos de ellos que he traído para valorarlos:

FIGURA 3



Después que los estudiantes analizan colectivamente sus diagramas, les pregunto:

¿En qué se basaron para clasificar esta diversidad de animales?



PEPE Te has referido a diagramas de clasificación. ¿Saben los alumnos cómo diseñar estos diagramas?

CLARA Por supuesto que no, los alumnos y las alumnas realizan esquemas sencillos que, bien orientados, pudieran convertirse en diagramas de clasificación.

¿Qué requisitos deben tener estos diagramas?



EVA Para que los alumnos los elaboren correctamente, pienso que debemos partir de definir bien los criterios de clasificación y que éstos sean confiables.

CLARA Pero además, es imprescindible determinar claramente los niveles y...¡muchísima atención con la forma de su representación!

¿Cómo dirigir a los estudiantes para que elaboren correctamente estos diseños?



PEPE Debemos estimular a los alumnos a que expongan sus estrategias espontáneas.

CLARA En efecto, debemos propiciar la polémica al respecto, ya que muchos de ellos pudieran expresar procedimientos adecuados, tal como analizamos en el epígrafe anterior, cuando Eva nos presentó los cuadernos de sus alumnos. (Fig. 1).

EVA No obstante, es necesario que, en caso de no actuar así, los orientemos para que puedan realizarlos correctamente.

CLARA Yo pienso que estas simples instrucciones contribuirán a que puedan proceder sin dificultad: determinar el conjunto, establecer el o los criterios a adoptar y proceder a la división del conjunto en dos subconjuntos.

PEPE Además, debemos aclararles que este procedimiento se repetirá hasta que quede un sólo elemento en cada subconjunto, el que deberán nombrar convencionalmente.

EVA Todo eso está muy esclarecedor, pero...¿y la representación gráfica?

PEPE Es cierto, no habíamos hablado de eso y pienso que es un elemento que facilita mucho este proceder y que su análisis en una puesta en común, contribuirá a que valoren su utilidad.

CLARA Sería necesario en este momento que los estudiantes, sobre la base de lo aprendido, y tomando como punto de partida los esquemas sencillos que elaboraron con anterioridad (estrategias espontáneas), pudieran:

Confeccionar un diagrama de clasificación.



Es importante que cada equipo elabore el suyo y que en una puesta en común los comparen, para llegar a la conclusión de que partiendo de un mismo conjunto, y tomando diferentes criterios, se pueden elaborar distintos diagramas de clasificación. (Fig. 4 y 5).

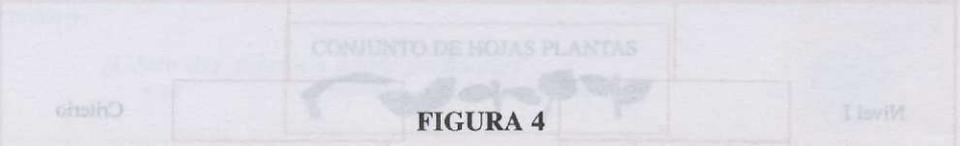
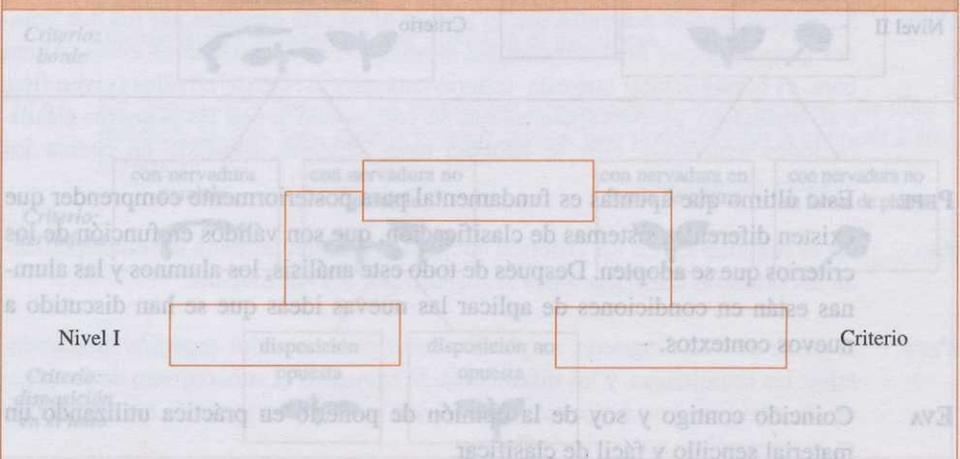


FIGURA 4

DIAGRAMAS DE CLASIFICACIÓN SIMÉTRICOS



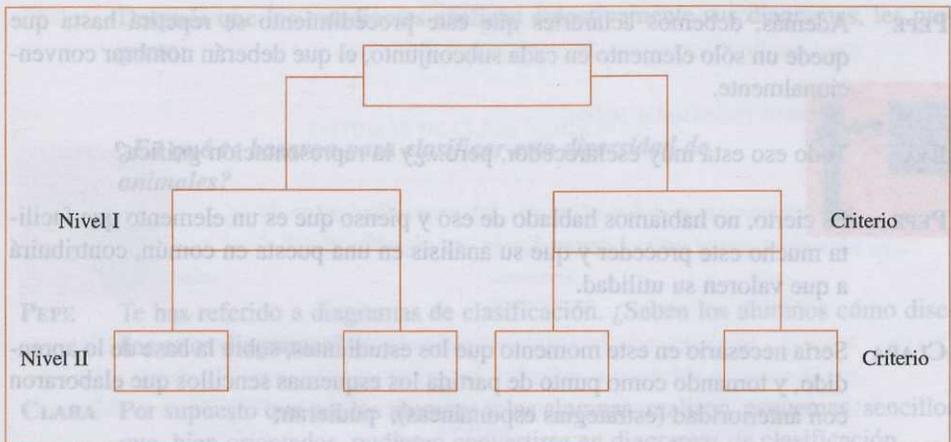
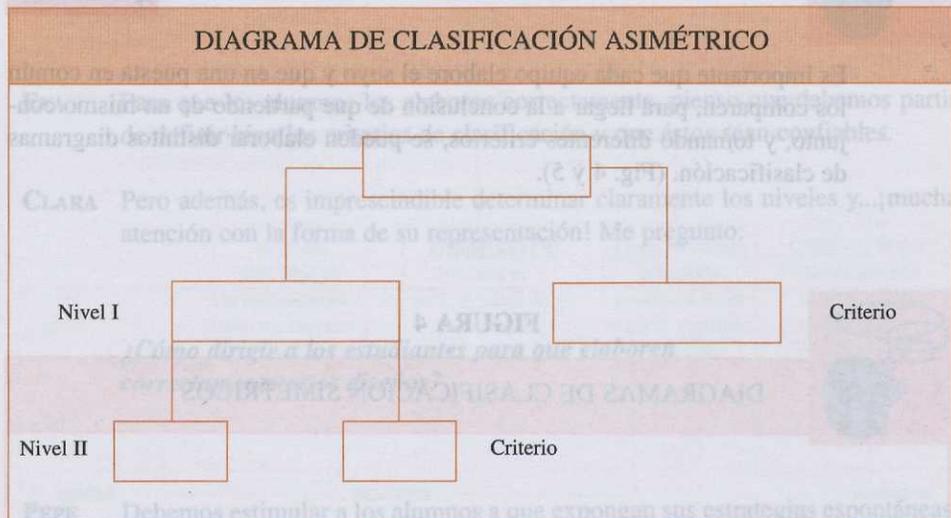


FIGURA 5



PEPE Esto último que apuntas es fundamental para posteriormente comprender que existen diferentes sistemas de clasificación, que son válidos en función de los criterios que se adopten. Después de todo este análisis, los alumnos y las alumnas están en condiciones de aplicar las nuevas ideas que se han discutido a nuevos contextos.

EVA Coincido contigo y soy de la opinión de ponerlo en práctica utilizando un material sencillo y fácil de clasificar.

CLARA En algunas ocasiones he puesto en práctica con mis alumnos una actividad con hojas de plantas que hayan sido colectadas previamente por ellos y que consiste en que:

Clasifiquen estas hojas y elaboren un diagrama de clasificación.

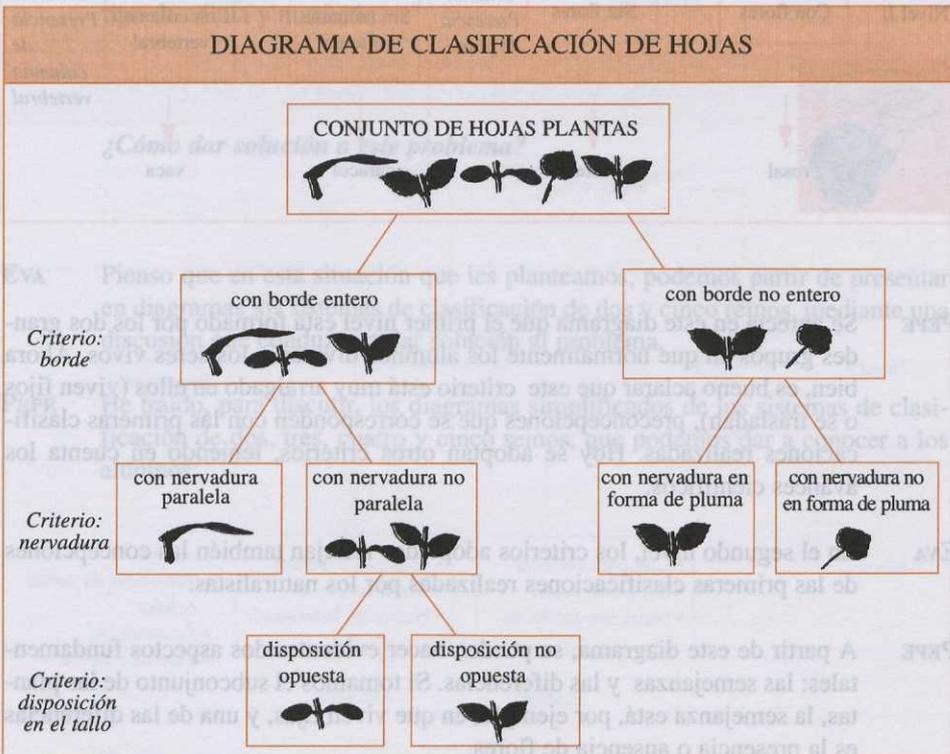


EVA Tenemos que tener cuidado con la realización de colectas de materiales de la naturaleza, ya que pueden convertirse en un factor destructivo del medio ambiente.

PEPE Estoy de acuerdo con Eva, la educación ambiental debe incluir el reconocer y enfrentar los problemas locales, para lograr una acción positiva en este sentido.

EVA Se me ocurre que este problema se puede solucionar utilizando tarjetas, por ejemplo, en sustitución de las hojas colectadas. En las tarjetas están representados diferentes tipos de hojas. Aquí les traigo una propuesta para que la valoren.

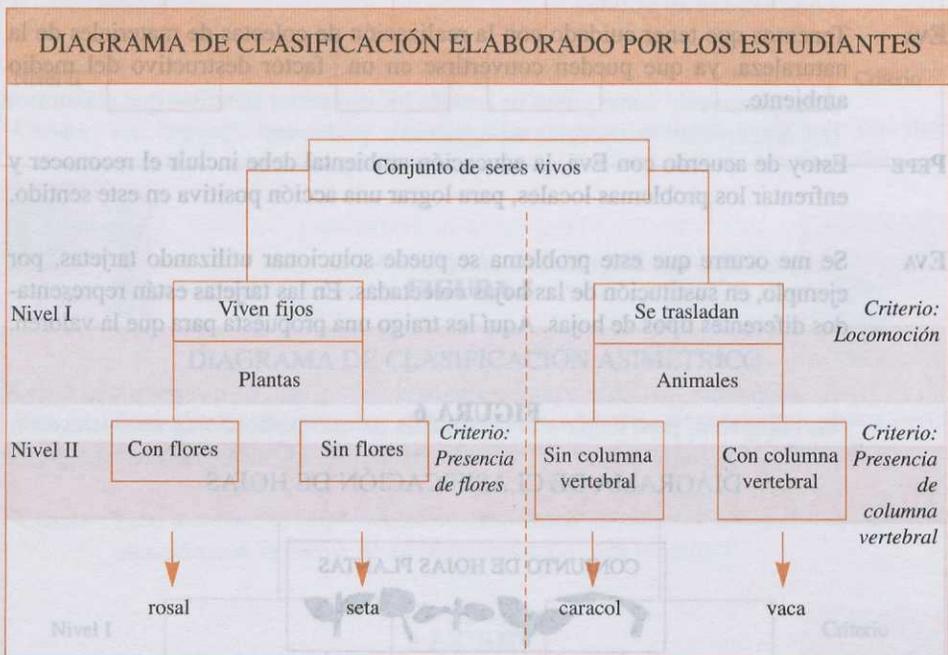
FIGURA 6



CLARA Creo que esta nueva idea se irá consolidando con otras actividades que debemos planificar, al abordar los sistemas de clasificación en dos y cinco reinos.

EVA En relación con la confección de diagramas de clasificación, propongo mostrar uno que mis alumnos han discutido en clase:

FIGURA 7



PEPE Se aprecia en este diagrama que el primer nivel está formado por los dos grandes grupos en que normalmente los alumnos dividen a los seres vivos. Ahora bien, es bueno aclarar que este criterio está muy arraigado en ellos (viven fijos o se trasladan), preconcepciones que se corresponden con las primeras clasificaciones realizadas. Hoy se adoptan otros criterios, teniendo en cuenta los avances científicos.

EVA En el segundo nivel, los criterios adoptados reflejan también las concepciones de las primeras clasificaciones realizadas por los naturalistas.

PEPE A partir de este diagrama, se pueden hacer evidentes dos aspectos fundamentales: las semejanzas y las diferencias. Si tomamos el subconjunto de las plantas, la semejanza está, por ejemplo, en que viven fijas, y una de las diferencias es la presencia o ausencia de flores.

CLARA También es importante familiarizar a los alumnos y a las alumnas con el principio de inclusión y exclusión. Una actividad pudiera ser la siguiente:

Aplicar el principio de inclusión/exclusión utilizando ejemplos de organismos que se les presenten.



PEPE Después que los alumnos se entrenen en este procedimiento, podrán comprender con facilidad los sistemas de clasificación que se propondrán.

EVA Bien, Pepe, ahora sí debemos presentar a los alumnos los sistemas de clasificación en dos y cinco reinos.

PEPE Una manera de hacerlo sería: a partir de una conversación en que se presente el problema cognitivo a resolver sobre las dificultades a la hora de clasificar los hongos, las bacterias y algunos protozoos, como la euglena, en uno de los dos reinos conocidos por ellos (plantas y animales).

CLARA En efecto, para provocar la contradicción y que se origine el problema en los alumnos, es imprescindible dar los elementos necesarios, como, por ejemplo: tipo de célula y nutrición.

¿Cómo dar solución a este problema?



EVA Pienso que en esta situación que les planteamos, podemos partir de presentar en diagramas los sistemas de clasificación de dos y cinco reinos, mediante una discusión que conduzca a dar solución al problema.

PEPE He traído, para discutir, los diagramas simplificados de los sistemas de clasificación de dos, tres, cuatro y cinco reinos, que podemos dar a conocer a los alumnos:

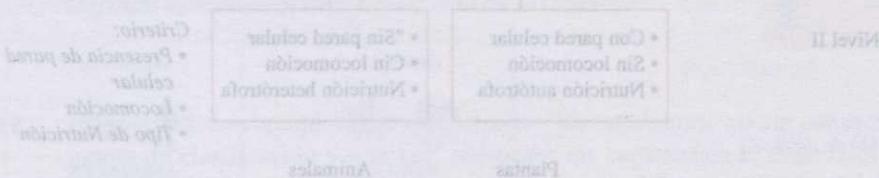
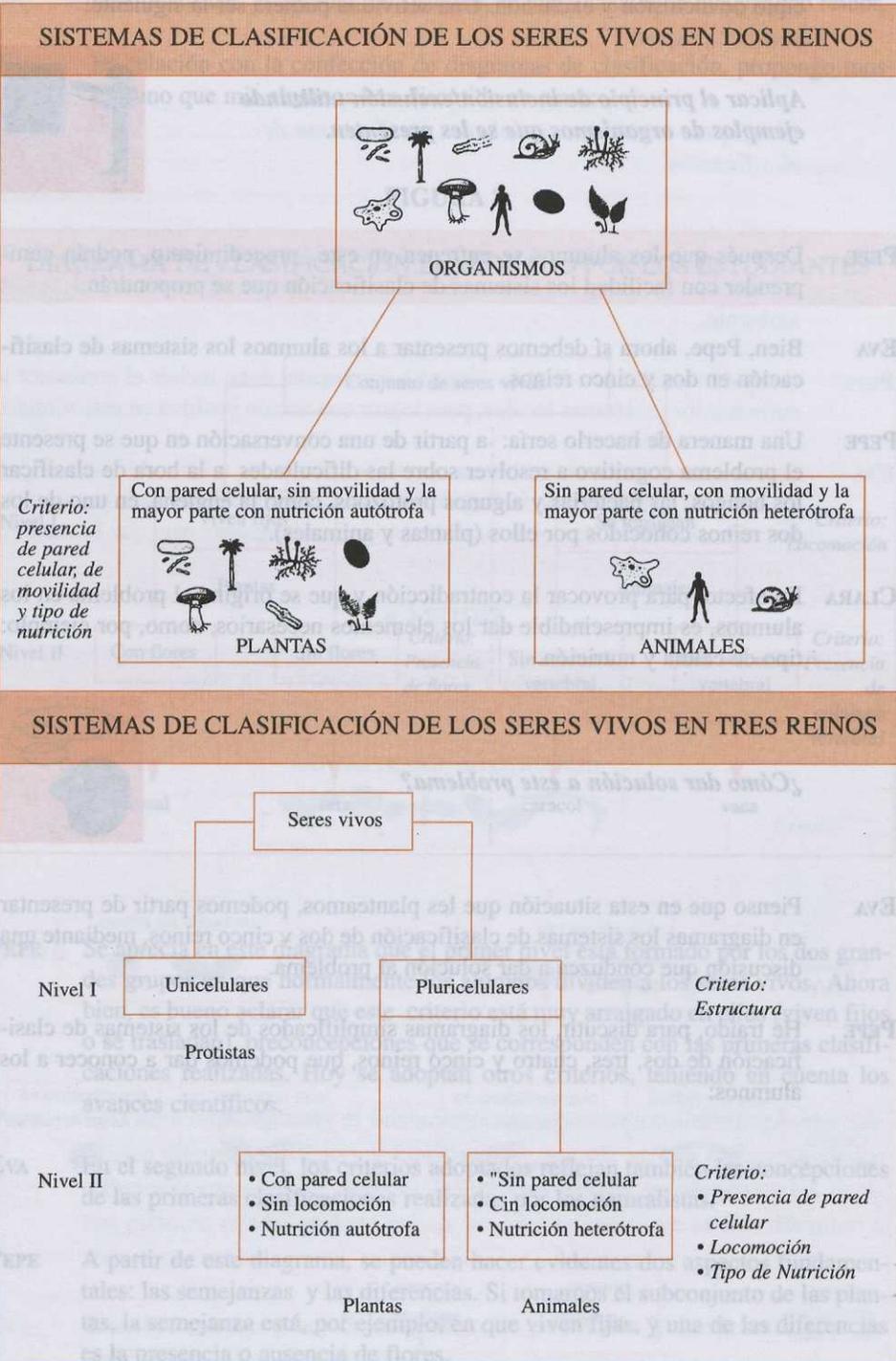


FIGURA 8



SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS EN CUATRO REINOS

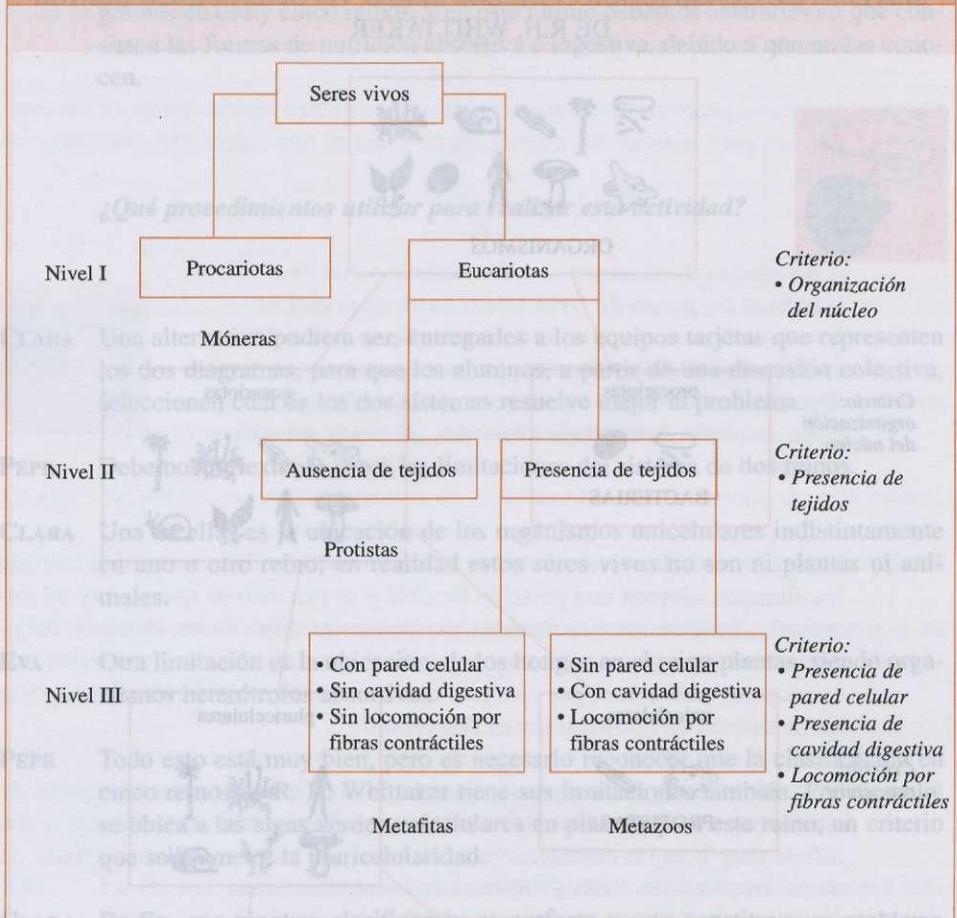
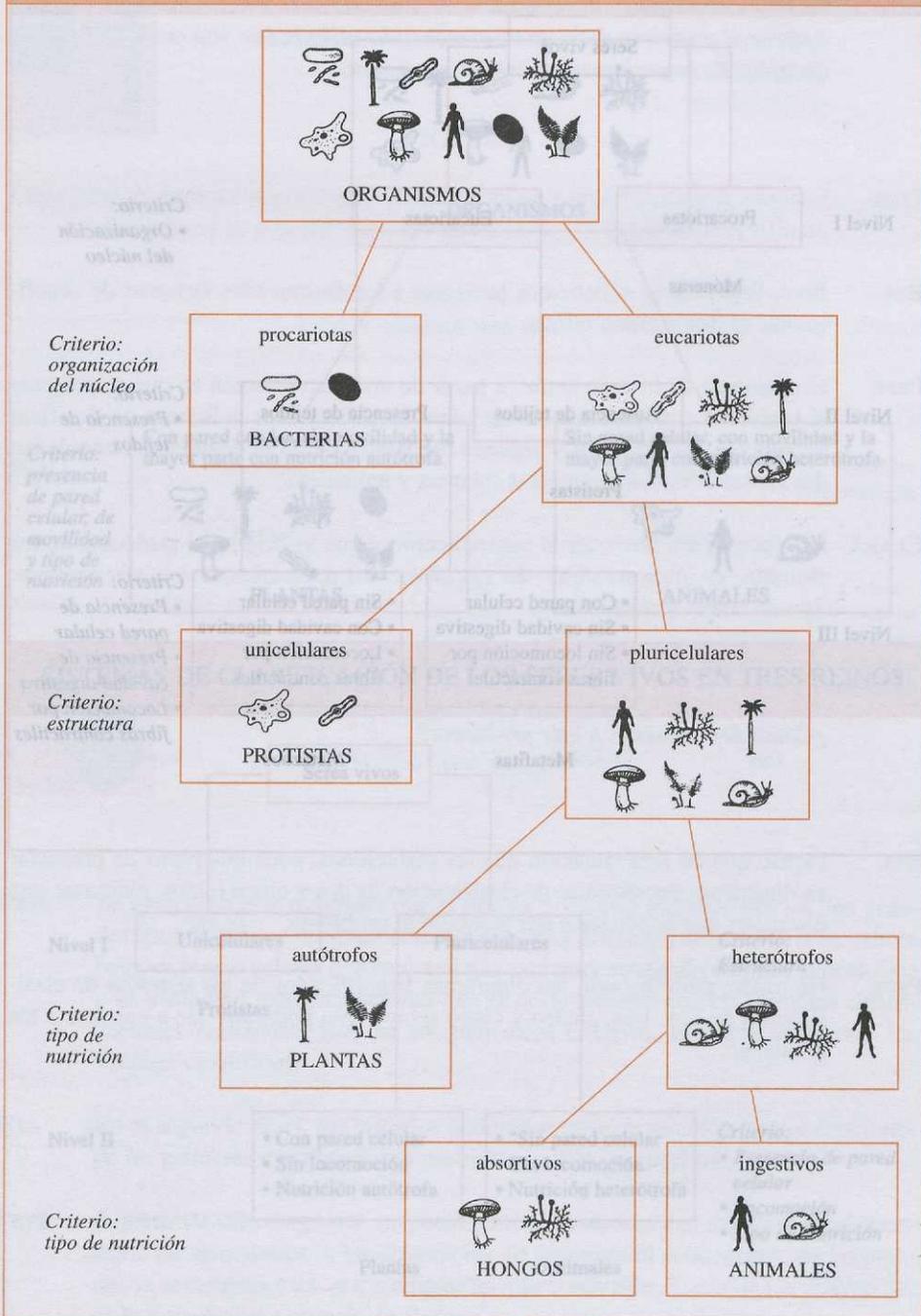


FIGURA 9

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS EN CINCO REINOS DE R.H. WHITTAKER



EVA ¡Te has vuelto loco!, esto es para especialistas. En el caso de los alumnos, sobre todo de estas edades, es aconsejable familiarizarlos solamente con diagramas de dos y cinco reinos, y en este último debemos aclararles en qué consisten las formas de nutrición absorptiva e ingestiva, debido a que no las conocen.

¿Qué procedimientos utilizar para realizar esta actividad?



CLARA Una alternativa pudiera ser, entregarles a los equipos tarjetas que representen los dos diagramas, para que los alumnos, a partir de una discusión colectiva, seleccionen cuál de los dos sistemas resuelve mejor el problema.

PEPE Debemos reflexionar sobre las limitaciones del sistema de dos reinos.

CLARA Una de ellas es la ubicación de los organismos unicelulares indistintamente en uno u otro reino; en realidad estos seres vivos no son ni plantas ni animales.

EVA Otra limitación es la ubicación de los hongos en el reino plantas, siendo organismos heterótrofos absorptivos.

PEPE Todo esto está muy bien, pero es necesario reconocer que la clasificación en cinco reinos de R. H. Whittaker tiene sus limitaciones también. Por ejemplo, se ubica a las algas verdes unicelulares en plantas, y en este reino, un criterio que se asume es la pluricelularidad.

CLARA En fin, que ninguna clasificación es perfecta y esto constituye un problema científico aún no resuelto.

EVA Sería aconsejable que, con la utilización del diagrama de cinco reinos, los alumnos:

Definan operacionalmente cada uno de los reinos.



PEPE Esta actividad es apropiada, ya que permite a los estudiantes operar con el diagrama de clasificación y a la vez, reconocer las características esenciales de cada reino, al transitar en orden descendente por los diferentes niveles del diagrama, utilizando los criterios expresados en él.

EVA Por ejemplo, si la tarea es ubicar un hongo como el de sombrerillo, los estudiantes van reconociendo en orden: organización del núcleo (célula procariota o eucariota); estructura celular (unicelular o pluricelular) y tipo de nutrición (autótrofa o heterótrofa).

CLARA Debemos proponer otras actividades que propicien oportunidades a los estudiantes para aplicar las nuevas ideas y hacer que adquieran confianza en ellas:

A un equipo de alumnos se le ha dado la tarea de clasificar un grupo de seres vivos; entre ellos está la levadura de cerveza. Una estudiante afirma que debe incluirse en el Reino Protista, porque es unicelular, y otro dice que lo correcto es situarla en el Reino Hongo, porque tiene nutrición heterótrofa absorptiva. ¿Cuál de ellos tiene la razón?



PEPE Es imprescindible recalcar, en el desarrollo de la actividad, la necesidad de que los alumnos adopten una posición flexible y se percaten de que no hay un sistema de clasificación que resuelva totalmente las dificultades. Además, debemos reiterar que las clasificaciones están en dependencia de los criterios que se adopten, para evitar, por ejemplo, que se considere como error la adopción de un sistema de clasificación en dos reinos.

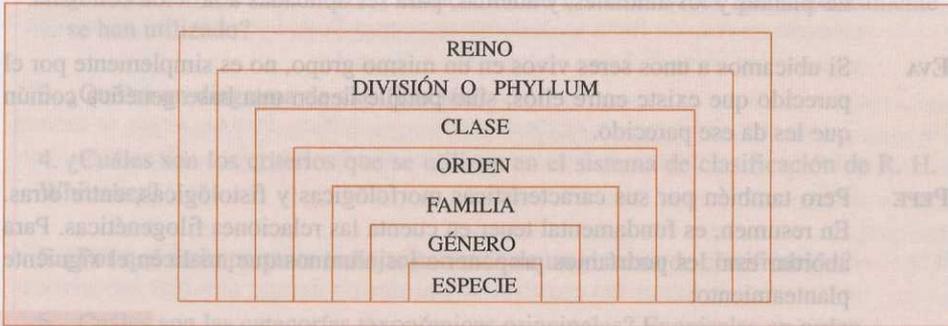
EVA Todo eso está muy claro, pero es necesario tener en cuenta que el sistema de cinco reinos de R. H. Whittaker es el que se utiliza actualmente, debido a que refleja muy bien las características celulares, los tres tipos fundamentales de nutrición y las relaciones evolutivas de los organismos.

CLARA Sí, ya que la clasificación de los seres vivos debe considerar las diferentes categorías taxonómicas como grupos naturales que reflejen un verdadero sistema evolutivo de clasificación y no como entidades arbitrarias, por lo que debe estar basada en los diferentes grados de parentesco que presenten los grupos. De ahí que el sistema de clasificación propuesto por R. H Whittaker se adecua más a esto.

PEPE Necesitamos completar la idea de sistema de clasificación y no dejarlo sólo en la categoría de reinos, sino que se deben estudiar las restantes categorías taxonómicas.

CLARA Aquí les traigo una forma de representarlo.

FIGURA 10



EVA Este esquema refleja un aspecto importante de la clasificación, que sigue un orden jerárquico que va desde reino hasta especie.

CLARA En efecto, no obstante existir en el transcurso del desarrollo de esta ciencia numerosas definiciones de especie, aquí tengo una que a mi juicio se adapta perfectamente a las posibilidades de nuestros estudiantes, es la siguiente:

Conjunto de individuos con características muy similares en cuanto a su estructura, funciones y hábitat, que pueden cruzarse entre sí y dejar descendencia fértil.

PEPE El hecho de que existan grupos de organismos relacionados evolutivamente es un hecho objetivo. Pero llamar a estos grupos de organismos en unos casos género, en otros familia y en otros orden, es totalmente convencional.

EVA En fin volvamos al esquema, adecuándolo a un ejemplo que evidencia esta jerarquía en la clasificación de un organismo específico: el manatí o vaca marina, uno de los mamíferos cubanos en peligro de extinción. En cada país se pueden tomar ejemplos de su fauna autóctona para esta ejemplificación.

FIGURA 11

REINO:	Animales
PHYLUM:	Cordados
CLASE:	Mamíferos
ORDEN:	Sirénidos
FAMILIA:	Triquéquidos
GÉNERO:	Trichechus
ESPECIE:	Trichechus manatus

PEPE Esto es importante porque prepara las condiciones para enfrentar el estudio de las plantas y los animales, y además, para ser aplicadas a la vida cotidiana.

EVA Si ubicamos a unos seres vivos en un mismo grupo, no es simplemente por el parecido que existe entre ellos, sino porque tienen una base genética común que les da ese parecido.

PEPE Pero también por sus características morfológicas y fisiológicas, entre otras. En resumen, es fundamental tener en cuenta las relaciones filogenéticas. Para abordar esto les podríamos proponer a los alumnos que analicen el siguiente planteamiento:

El chimpancé y el gorila ¿se parecen porque están emparentados, o están emparentados porque se parecen?



CLARA Con estas actividades u otras que podamos seleccionar, los alumnos se percatarán de que la ubicación de cualquier organismo en los diferentes grupos taxonómicos se basa no en el parecido, sino en las relaciones de parentesco que tengan entre sí.

EVA Aquí podemos introducir la pregunta:

¿Por qué se denomina a la especie con dos nombres?



CLARA Esta interrogante nos sirve para darle continuidad al próximo tema.

PEPE ¡Muy bien!, dejemos la pregunta en el aire. El próximo día ya nos plantearemos la cuestión de los nombres de los seres vivos.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 2

1. ¿Por qué es necesario que los alumnos comprendan el concepto de clasificación y su importancia?

2. ¿Cuáles son los sistemas de clasificación de los seres vivos que históricamente se han utilizado?
3. ¿Qué es un diagrama de clasificación?
4. ¿Cuáles son los criterios que se utilizan en el sistema de clasificación de R. H. Whittaker?
5. ¿Por qué es importante trabajar con más de un sistema de clasificación?
6. ¿Cuáles son las categorías taxonómicas principales? Expréselas en orden.

3. LOS NOMBRES DE LOS SERES VIVOS. EL SISTEMA DE "DOS NOMBRES"

EVA Vamos a retomar la interrogante que dejamos planteada en el tema anterior:
¿Por qué se denomina a la especie con dos nombres?

¿Qué actividades pudieran plantearse para dar solución a esta pregunta?



PEPE Vamos a pensar...

CLARA Podemos centrar nuestra atención en cómo los estudiosos de la naturaleza han tratado de dar nombre a todos los organismos conocidos.

EVA La historia de la nomenclatura está estrechamente vinculada a la clasificación. Desde los primeros tiempos de la civilización, la denominación y la agrupación de los seres vivos fue algo más que un pasatiempo intelectual del hombre; una necesidad, pues la especie humana dependía de otros organismos.

PEPE La nomenclatura aceptada hoy internacionalmente tiene su origen en la labor realizada siglos antes de nuestra era por la civilización griega y continuada por la latina.

CLARA De esta forma, los organismos comenzaron a llamarse con nombres latinos, además del nombre vulgar o común con el que se conocían algunos de ellos.

PEPE Durante la época de John Ray y varios años después, las plantas y los animales se designaban mediante engorrosos términos científicos, formados por

- varias palabras llamadas polinomiales. Estas polinomiales eran breves frases descriptivas concernientes a la planta o al animal a los que se aplicaba; por ejemplo, la rosa de Italia se denominaba como *Rosa brevifolia fructibus elongatus*, o sea, rosa de hojas cortas y fruto alargado.
- EVA** Quiere esto decir que en cualquier trabajo científico, cuantas veces se hiciera referencia a esta rosa, había que poner su nombre completo. ¿Trabajoso, verdad?
- PEPE** En efecto; ante este dilema el problema planteado a la ciencia fue: ¿Cómo eliminar estos nombres tan engorrosos y al mismo tiempo nombrar inequívocamente a una especie?
- CLARA** Este es el momento propicio para destacar la vida y la obra de Carlos Linneo, que propuso un procedimiento para nombrar científicamente a los organismos, el cual quedó establecido en todo el mundo. Linneo identificó miles de plantas y animales con este procedimiento.
- PEPE** Esto sí constituye un aspecto esencial a presentar a los alumnos.

¿Cómo nombrar a los seres vivos, de forma que en cualquier parte del mundo sepan a cuáles nos estamos refiriendo?



- EVA** Este planteamiento nos lleva a ofrecer pruebas de que los avances de la investigación científica están dados por la existencia de convenios y acuerdos internacionales. De esta forma, por ejemplo, los biólogos de cualquier país saben, con precisión, con qué especie están trabajando sus colegas de otros países.
- CLARA** Ese fue uno de los aportes de C. Linneo a las ciencias: haber creado un procedimiento para nombrar a las especies.
- EVA** Debemos precisar:

¿Cuáles son los aspectos que necesitamos explicar al alumno en relación con los nombres científicos?



- CLARA** Podemos comenzar señalando que los nombres científicos constan de dos palabras. La primera se escribe con mayúscula inicial y la segunda con minúscula.

PEPE Por otra parte, es importante destacar que esas palabras están escritas en latín; generalmente provienen de este idioma o de otra lengua, y en todos los casos las palabras están latinizadas.

EVA El nombre científico evita la confusión que causan los nombres vulgares, que son, por lo general, distintos para la misma especie en diferentes países y a veces en diferentes regiones del mismo país. En Cuba, por ejemplo, a *Dipholis salicifolia*, la llaman en la zona oriental cuyá, y almendro en el resto del archipiélago. Con estos elementos estamos en condiciones de proponer formas de presentar a los alumnos el sistema binominal de Linneo.

PEPE Todo esto es muy importante, pero ¿cuál es el problema para llevarlo a los alumnos?

EVA Por mi experiencia sé que existe cierto rechazo de los alumnos a estos nombres; y en la vida diaria nadie se refiere a ellos y, si lo hace, es en sentido algo despectivo o burlón.

CLARA He pensado mucho en eso y considero que se debe a una construcción deficiente de este conocimiento, porque la tendencia es tratar de memorizar los nombres sin un procedimiento para asimilar lo fundamental de este sistema.

EVA Un ejemplo de situación problemática puede ser la siguiente:

Dos alumnos conversan sobre el canto y el plumaje de ciertas aves cubanas. Uno de ellos se refiere al senserenico, el cual ha visto en la región oriental, y el otro le responde que conoce un pajarito con idénticas características, en la región occidental y que se llama tomeguín del pinar. El profesor les dice que ambos tienen razón. ¿Cómo es posible esto?



PEPE Si la contradicción implícita en esta situación problemática es comprendida por alumnas y alumnos, se transforma en problema docente. De esta forma podemos enfrentar a los alumnos a los nombres científicos, no para que los memoricen, sino para que se apoyen en este conocimiento y puedan solucionar diferentes problemas y valoren la importancia del sistema binominal.

CLARA Debemos plantear una actividad relacionada con nuestras raíces autóctonas y, a la vez, vinculada con el cuidado y la protección de la naturaleza.

PEPE Estoy totalmente de acuerdo. Quizás podríamos plantearles:

Investigar el nombre científico de especies en peligro de extinción, así como los de especies relacionados con naturalistas de renombre en su país.



EVA De tal forma que cualquiera de los nombres científicos que se estudien, se convierta en situación propicia para la reflexión y no quede en el comentario de lo fácil o lo difícil de su escritura y pronunciación.

CLARA Podemos ejemplificar algunos: el almiquí, insectívoro, especie endémica de Cuba, se llama científicamente *Solenodon cubanus*; *Solenodon*, significa literalmente "diente acanalado", aludiendo a un incisivo del maxilar inferior que presenta esta característica y *cubanus* se deriva de la localidad geográfica de donde procede.

EVA En otras ocasiones se da a las especies nombres de personas que se han destacado en el campo de las ciencias naturales.

PEPE Posiblemente uno de los naturalistas cubanos que más nombres científicos tiene dedicados, con toda justicia, es Felipe Poey Aloy (1799-1891), cuyo apellido latinizado, *Poeyi*, forma parte de un gran número de especies animales, entre otras, un murciélago: *Phlyopteris poeyi*.

EVA Fermín Cervera, español, aficionado a las ciencias naturales, descubrió nada menos que tres nuevas especies de aves cubanas, por lo que tiene el privilegio de que su nombre íntegro sirviera para nombrar a una de dichas aves, la *Fermina de Santo Tomás* de la Ciénaga de Zapata, cuyo nombre científico es *Ferminia cerverai*. Todo lo cual facilitará orientarles la siguiente actividad:

Indagar acerca de los animales que tienen importancia económica, sanitaria y/o agrícola en la región donde viven y averiguar sus nombres científicos.



PEPE Sin duda, enfrentarse a palabras de otro idioma constituye un obstáculo que tenemos que vencer. Pero como el castellano es una lengua que proviene del latín y tiene mucha similitud con éste, facilita su comprensión. Otro factor que posibilita el trabajo con los nombres científicos es su propio significado, por ejemplo, el hipopótamo era conocido en la antigüedad como "caballo de río", de hipo=caballo y potamo=río. De este nombre vulgar latinizado, se derivó parte del nombre científico: *Hippopotamus amphibius*.

CLARA Otro elemento que se puede explotar del nombre científico es que proporciona cierta ubicación taxonómica en cuanto al género y a la especie.

PEPE Muchas aves tienen nombres verdaderamente románticos, como el zunzuncito o pájaro mosca, especie endémica de Cuba y una de las aves más pequeñas del mundo, que se llama *Mellisuga helenae*, literalmente "chupador de miel dedicado a Helena (de Troya)"; o el conocido tomeguín del pinar, *Tiaris canora*, literalmente, "cabeza adornada que canta".

CLARA Me parece que lo fundamental ya está hecho... Y creo que hemos discutido ampliamente este contenido.

EVA No pensé que pudiéramos concluir a esta hora. Me siento satisfecha con el trabajo.

PEPE ¡Y yo!

CLARA Pero antes debemos comprometernos a que cada uno de nosotros proponga alguna actividad para motivar el inicio del estudio de la próxima unidad didáctica: Plantas, y la traigamos el próximo lunes, ¿qué les parece?

EVA y De acuerdo...

PEPE

3. Compare los dos esquemas de clasificación de la fig. 1. de la unidad didáctica. ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias que se aprecian entre ambos?

4. A partir del diagrama de clasificación de cinco reinos, defina opor los reinos: Plantas y Protistas.

5. ¿Cuál categoría taxonómica agrupa un número mayor de especies,



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 3

1. ¿Qué ventajas tiene la utilización de los nombres científicos?

2. ¿Cómo se nombra científicamente a los seres vivos?

3. ¿Qué deben conocer los alumnos sobre el nombre científico?

9. El nombre científico de la ballena azul es *Ballenoptera musculus*. ¿Cuáles son las características de la nomenclatura binominal que se aprecian en este ejemplo?

10. ¿Qué vinculación de los contenidos propuestos en esta unidad didáctica con la relación C/T/S es posible realizar?

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

Nota: Todas las cuestiones planteadas han sido discutidas detenidamente en la unidad didáctica. Por eso razón nos hemos limitado a referir algunos elementos que facilitan dar respuesta a las preguntas anteriores.

1. Ver apartado 2. Clasificar: Orden en la diversidad.

2. Ver apartado 2. Clasificar: Orden en la diversidad.

III. II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. ¿Qué resulta más aconsejable explicar a los alumnos: cómo proceder para clasificar o presentar una situación donde ellos diseñen su propia clasificación? ¿Por qué?
2. A un grupo de alumnos se le dio la tarea de clasificar algunos seres vivos que incluían plantas y animales. Las clasificaciones realizadas por los cuatro equipos fueron diferentes y el profesor afirmó que todas eran correctas. ¿Cómo es posible que una misma situación pueda tener respuestas diferentes?
3. Compare los dos esquemas de clasificación de la fig. 1. de la unidad didáctica. ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias que se aprecian entre ambos?
4. A partir del diagrama de clasificación de cinco reinos, defina operacionalmente los reinos: Plantas y Protistas.
5. ¿Cuál categoría taxonómica agrupa un número mayor de especies, la familia o el orden?
6. ¿Cuáles son los dos importantes avances que aportó el uso de los nombres científicos en lugar de los nombres vulgares?
7. ¿Qué se entiende por sistema binominal en la nomenclatura biológica? Dé un ejemplo de una especie identificada de esta forma.
8. ¿Cuál es la causa por la cual en Japón se utilizan letras del alfabeto romano para escribir los nombres científicos de los seres vivos y no los caracteres que se usan en esa lengua?
9. El nombre científico de la ballena azul es *Ballenoptera musculus*. ¿Cuáles son las características de la nomenclatura binominal que se aprecian en este ejemplo?
10. ¿Qué vinculación de los contenidos propuestos en esta unidad didáctica con la relación C/T/S es posible realizar?

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

Nota: Todas las cuestiones planteadas han sido discutidas detenidamente en la unidad didáctica. Por esa razón nos hemos imitado a referir algunos elementos que facilitarán dar respuesta a las preguntas anteriores.

1. Ver apartado 2 . Clasificar: Orden en la diversidad.
2. Ver apartado 2 . Clasificar: Orden en la diversidad.
3. Ver figura 1.
4. Ver figura 9. Sistema de clasificación de los seres vivos en cinco reinos.
5. Ver figura 10.
6. Ver apartado 3. Los nombres de los seres vivos.
7. Ver apartado 3. Los nombres de los seres vivos. El ejemplo que se pide debe expresar los dos nombres: genérico y específico en la forma siguiente:
Chimpancé: *Pan troglodytes*.
8. Ver apartado 3. Los nombres de los seres vivos.
9. Se aprecian las dos reglas fundamentales de la nomenclatura:
 - El primer nombre es el del género, y se escribe con letra inicial mayúscula.
 - El segundo nombre corresponde a la especie, y se escribe con letra inicial minúscula.
10. Ver contenido de la Unidad didáctica .

III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

la nomenclatura, como una necesidad de ordenar y nombrar el aparente desorden que existe en el mundo viviente, para su comprensión y transformación en beneficio de la humanidad.

UNA PROPUESTA ABIERTA PARA EL TRABAJO CON LOS ALUMNOS

No se han indicado en las páginas correspondientes, respecto a la motivación del lector o lectora en cuanto a la solución de las actividades propuestas, dado que consideramos necesario consultar el apartado de que se trate, de forma íntegra.

ÍNDICE

I. CLASIFICAR: ORDEN EN LA DIVERSIDAD

	<u>Pág.</u>
1. Clasificar: Orden en la diversidad	43
2. Los nombres de los seres vivos. El sistema de "dos nombres"	45

*A.1. ¿Qué problemas más difíciles en el aprendizaje de la Biología consiste en presentar una clasificación en forma arcaica, lógica y plausible, si éstas no estuvieran ordenadas alfabéticamente?
¿Qué sucedería en una biblioteca, con miles de ejemplares, si no estuviera organizada en orden alfabético, según la inicial del nombre del autor y por materias?
¿Qué ocurriría en una tienda donde los artículos estuvieran distribuidos arbitrariamente?*

Comentarios A.1. Con el análisis de estas interrogantes se puede introducir al alumno en la problemática de la necesidad de clasificar: objetos, procesos, fenómenos...

A.2. Propongan algún procedimiento para establecer un orden en la gran diversidad de seres vivos.

Comentarios A.2. En la Introducción de la unidad didáctica quedó planteada la interrogante sobre la importancia de establecer un orden en la diversidad del mundo vivo.

Podría ser una buena idea comenzar presentando plantas y animales al natural o en láminas, fotos, filminas, etc., con el objetivo de que expresen de forma práctica cómo

Dentro de este curso de ciencias se ha incluido el estudio de la clasificación y de la nomenclatura, como una necesidad de ordenar y nombrar el aparente desorden que existe en el mundo viviente, para su comprensión y transformación en beneficio de la humanidad.

No se han indicado las páginas correspondientes, respecto a la ubicación del lector o lectora en cuanto a la solución de las actividades propuestas, dado que consideramos necesario consultar el apartado de que se trate, de forma íntegra.

1. CLASIFICAR: ORDEN EN LA DIVERSIDAD

Uno de los problemas más difíciles en el aprendizaje de la Biología consiste en presentar el tema de la clasificación en forma atractiva, lógica y plausible.

A.1. ¿Qué tiempo ocuparía buscar el significado de las palabras en el diccionario, si éstas no estuvieran ordenadas alfabéticamente?

¿Qué sucedería en una biblioteca, con miles de ejemplares, si no estuviera organizada en orden alfabético, según la inicial del nombre del autor y por materia?

¿Qué ocurriría en una tienda donde los artículos estuvieran distribuidos arbitrariamente?

Comentarios A.1. Con el análisis de estas interrogantes se puede introducir al alumno en la problemática de la necesidad de clasificar: objetos, procesos, fenómenos...

A.2. Propongan algún procedimiento para establecer un orden en la gran diversidad de seres vivos.

Comentarios A.2. En la Introducción de la unidad didáctica quedó planteada la interrogante sobre la importancia de establecer un orden en la diversidad del mundo vivo.

Podría ser una buena idea comenzar presentando plantas y animales al natural o en láminas, fotos, filminas, etc., con el objetivo de que expresen de forma práctica cómo

las agruparían. Esta actividad puede ser utilizada como diagnóstico por los docentes, con el fin de poder planificar la estrategia a seguir en sus clases.

Se propondrá a los alumnos que traten de agrupar los materiales siguiendo el orden que ellos decidan.

A.3. *Si tuvieras que expresar un sinónimo de clasificar, ¿cuál sería?*

A.4. *Clasificar los organismos que el profesor presente mediante fichas, filminas, etc., empleando cada equipo el sistema que considere mejor.*

Comentarios A.3 y A.4. Estos ejercicios están encaminados a identificar estrategias espontáneas que poseen los alumnos y alumnas sobre el concepto clasificación y su campo de acción.

Al respecto de la actividad A.4. el docente debe presentar especies conocidas por los estudiantes. La relación que aparece a continuación es factible de utilizar en Cuba.

Pino	Lagartija	Cedro
Ostión	Helecho	Paloma
Hongo de sombrerillo	Lombriz de tierra	Framboyán
Pargo criollo	Abeja	Sargazo
Agua mala	Esponja	Delfín

A.5. *Realizar una búsqueda bibliográfica acerca de la historia de las clasificaciones realizadas por la ciencia.*

Comentarios A.5. Esta actividad propicia contrastar los criterios expuestos por alumnas y alumnos con las nuevas ideas, las cuales se pueden presentar siguiendo la historia de las clasificaciones, a partir del sistema de clasificación arbitraria hasta el sistema de clasificación evolutiva.

A.6. *Examine la lista de objetos y organismos que se ofrecen a continuación:*

Rueda de bicicleta, hongo de sombrerillo, flor de marpacífico, alfiler, araña, lombriz de tierra, imán, saltamontes, campana, árbol, caracol terrestre, conejo, rana, pez, perro, espejo y reloj. Clasifíquelos según criterios establecidos por usted.

A.7. *¿Por qué existen diferentes sistemas para clasificar las cosas?*

Comentarios A.6. y A.7. Estas actividades presentan a los alumnos un problema al que ellos darán diferentes soluciones, lo cual permite, mediante una puesta en común, llegar a la conclusión de que existen diferentes formas de clasificar que se deben a los criterios adoptados en cada caso y al desarrollo alcanzado por la ciencia.

A.8. *Confeccionar un diagrama de clasificación teniendo en cuenta los siguientes organismos: peces, reptiles, aves y mamíferos. Utilice diferentes criterios.*

A.9. *Clasificar hojas empleando un diagrama de clasificación.*

A.10. *Aplicar este principio de inclusión y exclusión, utilizando otros ejemplos de organismos que se les presenten.*

Comentarios A.8. A.9. y A.10. Mediante el diseño de diferentes diagramas de clasificación, las nuevas ideas se van abriendo paso en el proceso de construcción del conocimiento.

Aquí también se hace evidente cómo, mediante la elaboración de estos diagramas, los alumnos y las alumnas incorporan procedimientos que hacen posible que este conocimiento sea significativo para ellos.

A.11. *Definir operacionalmente cada uno de los reinos del sistema de clasificación de R. H. Whittaker.*

Comentarios 11. El empleo de diagramas en actividades de este tipo permitirá a los estudiantes poder llegar a definir los cinco reinos.

A.12. *Analice la siguiente situación:*

*A un equipo de alumnos se le ha dado la tarea de clasificar un grupo de seres vivos, entre ellos está la levadura de cerveza. Una estudiante afirma que debe incluirse en el Reino Protista, porque es unicelular, y otro dice que lo correcto es situarla en el Reino Hongo, porque tiene nutrición heterótrofa absorbtiva.
¿Cuál de ellos tiene la razón?*

Comentarios A.12. Este tipo de ejercicio es importante, debido a que presenta situaciones nuevas a los alumnos, que tienen que operar con sus conocimientos y responder a preguntas, adoptar posiciones... Además facilita la reflexión, exige una posición flexible y hace que admitan, una vez más, que no hay sistema de clasificación que resuelva totalmente las dificultades.

2. LOS NOMBRES DE LOS SERES VIVOS. EL SISTEMA DE DOS NOMBRES

La necesidad de nombrar apropiadamente a los organismos es de gran importancia, para facilitar la comunicación entre los estudiosos de distintos países.

Un problema que se nos presenta es abordar este tema de una forma comprensible y lógica, tratando de realizar una ejercitación que resulte amena y a la vez provechosa, para que los estudiantes reconozcan la importancia de utilizar los nombres científicos.

A.13. Búsqueda de ejemplos de seres vivos que se conozcan con diferentes nombres.

A.14. ¿Qué denominación dar a los seres vivos, de forma que sea entendida por todos?

A.15. Dos alumnos conversan sobre el canto y el plumaje de ciertas aves cubanas. Uno de ellos se refiere al senserenico, el cual ha visto en la región oriental, y el otro le responde que conoce un pajarito con idénticas características, en la región occidental, que se llama tomeguín del pinar.

El profesor les dice que ambos tienen razón. ¿Cómo es posible esto?

A.16. ¿Por qué se requiere utilizar los nombres científicos para identificar a los organismos?

Comentarios A.13. a A.16. Ver apartado 3 de la Unidad didáctica: Los nombres de los seres vivos.

A.17. En una conversación entre una alumna y un alumno acerca de los nombres científicos, uno de ellos comenta que está firmemente convencido de que estos nombres se escogen porque son difíciles de aprender.

Exponga sus ideas y formule sus dudas y preguntas acerca de este planteamiento.

Comentarios A.17. Con esta actividad pretendemos cuestionar las ideas previas de alumnos y alumnas contraponiéndolas con las nuevas ideas y que propongan formas de dar solución a esas contradicciones.

Un buen indicio para ello puede ser la aparente contradicción de que las palabras latinizadas parecen difíciles; por el contrario, la mayoría de los nombres científicos se conforman tratando de que sean simples y descriptivos.

A.18. Realizar un estudio bibliográfico acerca del sistema binominal de C. Linneo y discutir el aporte realizado por este notable naturalista.

Comentario A.18. El complemento de las actividades A.15 a la A.17, se produce con el estudio bibliográfico planteado en A.18, que permite al alumno profundizar en el tema abordado.

A.19. Investigar el nombre científico de especies en peligro de extinción, así como los de especies relacionados con naturalistas de renombre en su país.

A.20. Indaguen acerca de los animales que tienen importancia económica, sanitaria y/o agrícola de la región donde vive e investigue sus nombres científicos.

Comentarios A.19. y A.20. Estas actividades van encaminadas a mostrar las relaciones existentes entre ciencia, tecnología y sociedad.

Ejercicios opcionales:

A.21. *La voz popular da el nombre de mosquito a diferentes especies de insectos muy semejantes. ¿Cómo solucionar este problema?*

Comentarios A.21. Esta situación puede constituir otra alternativa para el análisis del nombre científico como solución a la búsqueda de dar nombres apropiados a los seres vivos.

Las posibles variantes que propongan pueden constituir el punto de partida para sugerir a los alumnos y las alumnas la búsqueda, mediante la investigación bibliográfica.

A.22. *Orientar la búsqueda de los nombres científicos de especies que tienen importancia (beneficio y perjuicio) en su país.*

Comentario A.22. Esta actividad permite establecer la vinculación C/T/S.

Es necesario incluir actividades como la lectura y comentario de noticias científicas publicadas en la prensa o en revistas relacionadas con el tema.

A.23. *Facilitar a los alumnos una relación de seres vivos, para que indaguen por sus nombres científicos.*

Comentarios A.23. Esta actividad constituye una recapitulación y consolidación de este apartado. Por lo que se puede pedir a los alumnos y alumnas que expresen los puntos fundamentales relacionados con la nomenclatura binominal.

A.24. *Técnica participativa conocida por el "Juego de las 5 preguntas".*

Comentario A.24. Consiste en descubrir el reino al que pertenece el organismo, para lo cual se procede de la forma siguiente:

Se solicita entre los alumnos a dos voluntarios, uno de ellos deberá escribir, sin que el resto de sus compañeros lo vea, el nombre de un organismo en una tarjeta. El otro alumno tratará de descubrir el reino al que pertenece el organismo haciendo 5 preguntas sobre este organismo. El primer alumno deberá contestar las preguntas con veracidad.

* Se han incluido algunas reflexiones epistemológicas. Así, se ha aprovechado la evolución histórica ocurrida sobre la clasificación y la nomenclatura de los seres vivos desde tiempos de Aristóteles hasta la época actual.

* Se ha dado gran importancia, como en el resto del bloque, al desarrollo de un enfoque constructivista coherente. A este respecto, se ha planeado, por ejemplo, que los estudiantes tienen un esquema conceptual propio, no instruccional, que usan para reali-

IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS EN ESTA UNIDAD

NOTA: Recordemos que el objetivo de esta recapitulación es propiciar una lectura detenida de los principales aspectos didácticos tratados en la unidad y contribuir, así, a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

No se trata, claro está, de realizar una búsqueda exhaustiva de todos los contenidos didácticos (puesto que la mayoría de ellos aparecen explícita o implícitamente en casi todas las unidades didácticas), sino de recoger los más destacados en el desarrollo de la unidad.

Con el objetivo de proporcionar una cierta retroalimentación a cada profesor, y ayudarle a constatar si ha prestado suficiente atención a los aspectos didácticos, se incluye en este anexo una recapitulación al respecto.

* En la introducción se realiza una propuesta de contenidos fundamentales, que actúa como hilo conductor de la unidad. En este contexto, se destaca cómo se comportan los ritmos de extinción, lo cual debe conducir a reflexionar acerca de la importancia de una educación ambiental que tenga en cuenta la protección de la flora y la fauna.

* Se ha prestado una especial atención a relacionar los nuevos conocimientos con los de otras unidades precedentes. Por ejemplo, "Clasificar: orden en la diversidad", se ha analizado a la luz de los conceptos de diversidad y unidad de los seres vivos (unidad III.1) y la célula como unidad estructural y funcional de los organismos (unidad III.2).

* Se han incluido algunas reflexiones epistemológicas. Así, se ha aprovechado la evolución histórica ocurrida sobre la clasificación y la nomenclatura de los seres vivos desde tiempos de Aristóteles hasta la época actual.

* Se ha dado gran importancia, como en el resto del bloque, al desarrollo de un enfoque constructivista coherente. A este respecto, se ha planteado, por ejemplo: que los estudiantes tienen un esquema conceptual propio, no instruccional, que usan para reali-

zar sus clasificaciones y dar nombres a los seres vivos (página...), planificar actividades en las que se exploren las ideas previas a los estudiantes (página...), realizar actividades que provoquen el conflicto conceptual (página...), introducir modelos de enseñanza-aprendizaje que expliquen las situaciones a las que las antiguas ideas no daban respuesta.

* La actividad de los estudiantes se ha organizado, al igual que en las unidades precedentes, a partir de situaciones problemáticas y búsqueda individual y en equipos para la solución de los problemas, recorriendo el camino, de forma abreviada, de naturalistas y biólogos, como C. Linneo; así, los iconos de transferencia destacan actividades de:

- Planteamiento de problemas.
- Consideraciones de relevancia e interés por la ciencia.
- Elaboración de conjeturas.
- Búsqueda de información.

* Otro elemento importante que se aborda es la similitud entre las estrategias espontáneas que tienen alumnos y alumnas, y las que estaban vigentes a lo largo de la historia del pensamiento científico; así, por ejemplo, en la problemática de la clasificación de los seres vivos se discute cómo el estudiante utiliza sistemas de clasificación arbitrarios, al igual que lo hicieron los naturalistas, tales como Plinio y Aristóteles.

* De gran importancia resulta la metodología propuesta para la clasificación, que una vez dominada, puede aplicarse en los diferentes campos del conocimiento científico.

* En la clasificación es fundamental la elaboración de diagramas, en este sentido es imprescindible que se tengan en cuenta los requisitos de su elaboración para garantizar el rigor.

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

En la presente unidad se desarrolla un grupo de conceptos científicos y didácticos relacionados con la Taxonomía y la Nomenclatura biológica. En este sentido, ha sido muy copiosa la información que se posee.

Para mayor facilidad y en la labor de consulta del docente, nos concretamos a recomendar, para cada uno de los temas tratados, alguna bibliografía en la que pueda profundizar y apropiarse de una visión más exacta del orden en la diversidad de los seres vivos.

Recordamos que la bibliografía específica para cada país se indica en la Guía del curso.

¿ES NECESARIA LA CLASIFICACIÓN DE LOS ORGANISMOS?

El libro de Vicente Berovides Álvarez, *Orden en la diversidad*, Editorial Ciencia y Técnica, Ciudad de La Habana, 1988, ofrece una fundamentación amplia al respecto, debido a que contiene ejemplos que responden a esta interrogante.

LOS NOMBRES DE LOS SERES VIVOS

El número de artículos y textos publicados acerca de este tema son muy variados. En la colección de textos del *Plan Nuffield*, Tomo I (texto y guía), Edición Omega, S.A., Barcelona, 1970, se presentan diferentes formas de construir una clave de clasificación sencilla para identificar especies, destacándose las ventajas que tiene para el estudiante el conocimiento y la interpretación de la ciencia.

CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS

Puede consultarse la obra *Biología General* de Zeida Rodríguez Pino, Editorial Pueblo y Educación, tomo 1, La Habana, 1974. En este libro se exponen en forma práctica,

diferentes diagramas de clasificación y resumen del sistema de clasificación de cinco reinos de R. H. Whittaker, tomado del artículo del propio autor publicado en la revista *Science*, No. 163, 1979.

ALGUNOS CONCEPTOS DE INTERÉS TAXONÓMICOS

El libro *Nociones de taxonomía numérica* de A. Herrera Guirola, Editorial Ciencia y Técnica, La Habana, 1989. Recoge una recopilación de los conceptos más importantes expresados por diferentes autores, y ofrece datos de interés para su aplicación en el campo de la Taxonomía numérica.

EL SISTEMA MÁS APROPIADO PARA CLASIFICAR

Un problema de gran actualidad es el sistema evolutivo, en el cual existen muchos artículos de investigaciones que pueden revisarse para apreciar el desarrollo que tiene este importante asunto. Entre las publicaciones que se realizan en Cuba, está la revista "*Ciencias biológicas*", que en el No. 17, del año 1987, aparece un artículo de V. Rivalta, y otros pp. 49-58, donde se aplican algunas técnicas de Genética poblacional para comprobar relaciones de parentesco en determinadas especies de peces, consideramos que es muy ilustrativo de cómo son los procedimientos en este campo.

OTRAS REFERENCIAS

GIORDAN, A.; RAICHVARG, D.; DROUX, J.M.; GAGLIARDI, R. y CANAY, A. M. (1988) *Conceptos de biología*. (1 y 2). Madrid. Barcelona: M.E.C. / Labor.

Esta obra presenta una historia de la biología que no pretende esbozar una serie de descubrimientos sucesivos de diferentes científicos, sino que se centra en la construcción del saber científico. Se tratan los procesos dinámicos mediante los cuales se produjeron, y se producen, los conocimientos biológicos. Se intenta discernir el camino seguido por el pensamiento, desentrañar las dificultades que ha habido que superar para dar sentido a las evoluciones o involuciones.

Con el libro, los autores han querido fijar los hitos principales, no sólo los investigadores y datos, sino también las polémicas, las preguntas, la experimentación, los obstáculos encontrados, etc.

Esta descripción puede hacerse extensiva a la *Historia de la Biología* de Ilse Jahn, Editorial Labor, Barcelona, 1989.

ROSTAND, J. (1985). *Introducción a la historia de la biología.* Barcelona: Planeta-Agostini.

Historia escrita en su versión original en el año 1945, cuando aún no se había descubierto el ADN y, por tanto, todos los descubrimientos relacionados con él se ignoraban. A pesar de todo, es una buena recopilación de la historia de la biología hasta aquel momento.

Empieza con el microscopio y el descubrimiento de la célula, continúa con el problema de la generación espontánea, Linne y el transformismo creciente. Posteriormente, Buffon, Bonnet, las experiencias de Lazzaro Spallanzani hasta Lamarck, la teoría celular, Darwin, Pasteur, los cromosomas, Weissman y el neodarwinismo, hasta llegar a Mendel y las leyes de la hibridación y de Vries con la mutación, para finalizar con la teoría de los genes de Morgan.

USABIAGA, C.; MARCO, B., y OLIVARES, E. (1982). *Científicos en el aula.* Madrid: Narcea, Apuntes IEPS, n.º 30.

En este breve libro, se dan orientaciones sobre cómo trabajar en el aula a partir del análisis de textos de científicos o del estudio del proceso que condujo a un determinado descubrimiento. Las propuestas planteadas facilitan el diseño de unidades didácticas desde una perspectiva de Ciencia y Sociedad. Se incluyen textos seleccionados y una bibliografía comentada de consulta para el alumnado y para el profesorado.

Los textos seleccionados son de Becquerel, Ramón y Cajal, Kekulé, Lise Meitner y Otto Hahn, y Einstein. Las experiencias de aula descritas se refieren a Einstein y al descubrimiento de las vitaminas.



Ministerio de Educación y Cultura de España

en coproducción con

Ministerio de Educación y Cultura (Argentina)

Ministerio de Educación (Cuba)

Ministerio de Educación / U.P.E.L. / U.C.V. / (Venezuela)

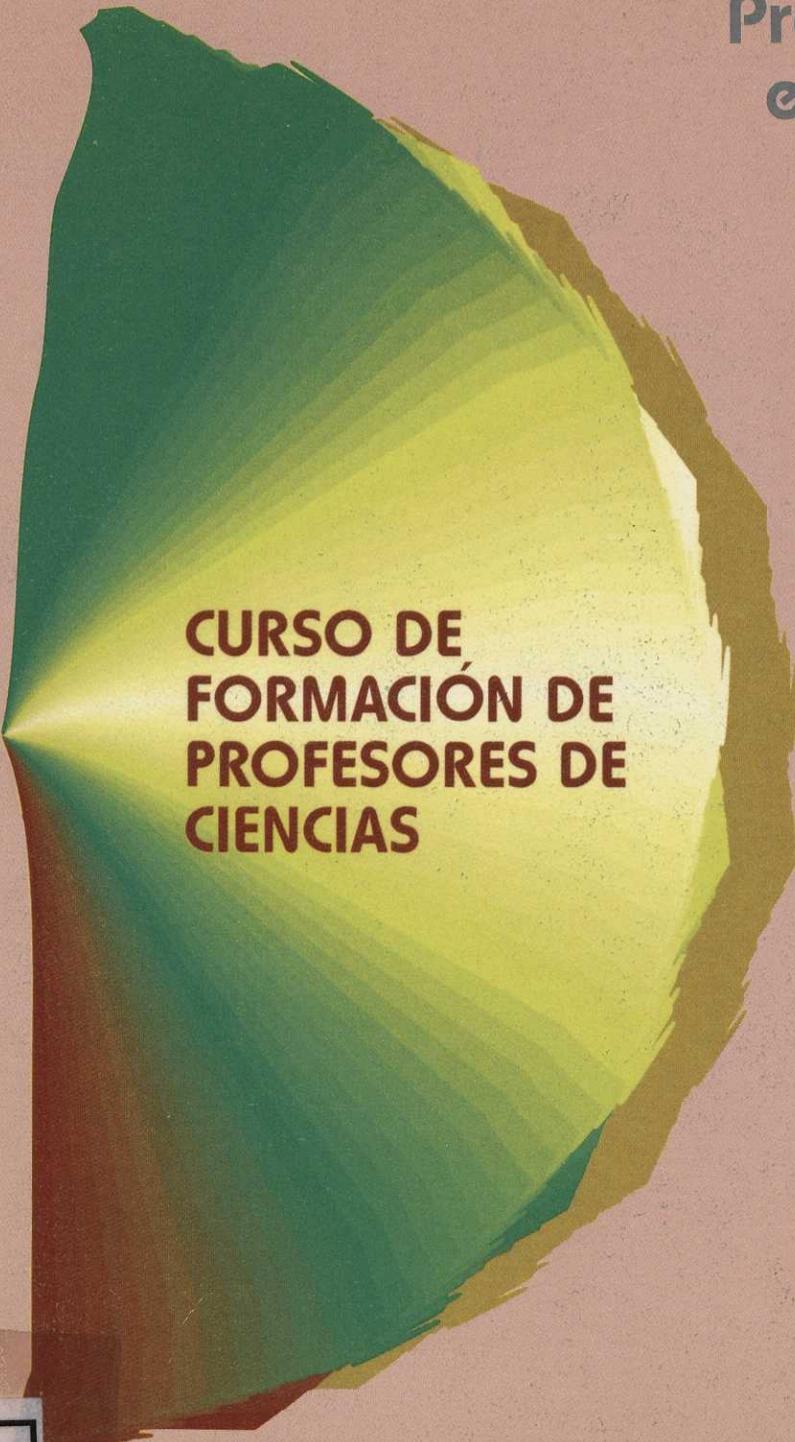
Universidad Autónoma de Barcelona (España)

Televisión Educativa Iberoamericana



44

IV
**Propiedades y
estructura de
la materia**



**CURSO DE
FORMACIÓN DE
PROFESORES DE
CIENCIAS**

5.
**Los ácidos y
las bases:
Sustancias
contrapuestas**

44118-5

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD IV.5
**CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS**

Autora:
Mary París

Colaboradores:

Dirección y coordinación general:
Antonio Gutiérrez Martín
María Esperanza Galarraga González
Cristina Sanz Alves
MEC - España

Dirección científica y didáctica:
Daniel Gil Pérez (Universitat de València - España)

Dirección de la producción audiovisual:
Enric Pérez i Obiol (UAB - España)

Coordinación y Dirección:
Mercè Izquierdo

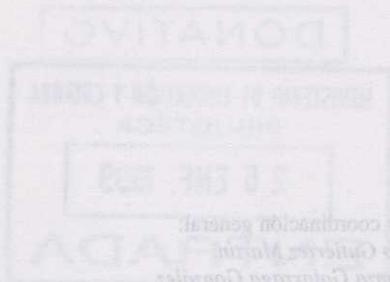
Revisión Científica y Didáctica del texto:
Daniel Gil Pérez

Este curso de enseñanza a distancia para la Televisión Educativa Iberoamericana se compone de 28 unidades didácticas, cada una de las cuales consta de material impreso y de un programa audiovisual.

2. 136438



CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS



Dirección y coordinación general:
Antonio Gutiérrez Gómez
María Esperanza Gutiérrez González
Christina Sanz Alvar
MEC - España

Dirección científica y didáctica:
Daniel Gil Pérez (Universidad de Valencia - España)

Dirección de la producción audiovisual:
Enric Pérez i Oñal (UAB - España)

Diseño metodológico para la educación a distancia:
María Pilar González, Soledad Esteban Santos, Carlos Romera Carrión
(UNED - España)

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

INDICE

	<u>Pág.</u>
I. DESARROLLO DE LA UNIDAD	9
1. Introducción	9
UNIDAD IV.5	
1.1. Aspectos a considerar de los ácidos y las bases	9
1.2. Esquemas conceptuales de los ácidos y las bases	15
2. ¿Qué es un ácido?	21
3. ¿Cómo se clasifican los ácidos?	27
4. Comportamiento de los ácidos y bases. Propiedades empíricas más relevantes	36
5. El modelo de Arrhenius para los ácidos y las bases. Clarificación de conceptos	43
6. Aplicaciones de los ácidos y las bases	50
II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	57
III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES DE CLASE	63
IV. RECAPITULACIÓN DE CONCEPTOS Y ACTIVIDADES DIDÁCTICAS PLANTEADAS	79
V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA	83

Autora:

Mary París

Colaboradores:

Montserrat Boix

Miquel Calvet

Silvia Gamero

Montserrat Sánchez

Núria Solsona

Asesora:

Neus Sanmartí

Coordinación y Dirección:

Mercè Izquierdo

Revisión Científica y Didáctica del texto:

Daniel Gil Pérez

(Universitat de València - España)



Q. 136.438

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la fructífera colaboración que la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando, en las personas de M^a José García Sípido y Salvador Muñoz, en la implantación del proyecto en los países participantes.

SUSTANCIAS CONTRAPUESTAS LOS ÁCIDOS Y LAS BASES: UNIDAD IV.5

Autor:
Mary Paris

Colaboradores:
Montserrat Boix
Miquel Cabret
Silvia Camero
Montserrat Sánchez
Núria Solsona

Asesor:
Núria Solsona

Coordinación y Dirección:

©
Ministerio de Educación y Cultura (España)
Universidad Autónoma de Barcelona

Revisión Científica y Didáctica:
Daniel Gil Pérez
ISBN: 84-369-2802-4 (Obra completa)
ISBN: 84-369-2990-X (Unidad IV.5)
Depósito legal: M-4820-1997

Diseño de cubierta: Dpto. Dibujo UNED
Imprime: Din Impresores
Marqués de San Gregorio, 5 - 28026 Madrid

2 110.182

ÍNDICE

I. DESARROLLO DE LA UNIDAD		<u>Pág.</u>
I. DESARROLLO DE LA UNIDAD		9
1. Introducción		9
1.1. Aspectos a considerar antes de planificar la docencia de los ácidos y las bases		9
1.2. Esquemas conceptuales ácido-base en estudiantes de secundaria		15
2. ¿Qué enseñar acerca de los ácidos y las bases?		21
3. ¿Cómo se pueden identificar ácidos y bases? Primera aproximación a sus propiedades empíricas		27
4. Comportamiento de los ácidos y bases. Propiedades empíricas más relevantes		36
5. El modelo de Arrhenius para explicar las propiedades ácido-base. Clarificación de conceptos		43
6. Aplicaciones de los ácidos y las bases		50
II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN		57
III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE		63
IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS PLANTEADOS		79
V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA		83

I. DESARROLLO DE LA UNIDAD

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ASPECTOS A CONSIDERAR ANTES DE PLANIFICAR LA DOCENCIA DE LOS ÁCIDOS Y LAS BASES

- LAURA** Ha llegado el momento de empezar a diseñar una nueva unidad. Hasta ahora, hemos visto muchos tipos de materiales con diferentes propiedades y estructuras y que todos ellos están constituidos por partículas con carga eléctrica y masa. También hemos tratado los materiales en relación con su capacidad para reaccionar. Ahora sería el momento de trabajar aspectos que han quedado incompletos, aprovechando las posibilidades del tema ácido-base.
- SARA** Bien, a ver si somos capaces de planificar la instrucción de este tema dándole un enfoque alternativo al tradicional —meramente "temático"— que, por supuesto, no podemos dejar de lado.
- DAVID** Me preocupa formar parte de este grupo de trabajo. Ya sabéis que tengo poca experiencia en la docencia y, mucho menos, en diseñar la instrucción. No obstante, me apetece mucho estar aquí y colaborar en esta tarea; seguro que aprendo mucho.
- LAURA** Tu inexperiencia en la docencia no debe preocuparte. ¿verdad que es importante la motivación? De entrada, eso es lo que pretendemos de nuestros estudiantes, que estén interesados y motivados por el estudio. Por otra parte, eres un gran experto en historia de la ciencia. Tu conocimiento en este campo es fundamental para el ejercicio de la docencia. En nuestro grupo de trabajo serás de gran ayuda.
- DAVID** Me alegra mucho poder ser útil. La verdad es que estoy muy interesado en el tema de esta unidad; he hecho un trabajo sobre el desarrollo histórico de los conceptos de ácido y base. Si, como dices, la historia es fundamental en la docencia, la de los ácidos y bases ha sido muy larga; quizás pueda darnos ideas. En el período de la alquimia ya se utilizaban ácidos y bases y se conocían algunos aspectos de su comportamiento a nivel específico. No obstante, los cambios profundos en relación con el conocimiento de las propiedades empíricas de ácidos y bases y su interpretación teórica se produjeron a partir del siglo XVII, durante los siglos XVIII, XIX y, sobre todo, el siglo XX. La gran proliferación de modelos para explicar el comportamiento de los ácidos y bases está relacionada con las dificultades que siempre se plantearon a la hora de definir estas sustancias.

SARA Volviendo a lo del enfoque temático. Estamos acostumbrados a tratar los conceptos ácido-base asociados a un cúmulo de ideas que reflejan el estado maduro de estos conceptos, sin dar importancia a muchos de los aspectos surgidos en su larga evolución. De hecho, este enfoque centra la atención en los aspectos avanzados del tema y deja de lado otros aspectos que, aun siendo primitivos, pueden ser significativos y debemos tenerlos presentes a la hora de planificar la instrucción.

DAVID Pienso que conocer el desarrollo histórico de los conceptos ácido-base invita a reflexionar sobre las ideas y dificultades surgidas con cada cambio conceptual, en el transcurso del tiempo, y las ideas que van adquiriendo los estudiantes a medida que progresa su educación.

LAURA No lo pongas en duda. Hay bastantes trabajos de investigación educativa que asocian algunas *preconcepciones* de los estudiantes con determinadas ideas científicas surgidas en algún momento de la historia. Es más, algunos autores incluso piensan que el *cambio conceptual* en el proceso de aprendizaje de los conceptos científicos presupone pautas análogas a las que suceden en el terreno científico. En otras palabras, se reproduce —en pequeña escala y en un tiempo concentrado— lo que la ciencia ha conseguido a lo largo de la historia. Bueno, es una opinión. Ahora bien, lo que no se puede poner en duda es que la complejidad de los sucesivos modelos ácido-base aportados por la historia reflejan un determinado grado de desarrollo científico. Por establecer un paralelismo con la historia, los conceptos ácido-base se introducen en la enseñanza con diferente grado de complejidad y distinto grado de abstracción según el nivel académico. En este sentido sí que seguimos el proceso histórico.

DAVID Es muy interesante lo que dices. Voy a pensar sobre esto.

LAURA En relación con la cuestión del enfoque, Nussbaum habla de un *enfoque cognitivo* como alternativa a ese análisis conceptual. Este nuevo enfoque se centra en las exigencias cognitivas que plantea el aprendizaje de conceptos. Según él, el tratamiento con un enfoque cognitivo debe reflejar, no sólo las ideas que configuran el modelo conceptual ácido-base avanzado —en el sentido de maduro—, sino todas las posibles ideas que mantienen los estudiantes; algunas de ellas insospechadas de antemano, a veces. Su conocimiento puede ayudar a evitar que determinadas ideas aparezcan evidentes por sí mismas, a juicio de los estudiantes. Así pues, para planificar la instrucción de los niños y niñas de estas edades, en relación con los ácidos y las bases, nos podemos preguntar:

*¿Qué aspectos corresponden a un «enfoque temático»?
¿Qué aspectos corresponden a un «enfoque cognitivo»?*



DAVID ¡Y yo pensaba que con un buen libro de texto tenía bastante! Me temo que este nuevo planteamiento requiere disponer de datos que no se encuentran en los libros de texto.

SARA Por supuesto. Estos datos nos los pueden ofrecer los niños y niñas, si expresan libremente sus ideas y no se establecen de antemano las categorías donde incluirlas. Los diversos tipos de ideas deben surgir como consecuencia del análisis de las respuestas a cuestiones que les planteemos. Creo que debemos conocer estas ideas antes de planificar la instrucción con un enfoque cognitivo. Nuestro problema ahora es

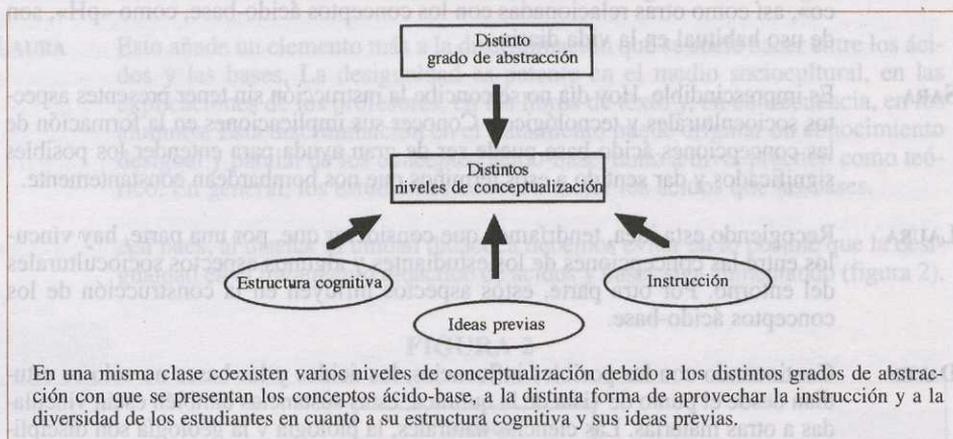
detectar cuáles son las ideas esenciales que, a juicio de los estudiantes, configuran los conceptos de ácido y de base.



LAURA Yo tengo bastante información sobre estas ideas. Precisamente, he hecho un trabajo sobre el proceso de aprendizaje de los conceptos ácido-base en estudiantes de secundaria. Sus ideas y dificultades nos pueden servir a la hora de enseñar a niños y niñas más jóvenes. De todas formas, pienso que antes de hablar de estas ideas convendría hacer un listado de todos los aspectos que debemos considerar.

SARA Sí, pienso que es oportuno. Por ejemplo, no podemos dejar de lado que, desde el punto de vista científico, se cambia de modelo ácido-base (o de acidez-basidad) según las circunstancias. Tenemos así los modelos de Arrhenius, de Brönsted Lowry, de Lewis, en los que, por supuesto, aquí no vamos a entrar. Si a estos modelos añadimos las posibles *ideas previas* o *preconceptos* de los estudiantes, seguro que en una misma clase coexisten varios *niveles de conceptualización* acerca de los ácidos y bases, y esto puede añadir nuevas dificultades al proceso de aprendizaje (figura 1). No obstante, no quiero que penséis que creo oportuno tratar, en este nivel académico, los modelos con elevado grado de abstracción o dificultad.

FIGURA 1



Concretando, para conocer mejor las dificultades de los estudiantes en cuanto a la construcción de los conceptos ácido-base y poder planificar estrategias didácticas adecuadas para favorecer el *cambio conceptual*, puede ayudarnos saber cómo integra el estudiante, en su estructura cognitiva, los conceptos de ácido y base a medida que aumenta el grado de abstracción del modelo científico. ¿Cómo coexisten en la mente de los estudiantes los distintos modelos ácido-base? ¿Qué factores pueden influir en el cambio conceptual?

DAVID Pensando acerca del paralelismo entre la historia y el proceso de aprendizaje, sería también interesante conocer cómo surgieron las nuevas ideas de ácido y base. ¿Cómo se establecieron y revisaron los puntos débiles de cada modelo? ¿Qué influencias tuvieron? ¿Cómo influyeron los avances tecnológicos en el desarrollo de nuevas ideas?

LAURA Otro aspecto que merece interés, a mi juicio, es que las dificultades que tienen los alumnos para comprender nuevas ideas conducen a errores conceptuales que hemos de tener presentes con el fin de integrarlos en los procesos de enseñanza-aprendizaje. ¡También se aprende con los errores! Los errores de los niños y niñas se pueden convertir en un instrumento didáctico que permita un tratamiento de los contenidos mejor adaptado a sus problemas. Por lo tanto, para que tengan incidencia en el proceso educativo, conviene conocer los errores, definirlos y situarlos. Encontrar una justificación a las dificultades que se oponen al desarrollo de los conceptos ácido-base. Detectar las posibles concepciones alternativas que interfieren en el aprendizaje significativo de los nuevos conceptos ácido-base.

SARA En relación con las *concepciones alternativas*, se sabe que muchas de ellas son muy *persistentes*. Así es que también sería interesante saber cuál es el grado de persistencia, con la edad, de las concepciones alternativas acerca de los ácidos y las bases.

LAURA Este conocimiento es de suma importancia a la hora de considerar si un determinado objetivo se puede conseguir efectivamente, y si los estudiantes están preparados para comprender lo que pretendemos transmitirles.

DAVID ¿No sería conveniente vincular los conocimientos teóricos con lo que sucede en la vida cotidiana o lo que se habla a nivel coloquial? Al fin y al cabo, las palabras «ácido» y «base», o expresiones como «carácter ácido» o «carácter básico», así como otras relacionadas con los conceptos ácido-base, como «pH», son de uso habitual en la vida diaria.

SARA Es imprescindible. Hoy día no se concibe la instrucción sin tener presentes aspectos socioculturales y tecnológicos. Conocer sus implicaciones en la formación de las concepciones ácido-base puede ser de gran ayuda para entender los posibles significados y dar sentido a esos términos que nos bombardean constantemente.

LAURA Recogiendo esta idea, tendríamos que considerar que, por una parte, hay vínculos entre las concepciones de los estudiantes y algunos aspectos socioculturales del entorno. Por otra parte, estos aspectos influyen en la construcción de los conceptos ácido-base.

DAVID Continuando con las posibles influencias, los ácidos y las bases no sólo se estudian desde el punto de vista de la química; estas sustancias también están vinculadas a otras materias. Las ciencias naturales, la biología y la geología son disciplinas que hacen uso de ácidos y bases con fines y objetivos que no coinciden precisamente con los de la química, pero que pueden contribuir a la formación y desarrollo de los conceptos ácido-base. Es decir, también hemos de tener presente que otras disciplinas, como las relacionadas con el área de la naturaleza, hacen aportaciones significativas e inciden en el conocimiento de los ácidos y las bases.

SARA Tampoco podremos perder de vista que es habitual utilizar los términos «ácido» y «base» con diversas acepciones ajenas a la química, sobre todo, el término «base». Las numerosas acepciones del término «base» ajenas a la química interfieren en el desarrollo del concepto de base y contribuyen a que éste tarde más en consolidarse que el concepto de ácido.

LAURA Esto me hace pensar que hay otro factor que puede ser origen de esta diferencia de conocimiento sobre ácidos y bases. Los estudiantes están más familiarizados

con los ácidos que con las bases y conocen más ácidos que bases a nivel práctico. Seguramente porque todos los ácidos que se nombran en nuestras aulas forman una clase de sustancias que contienen hidrógeno y sus nombres específicos están encabezados por la palabra «ácido». Por el contrario, las bases no se definen bajo un mismo denominador a nivel de composición, ni sus nombres están encabezados por la palabra «base».

DAVID En esta desigualdad veo un origen epistemológico. Hasta bien entrado el siglo XIX, los ácidos y las bases tuvieron un tratamiento discriminatorio. En muchas ocasiones, los ácidos recibieron definición y justificación teórica mientras las bases eran objeto de un tratamiento puramente fenomenológico basado en su capacidad para reaccionar con los ácidos. En la historia, con más frecuencia se mostró mayor interés en averiguar las causas de la acidez y la constitución de los ácidos que en conocer las características genéricas de las bases. Las bases no se definieron bajo un denominador común, ni con tanto rigor como los ácidos, hasta finales del siglo XIX y este denominador común se estableció en función de su comportamiento a nivel atómico-molecular (teoría de Arrhenius). A mediados del siglo XIX, el término «base» se aplicaba indistintamente a los óxidos metálicos y a los óxidos metálicos hidratados (hidróxidos); y con anterioridad, incluso los metales eran bases por ser sustancias con las que se formaban sales. Los ácidos, en cambio, siempre se consideraron como una clase de sustancias con un denominador común a nivel de composición; todos contenían un principio acidificante, bien metafísico, bien elemento real, como el oxígeno o el hidrógeno.

LAURA Esto añade un elemento más a la discriminación que se suele hacer entre los ácidos y las bases. La desigualdad es patente en el medio sociocultural, en las explicaciones de los profesores, en los libros de texto y, en consecuencia, en los alumnos. Esta discriminación en el tratamiento puede originar un conocimiento desigual y parcial de los conceptos ácido-base, tanto a nivel práctico como teórico. En general, los estudiantes conocen mejor los ácidos que las bases.

Así pues, al diseñar la unidad didáctica debemos evitar en lo posible que la desigualdad en el tratamiento didáctico de ácidos y bases siga aumentando (figura 2).

FIGURA 2



SARA Yo acabaría la serie de aspectos con uno más globalizador:

La línea metodológica de la instrucción ha de posibilitar en el estudiante un «aprendizaje significativo» de los conceptos ácido-base.



Los niños y niñas inician el aprendizaje de la química en una etapa en la que su pensamiento está experimentando un cambio; el paso del pensamiento concreto al pensamiento formal. Muchos de los conceptos que se estudian en química son demasiado abstractos y requieren, para su comprensión, un modo de razonamiento avanzado. La didáctica ha de potenciar y posibilitar el desarrollo del pensamiento de manera que los estudiantes adquieran, lo antes posible, el conjunto de operaciones mentales que comporta el pensamiento formal. En definitiva, ha de pretender el progreso del razonamiento.

LAURA Aún nos falta considerar, pienso, un último aspecto. También hay que implicar a los estudiantes en la construcción de conocimientos.

El conocimiento se construye y, como indican Novak y Gowin, «*la construcción de nuevos conocimientos comienza con la observación de acontecimientos o de objetos a través de los conceptos que ya poseemos*». «*Para aprender significativamente, el individuo debe tratar de relacionar los nuevos conocimientos con los conceptos y las proposiciones que ya conoce*». Y para que se produzca el aprendizaje significativo no sólo la materia a aprender debe poseer un significado en sí misma, también el estudiante debe estar interesado por ella y poseer una estructura cognitiva adecuada para asimilar el nuevo significado. Según Ausubel, el nuevo significado es idiosincrático; por lo tanto, debemos potenciar la participación del estudiante e implicarlo en el proceso de asimilación de nuevas ideas. El estudiante es el único sujeto activo en el proceso de aprendizaje, pero a nosotros nos corresponde diseñar actividades adecuadas que propicien el progreso en la construcción de conocimientos.

SARA Bueno, creo que ha llegado la hora de hacer una síntesis de los aspectos a tener en cuenta para planificar el estudio de los ácidos y las bases.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 1

1. ¿Qué aspectos del tema ácido-base corresponden a un enfoque temático? ¿Qué aspectos corresponden a un enfoque cognitivo?
2. ¿Por qué es importante conocer las ideas que, a juicio de los estudiantes, configuran los conceptos de ácido y de base?
3. ¿Por qué es importante conocer el desarrollo histórico de los conceptos ácido-base?

4. ¿En qué aspectos tienen dificultades los estudiantes en relación con la construcción de los conceptos ácido-base?
5. ¿En qué medida puede afectar, a la construcción de los conceptos ácido-base, el hecho de utilizar en la instrucción diversos modelos ácido-base?
6. ¿Por qué es necesario vincular los conocimientos teóricos acerca de los ácidos y bases con el medio sociocultural y la tecnología?
7. ¿En qué medida inciden otras disciplinas de ciencias en la construcción de los conceptos ácido-base?
8. Los estudiantes están más familiarizados con los ácidos que con las bases, tanto a nivel teórico como práctico, ¿cuál puede ser el origen?

1.2. ESQUEMAS CONCEPTUALES ÁCIDO-BASE EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA

SARA Os propongo que antes de diseñar la unidad didáctica hagamos una evaluación inicial para conocer las ideas de ácido y base que tienen los chicos y chicas. He pensado un cuestionario para pasarlo en clase.

LAURA Nos podemos ahorrar esta tarea, tengo suficientes datos sobre sus ideas. Recordad que he hecho un trabajo sobre el proceso de aprendizaje de los conceptos ácido-base en estudiantes de 15, 16 y 17 años. Sus ideas y dificultades nos pueden servir a la hora de enseñar a niños y niñas más jóvenes. Aquí está el estudio que hice.

DAVID A ver. Haznos un resumen.

LAURA Empezaré comentando las respuestas a dos de las preguntas abiertas que les formulé:

¿Qué crees que es un ácido? ¿Qué crees que es una base?



Como podéis imaginar, las definiciones de estudiantes tan diversos fueron muy variadas, tanto en lo referente al tipo de contenido, como en lo relativo a la forma utilizada para transmitirlo. Algunas definiciones eran muy escuetas y contenían muy pocos elementos de análisis; otras, por el contrario, eran extensas y se referían a varios atributos como características de ácidos y bases. El análisis de estos atributos hizo posible determinar tanto el tipo de concepción ácido-base como su nivel conceptual dentro de la jerarquía establecida.

DAVID Me imagino que los «atributos», como tú dices, dependerían mucho de la edad. Además, los conceptos de ácido y de base se prestan para que exista esta diversidad.

- SARA** Por supuesto que se prestan si tenemos en cuenta que en la docencia del tema ácido-base cambiamos de modelo según la edad del alumno y las circunstancias. No obstante, en la adquisición de cualquier concepto, influyen de forma determinante la maduración del individuo y la instrucción recibida.
- DAVID** No olvidemos otra influencia que ya hemos comentado y que es muy significativa en este tema: el entorno sociocultural contribuye en gran medida a que los alumnos construyan concepciones inducidas sobre numerosos hechos y fenómenos, sean científicos o no.
- SARA** Pero, volviendo a tu trabajo, Laura, me gustaría mucho saber qué características asocian a las bases que no utilicen para los ácidos.
- LAURA** Para muchos estudiantes, sobre todo los más jóvenes, debido a la polisemia de la palabra base, una base es "un principio fundamental o básico", "un soporte material o de apoyo", un elemento "asociado a las matemáticas o la geometría", "un lugar estratégico", "algo o alguien en relación con los deportes", ...
- DAVID** ¡Qué curioso! Me sorprende que recurran a este tipo de ideas cuando el cuestionario presentado trata de ácidos y bases. ¿Cómo no dejan en blanco la pregunta si no saben qué es una base desde el punto de vista químico?
- LAURA** Y a mí también me sorprende. El caso es que casi todos contestan, aunque sea al margen de la química. Aún aparece otra concepción, ajena a la química, que yo considero la *idea puente* entre la química y la no química. Me estoy refiriendo al esquema conceptual que llamo *ingrediente*. Algunos alumnos saben que el término base es algo concerniente a la química pero se aferran a la idea de que es algo fundamental o básico. Definen base aludiendo a que es una sustancia necesaria o que es un ingrediente indispensable en la obtención de mezclas o compuestos químicos; en algunos casos, el fundamental o el único; en otros, cualquiera de los componentes; y en otros, asocian la palabra a la idea de sustancia pura. Incluso la idea de ingrediente está implícita en algunas de las aplicaciones que proponen.
- DAVID** ¡Qué interesante! La misma idea que en sus orígenes históricos. Se atribuye a Rouelle el haber introducido el término *base* de forma general en el vocabulario químico, en 1744. La palabra *base* se asignaba a cualquier sustancia (álcali, tierra o metal) que unida a un ácido formaba una *sal neutra*. La base era el *soporte* del ácido o el *ingrediente fundamental* de la sal a la que confería solidez.
- LAURA** Está claro que el medio sociocultural induce en los estudiantes las primeras nociones de ácido y base, nociones que experimentan un progreso gradual en su estilo cognitivo. El concepto de base se desarrolla a partir de las ideas *no química* e *ingrediente*, y se inicia, al igual que el concepto de ácido, con los modelos *sustancia* y *preoperacional*.
- SARA** ¿Qué quieres decir con «modelos *sustancia* y *preoperacional*»?
- LAURA** Utilizo *modelo* en el sentido de *esquema conceptual* y los términos *sustancia* y *preoperacional* para identificar dos esquemas conceptuales.
- Para los alumnos que mantienen el esquema conceptual *sustancia*, los ácidos o las bases son simplemente sustancias químicas. Los estudiantes no creen necesario caracterizar estas sustancias para diferenciarlas entre sí ni de otras sustancias.

SARA Fijaos que el pasar de las ideas de base no relacionadas con la química a la idea más simple de que una base es una sustancia química supone un gran salto. El modelo de base *ingrediente* es una consecuencia de la «resistencia a ese cambio conceptual». Así pues, al planificar las actividades, deberemos tener en cuenta que el cambio de la noción de base «principio fundamental» por la idea «sustancia» es una situación especialmente adversa en el proceso de cambio conceptual.

LAURA El esquema conceptual *preoperacional* implica asociar ácidos y bases con algunas de sus propiedades empíricas pero expresadas de forma muy general, rudimentaria, imprecisa y con una terminología muy popular. Posiblemente, la terminología que emplean es producto de su propia experiencia y de los medios de comunicación más que de la escuela.

DAVID Me gustaría saber a qué propiedades se refieren.

LAURA Para definir ácido, los alumnos *preoperacionales* utilizan propiedades que hacen alusión, sobre todo, a su capacidad para *reaccionar* y para producir *calor* cuando se ponen en contacto con otras sustancias o con organismos vivos. También hablan de su condición de ser *peligrosos*, *perjudiciales*, *tóxicos* o *inflamables*, de su sabor y olor o, simplemente, de *propiedades características* que no especifican.

Los alumnos *preoperacionales* con los ácidos, lo mismo que los que definen de acuerdo con el modelo *sustancia*, también hacen alusión a los posibles tipos de ácidos, su origen o sus aplicaciones. Incluso, aunque en contadas ocasiones, hacen también referencia a su posible composición química pero nunca especifican sus componentes.

El vocabulario que emplean a propósito de su capacidad de reacción o de producir calor es muy variado y hasta, en numerosas ocasiones, animista. Así pues, estos alumnos dicen ante todo que un ácido es una *sustancia*, *compuesto*, *líquido* o *disolución* que *quema*, *abrasa*, *devora*, *ataca*, *come*, *perfora*, *deshace*, *disuelve*, *reduce*, *altera*, *modifica*, *destroza*, *destruye* o *corroe*.

SARA ¡Vaya avalancha de términos! ¿Qué expresiones utilizan para definir base?

LAURA Para definir base, los estudiantes *preoperacionales* nombran propiedades que hacen también alusión a su *capacidad para reaccionar* con los ácidos o con otras sustancias, a su sabor, a que poseen *alcalinidad* u otras *propiedades características* que, como en el caso de los ácidos, tampoco especifican. Al igual que con los ácidos, aunque con menos frecuencia, también hacen referencia al origen de las bases, sus aplicaciones o su composición, que tampoco especifican.

Un distintivo común a la mayoría de las definiciones *preoperacionales* de base es el comparar su comportamiento con el de los ácidos. Una base prácticamente siempre se opone a un ácido. Así pues, una base es una sustancia contraria, *contrapuesta*, *opuesta*, *inversa*, *menos fuerte*, *menos reactiva*, *distinta* a un ácido. Incluso puede ser *neutra* o *no reactiva*. También es una sustancia, en ocasiones acuosa, que aminora, rebaja, anula o contrarresta a los ácidos y *no daña* como ellos. Parece bastante obvio que estos alumnos adjudican únicamente a las bases —y no a los ácidos— la capacidad para *neutralizar*, y asignan a los ácidos —y no a las bases— el papel de ser los únicos agentes activos, dominantes y peligrosos.

DAVID Nuevamente estoy viendo un paralelismo entre esta última observación y la historia. Por ejemplo, es frecuente encontrar textos del siglo XVII en los que se

asigna a los ácidos un papel más preponderante que a los álcalis; así, el ácido es el *principio dominante*; el ácido es el *vencedor*; sólo hay un *principio*, el de la acidez; los álcalis, por el contrario, son deficitarios del *principio de la acidez*.

SARA Me parece interesante conocer la evolución que experimentan los estudiantes en relación con los esquemas conceptuales que tú has detectado.

LAURA Ahora os presento los nuevos esquemas conceptuales que son fruto de la instrucción. He designado a estos nuevos esquemas como modelos *composición*, *operacional* y *conceptual*. Los alumnos *composición* caracterizan a los ácidos y bases hablando de sus componentes, aunque no siempre los especifican. Ácidos y bases están constituidos por *oxígeno*, *hidrógeno*, *oxígeno e hidrógeno*, *agua* o simplemente por *otros elementos* o *sustancias* que no especifican o son distintos a los anteriores, por ejemplo, *sales*. En relación con los ácidos, los estudiantes recurren con frecuencia al hidrógeno como componente, pero no todos tienen asumido que este elemento representa un papel importante en conferir carácter ácido a las sustancias.

SARA No me sorprende en absoluto esa variedad de componentes. Posiblemente estos chicos y chicas están influidos por los mecanismos que siguen para formular los ácidos, las bases más familiares (los hidróxidos) y las sales. El oxígeno está implicado en la formulación de los óxidos necesarios para formular ácidos e hidróxidos; el agua, en la formulación de ácidos e hidróxidos; y los ácidos e hidróxidos, en la formulación de sales.

LAURA La terminología que utilizan estos alumnos apoyan esta idea. Además de *compuesto*, *composición*, *sustancia* o *producto* se observan otros términos como *combinación*, *unión*, *síntesis*, *resultado*, *suma* o *hidratación*; términos, estos últimos, que corroboran la tesis de que los estudiantes están describiendo el mecanismo que siguen para llegar a la fórmula del ácido o de la base en lugar de describir el proceso de interacción.

DAVID Volviendo a la cuestión de los componentes, el hecho de implicar al agua en la composición de estas sustancias se debe también a la circunstancia de que muchos de estos alumnos creen que ácidos y bases, sobre todo los ácidos, son sustancias que *contienen agua* o son *líquidos* y, como es sabido, los estudiantes más jóvenes suelen asociar la condición de ser líquido con el líquido más familiar para ellos, el agua.

DAVID Me pregunto si estos chicos y chicas conocen ejemplos de bases.

LAURA Prácticamente todos los alumnos conocen ejemplos de ácidos (algunos a través de los medios de comunicación) y a ello contribuye, en gran medida, el hecho de que todos sus nombres van encabezados con el término *ácido*. Por el contrario, el asociar el nombre de determinadas sustancias con su carácter básico es mucho menos probable, posiblemente porque no se nombran encabezadas con el término *base*. Dada esta circunstancia, yo supongo que el esquema conceptual *composición* de ácido se adquiere antes que el *composición* de base.

DAVID Está claro que, al programar las actividades para la clase, deberemos tener presente que los conceptos ácido-base tienen distinto grado de dificultad para los estudiantes, dificultad motivada, en gran medida, (i) por la polisemia de la palabra base, (ii) porque sólo los ácidos se nombran haciendo alusión a su condi-

ción, y (iii) por la ausencia de un criterio de composición que unifique las bases como clase de sustancias. Ante estos inconvenientes, todos de origen epistemológico, los alumnos se han de enfrentar de forma distinta frente a los ácidos y las bases. Nosotros deberemos incidir con una metodología adecuada para que el progreso conceptual sea satisfactorio y esa discriminación no se dé.

LAURA Mi trabajo ha evidenciado que el conocimiento global acerca de los ácidos y las bases (aspectos teóricos y prácticos) no se adquiere simultáneamente para ambas sustancias. El conocimiento de las bases está rezagado respecto al de los ácidos.

El desconocimiento de ejemplos de bases es la causa fundamental del desplazamiento. Muchos de los estudiantes que no relacionan las bases con la química ya saben que los ácidos son sustancias químicas y, aunque no les adjudiquen atributos diferenciadores, conocen ejemplos de ácidos. En otras palabras, cuando sólo se conocen los ácidos a nivel práctico (sólo se conocen ejemplos) o se tiene un conocimiento de ellos irrelevante, se suele ignorar que las bases son sustancias químicas.

Muchos de los estudiantes que conocen los ácidos a nivel teórico y práctico sólo conocen las bases a nivel teórico. Es decir, los estudiantes diferencian ácidos y bases entre sí y de otras sustancias haciendo uso de las definiciones teóricas o de propiedades empíricas y asocian los ácidos con ejemplos concretos pero desconocen ejemplos bases.

SARA Volviendo a los esquemas conceptuales, ¿qué nos dices de los otros modelos?

LAURA Los alumnos *operacionales* caracterizan a los ácidos y bases refiriéndose a sus propiedades empíricas con una terminología mucho más formal, propia ya del lenguaje químico. Algunos introducen incluso, en sus descripciones, términos como *iones* o *moléculas*, lo que implica un conocimiento sobre la naturaleza corpuscular de la materia. Llama la atención, no obstante, la profusión con que emplean los términos *disolución* o *sustancia acuosa* para expresar la naturaleza ácido-base. Para un gran número de estudiantes *operacionales*, sólo las disoluciones acuosas de ácidos y bases son portadoras de propiedades entre las que se citan sus posibles *reacciones*, el *pH*, la *acidez* o *alcalinidad* y la *conductividad eléctrica*. En lo que respecta a esta última propiedad, hay que destacar que se nombra con muy poca frecuencia y sólo en el caso de los ácidos.

DAVID ¿Qué reacciones nombran? ¿Diferencian ácidos y bases?

LAURA Para los alumnos *operacionales*, ácidos y bases reaccionan con los *indicadores* (cambiando su color) y también reaccionan *entre sí* formando *sales* según procesos de *neutralización*, procesos que asocian más a las bases que a los ácidos. Los ácidos —y no las bases— reaccionan además con los *metales* y los *carbonatos*. Al hablar de las reacciones de ácidos y bases, hay alumnos que especifican algunos productos de reacción (los ácidos desprenden hidrógeno con los metales o dióxido de carbono con los carbonatos; los ácidos y las bases forman sales al reaccionar entre sí); otros, por el contrario, se limitan a hablar de los reactivos pero no de los productos de reacción.

SARA El modelo *operacional* diferencia más que el modelo *composición* a ácidos y bases de otras sustancias y entre sí; por lo tanto, yo lo veo de nivel cognitivo superior.

LAURA Efectivamente, estoy de acuerdo contigo, pero a medida que aumenta el nivel de conocimiento, también aumenta la posibilidad de que los estudiantes utilicen más de un modelo en sus descripciones. Como es de esperar, hay alumnos *operacionales* que también hacen uso de expresiones propias del modelo *preoperacional* o del modelo *composición*, coexistiendo incluso los tres modelos en un mismo alumno.

SARA Por último, ¿qué nos dices del modelo *conceptual*?

LAURA La última etapa del proceso de aprendizaje de los conceptos ácido-base supone la adquisición de estos conceptos a nivel teórico. Los alumnos que definen ácido y base recurriendo a las teorías ácido-base que les han enseñado son los que se expresan según el modelo *conceptual*; por supuesto, son los de mayor edad.

Ahora bien, hay también estudiantes que intentan definir ácidos y bases haciendo uso, aparentemente, de esas teorías, pero no son capaces de dar contenido a sus expresiones. Sus definiciones tratan de iones positivos y negativos, de procesos en los que intervienen dichos iones y de enlaces, pero con poca precisión y de forma muy vaga. Nunca especifican los iones que participan en los procesos, ni conocen con exactitud los procesos, ni especifican los enlaces que intervienen. Todas estas expresiones son las que he catalogado como modelo *preconceptual*.

SARA En realidad, estas expresiones inacabadas revelan que los estudiantes han recibido instrucción pero lo único que manifiestan es una gran confusión de ideas aunque contengan un vocabulario propio del nivel conceptual más elevado. Me pregunto si los estudiantes *preconceptuales* recurren a otras ideas para caracterizar a los ácidos y bases.

LAURA No, estos estudiantes forman un grupo especial porque prácticamente no utilizan ideas propias de los otros estilos cognitivos; simplemente intentan definir ácidos y bases desde el punto de vista teórico.

DAVID A mí no me extraña que estén confundidos. Creo excesivo introducir varias teorías ácido-base en la enseñanza secundaria. La teoría de Arrhenius es más que suficiente en esta etapa.

SARA Estoy totalmente de acuerdo contigo, yo tampoco pasaría de la teoría de Arrhenius con chicos y chicas de esta edad. Precisamente he leído un trabajo de Carr sobre las confusiones que se pueden originar entre los modelos ácido-base más formales cuando se presentan a los estudiantes.

LAURA Conozco muy bien este trabajo. Carr afirma que hay evidencias claras de confusión entre los modelos, que procede, en gran medida, de los libros de texto.

SARA A estas ideas podríamos añadir otras que también afectan a la planificación de actividades para el aula.

La integración de los nuevos y sucesivos estilos cognitivos, si bien supone un proceso gradual, requiere un tiempo de maduración —o reestructuración— distinto para cada individuo y distinto también para las nociones de ácido y base.

En consecuencia, los diversos estilos cognitivos coexistirán en los grupos de un mismo nivel educativo y causarán la diversificación de la clase.

DAVID Y también conviene tener en cuenta que la diversificación aumentará de forma general al progresar la instrucción, puesto que con ella se integran nuevos esquemas conceptuales. Es decir, cuanto mayor sea el número de estilos cognitivos utilizados, mayor será la diversificación del alumnado de un mismo nivel educativo.

LAURA Creo que ya tenemos elementos suficientes para empezar a programar las actividades para la clase. ¿Qué os parece si empezamos el próximo día?



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 2

1. Resuma en un cuadro los aspectos relacionados con las concepciones ácido-base de los estudiantes que se han tratado hasta ahora.

2. ¿QUÉ ENSEÑAR ACERCA DE LOS ÁCIDOS Y LAS BASES?

LAURA ¿Qué tal ha ido la semana? ¿Habéis trabajado mucho? Teníamos que preparar

qué enseñar acerca de los ácidos y las bases.



DAVID Yo ya he elaborado un cuadro con los contenidos que podríamos tratar en esta unidad (cuadro 1). No he incluido la secuenciación ni el programa de actividades porque considero que es tarea del grupo.

SARA Yo también he hecho un guión de la unidad (cuadro 2). Además de presentar los contenidos, hago una propuesta del hilo conductor del tema. Podemos discutir estas propuestas y proponer también la metodología que favorezca un aprendizaje significativo y no discriminado de los conceptos ácido-base.

CUADRO 1

IDEAS QUE CONFIGURAN LOS CONCEPTOS DE ÁCIDO-BASE			
ÁCIDOS Y BASES (sistemas acuosos)			
Modelo operacional ¿Qué propiedades empíricas tienen?		Modelo conceptual Arrhenius ¿Qué propiedades formales tienen?	
Ácido	Base	Ácido	Base
Sabor ácido Corrosivo frecuentemente Conduce la electricidad pH menor que 7 Reacciona con: indicadores metales óxidos metálicos carbonatos bases	Sabor amargo Tacto resbaladizo Corrosiva frecuentemente Caústica frecuentemente Conduce la electricidad pH mayor que 7 Reacciona con: indicadores grasas ácidos	Produce iones hidrógeno H^+ (aq)	Produce iones hidróxido OH^- (aq)
		Grado de disociación	Grado de disociación
		Fuerza del ácido	Fuerza de la base
Neutralización		Neutralización	
Cambios químicos Cambios de pH Cambios de temperatura Cambios de conductividad		H^+ (aq) + OH^- (aq) \rightarrow H_2O	

LAURA La propuesta metodológica debe adaptarse a las necesidades de los estudiantes y a sus intereses. Una metodología eficaz también ha de iniciar al alumno en los trabajos prácticos y evitar la adquisición pasiva de conocimientos. En cualquier caso, no podemos olvidar que el alumnado es responsable de su proceso de aprendizaje y que nosotros hemos de favorecer, con la metodología adecuada, el aprendizaje significativo y la progresión en la construcción de conocimientos.

SARA Para que el alumnado dote de significado a la nueva información tendremos que saber

qué contenidos, qué estrategias didácticas y qué materiales serán los adecuados para que estén presentes en las actividades de aprendizaje los conceptos, procedimientos y actitudes.

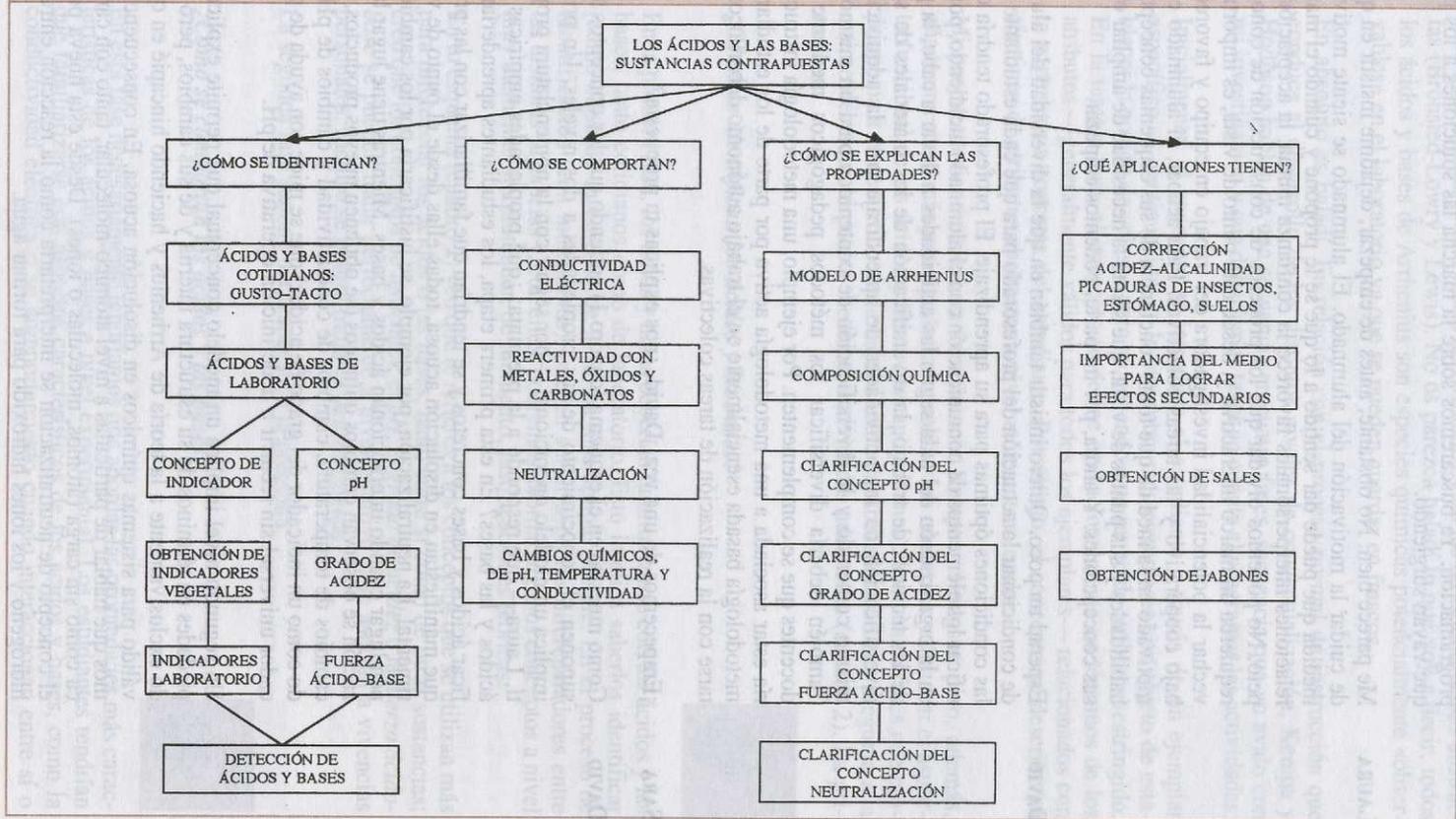


DAVID Tampoco debemos olvidar que un aprendizaje significativo también es funcional y, en consecuencia, el alumnado ha de ser capaz de aplicar los nuevos contenidos de manera efectiva, cuando las circunstancias lo exijan.

SARA Esta visión funcional del aprendizaje también la he previsto; deberemos tener en cuenta, además de los contenidos científicos, aspectos socioculturales e industriales (Ciencia, Tecnología y Sociedad). Fijaos que en mi guión aparece un apartado relacionado con las aplicaciones que tienen los ácidos y las bases (cuadro 2). Pero, dejémonos ya de palabrería y empecemos de una vez la

CUADRO 2

PROPUESTA DE CONTENIDOS PARA ESTA UNIDAD



programación. Ya buscaremos sobre la marcha las soluciones a los problemas que vayan surgiendo.

LAURA Me parece bien. No obstante, antes de empezar, dejadme insistir en que hemos de cuidar la motivación del alumnado. El alumnado se siente motivado en la medida que puede dar sentido a lo que se le propone y cuando el marco de las relaciones interpersonales favorece la confianza mutua, la aceptación y el respeto. No podemos olvidar que los procesos de construcción de conocimientos requieren un marco interactivo y, desde este punto de vista, es importante aprovechar la potencialidad investigadora del trabajo en equipo y favorecer el trabajo cooperativo y las tareas colectivas. Para acabar, el alumnado estará más motivado en la medida que tome conciencia de sus esquemas conceptuales, sus habilidades y sus puntos de vista, que sienta la necesidad de ampliar o rectificar sus concepciones. Y ahora, por mi parte, podemos empezar.

DAVID Esperad un poco. Quiero insistir también en que la diversidad del alumnado ha de condicionar la actuación del profesorado para que cada estudiante encuentre las condiciones óptimas para su aprendizaje. El profesorado tendría que diversificar los elementos de comunicación con el alumnado incidiendo, por ejemplo, en la organización del aula según las actividades a llevar a cabo, la pluralidad de las técnicas de trabajo, la diversificación de los materiales de soporte, la diversificación de las actividades de aprendizaje para la adquisición de un mismo contenido y la diversificación de contenidos para un mismo objetivo. También debería diversificar los métodos pedagógicos mediante prácticas docentes que se complementen. Por ejemplo, una metodología instructiva debería estar asociada a una metodología activa por parte de los estudiantes y una metodología basada esencialmente en el trabajo autónomo debería complementarse con la realización de tareas colectivas.

SARA ¡Empecemos de una vez! David, ¿nos explicas tu propuesta?

DAVID Como muestro en el esquema (cuadro 1) entiendo que los conceptos ácido-base suponen el conocimiento de sus propiedades a dos niveles. Un primer nivel implica un modelo operacional —por seguir con la nomenclatura propuesta por tí, Laura— que responde a la pregunta: ¿qué propiedades empíricas tienen los ácidos y las bases? En esta primera etapa, los estudiantes aprenderían a identificar ácidos y bases concretos y se tendrían que familiarizar con las propiedades que manifiestan en disolución acuosa, todas ellas desde el punto de vista experimental. La neutralización, por ejemplo, se justificaría por los cambios que tienen lugar cuando interaccionan ácidos y bases. Mientras tiene lugar la neutralización se observan cambios químicos (se obtienen nuevos productos, las sales), cambios de temperatura, cambios de conductividad y cambios de pH (entendido como un indicador del grado de acidez) que se mide con ayuda de papel indicador universal sin recurrir a la definición operativa de pH.

Un segundo nivel implica un modelo conceptual que permite explicar las propiedades en términos de su estructura interna y de sus cambios, pero recurriendo exclusivamente a la teoría de Arrhenius y haciendo hincapié en que sólo es válido para sistemas químicos en disolución acuosa. En consecuencia, tendremos que hablar de partículas a nivel atómico-molecular, tanto con carga eléctrica como sin carga (átomos, moléculas o iones). Desde esta nueva perspectiva, el concepto de neutralización se interpretaría como la reacción entre los iones hidrógeno y los iones hidróxido para formar agua.

SARA Está bien utilizar sólo la teoría de Arrhenius y no las otras teorías más abstractas (Brønsted-Lowry y Lewis). No os parezca baladí lo que voy a decir; todos los ácidos y bases de Arrhenius son especies químicas potencialmente «observables» en el laboratorio ya que se pueden guardar en frascos.

LAURA En absoluto es baladí. En relación con el proceso normal de instrucción que conduce al desarrollo de los distintos niveles de conceptualización, Kempa y Hodgson hablan de una secuencia en cuatro fases, secuencia que yo avalo con mi investigación y que deberíamos tener en cuenta al programar las actividades:

Inicialmente, el concepto se introduce al estudiante a través de un ejemplar específico. A continuación, se le presentan más ejemplares con objeto de establecer la noción de «clase» pero recurriendo a un rango de atributos restringido. En la tercera fase, el concepto se define operacionalmente en términos de los atributos —generalmente válidos para todos los ejemplares— relacionados con la experiencia concreta del estudiante. Por último, el concepto se describe en términos de atributos abstractos a nivel atómico-molecular.

SARA Mi propuesta tiene en cuenta la secuencia Kempa y Hodgson pero, además, añade una etapa más para ayudar a consolidar los conceptos y destacar el aspecto funcional de los ácidos y bases (sus aplicaciones). Las cuatro fases que propongo para el desarrollo de la unidad están encabezadas con una pregunta a la que se debe dar respuesta mediante actividades adecuadas (cuadro 2). La primera es:

¿Cómo se identifican los ácidos y las bases?



En la primera fase, los niños y niñas deberían familiarizarse con los ácidos y las bases, tanto cotidianos como de laboratorio. Esto implica saberlos identificar (como clase de sustancias) de la forma más simple posible. En el proceso de identificación (con indicadores), pueden surgir aspectos diferenciadores entre las distintas sustancias y, con ellos, podremos abordar algunos conceptos a nivel muy elemental sin pretender, de momento, justificaciones teóricas.

DAVID En tu esquema (cuadro 2) veo que te refieres a los conceptos que se utilizan más para diferenciar los ácidos o las bases, tanto entre sí como de otras sustancias; creo que los conceptos de *indicador*, el *pH*, el *grado de acidez* o la *fuerza ácido-base* se pueden tratar perfectamente a nivel intuitivo si se asocian a vivencias personales. Incluso se podría tratar la *neutralización*.

SARA La segunda fase supone dar respuesta a la pregunta:

¿Cómo se comportan los ácidos y las bases?



En esta fase necesariamente tendríamos que abordar las propiedades más características de los ácidos y bases a nivel experimental. Los estudiantes tendrían que familiarizarse con aspectos característicos de los ácidos y bases, como la conductividad eléctrica o su comportamiento cuando interaccionan entre sí o

con otras sustancias; es decir, su *reactividad*. El estudio particular de la *neutralización* implicaría, además, la observación de cambios químicos, cambios de pH, cambios de temperatura y cambios de conductividad.

LAURA Me parece muy oportuno que la tercera fase consista en tratar, desde el punto de vista teórico, las propiedades observadas a nivel experimental.

¿Cómo se explican las propiedades de los ácidos y bases?



Mediante la teoría de Arrhenius podremos abordar la cuestión de la composición de estas sustancias —sin olvidar sus limitaciones en este sentido— y clarificar, a nivel teórico, todos los conceptos surgidos a lo largo de la experimentación.

DAVID Por último veo la pregunta:

¿Qué aplicaciones tienen los ácidos y las bases?



Esta cuestión nos permitirá volver a situar ácidos y bases en el contexto socio-cultural y tecnológico cotidiano. Está bien empezar con situaciones habituales y acabar también con ellas.



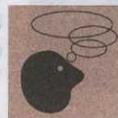
PAUSA DE RECAPITULACIÓN 3

1. Resuma la propuesta de contenidos discutida, diferenciando: conceptos, procedimientos y actitudes.
2. Proponga una lista de ácidos y bases que sea útil para comentar en la clase.
3. ¿Qué propiedades específicas ácido-base trataría en la clase?
4. ¿Qué procedimiento utilizaría en la clase para identificar ácidos y bases?
5. Haga una propuesta de las aplicaciones de ácidos y bases adecuadas para esta etapa.

3. ¿CÓMO SE PUEDEN IDENTIFICAR ÁCIDOS Y BASES? PRIMERA APROXIMACIÓN A SUS PROPIEDADES EMPÍRICAS

DAVID Pienso que antes de iniciar la propuesta de actividades para el desarrollo del tema estaría bien preparar algunas actividades de motivación, pero

¿cómo podemos conseguir interesar a los estudiantes en el estudio de los ácidos y bases?



SARA Hace tiempo que yo introduzco el tema ácido-base con unas actividades que, además de ayudar a resolver este primer apartado, son motivadoras. Una de ellas está relacionada con el sabor de los comestibles. Todos los alumnos tienen alguna experiencia de la «acidez» en el sentido de que reconocen que algunas sustancias tienen sabor ácido, que no hay que confundirlo con el sabor amargo. En relación con el sabor podemos proponer a los estudiantes que

hagan una lista de comestibles que tengan sabor ácido.



Lamentablemente, las bases no pueden entrar en juego todavía, las tendremos que dejar para más adelante.

DAVID Me parece muy peligroso utilizar el sabor para identificar ácidos. ¿Cómo podemos justificar el empleo del sabor en el laboratorio, cuando se excluye de cualquier norma de seguridad?

LAURA La respuesta está en la ventaja que se puede sacar de que los alumnos usen su propia experiencia de la acidez cuando chupan caramelos ácidos; no obstante, hay que insistir en los peligros de probar sustancias de laboratorio recalcando que el gusto sólo se emplea en el caso de comestibles. Por otra parte, a esta ventaja hay que añadir que la idea de contrarrestar la acidez —neutralización— es una consecuencia natural. Los estudiantes habrán oído hablar de la acidez de estómago y cómo se cura con polvos estomacales. Si llevamos a la clase caramelos ácidos, polvos contra la acidez de estómago (bicarbonato sódico o leche de magnesia) y azúcar para chupar, ¡veréis cómo se motivan! y ¡qué esfuerzo tendremos que hacer para mantener la clase en orden!

SARA Ya me lo imagino. Pero valdrá la pena. La experiencia de

chupar caramelos ácidos y, a continuación, y sucesivamente, azúcar y bicarbonato (hidrogenocarbonato de sodio)



puede usarse para introducir los conceptos de *acidez* y *alcalinidad*. Si el sabor de los caramelos ácidos representa la acidez, podemos asociar esta experiencia sensorial con el efecto que produce el azúcar o el bicarbonato sobre la acidez de los caramelos. Los estudiantes observarán que el azúcar enmascara la acidez pero no la elimina, en cambio, los polvos estomacales reducen la acidez.

LAURA Éste es el momento de introducir la palabra *base* o *álcali*, como el nombre dado a la sustancia que neutraliza a los ácidos, y *neutro*, como término asociado a la que ni es ácida ni básica (o alcalina).

DAVID Y también es el momento de recurrir a métodos más fiables para apreciar los cambios de acidez y para identificar sustancias ácidas y alcalinas. Por una parte, todos sabemos que algunas personas tienen el gusto más sensible que otras y que, algunas veces, el gusto disminuye (por ejemplo, cuando se tiene catarro). Y por otra parte, ¡no me gusta en absoluto este «instrumento» de detección!

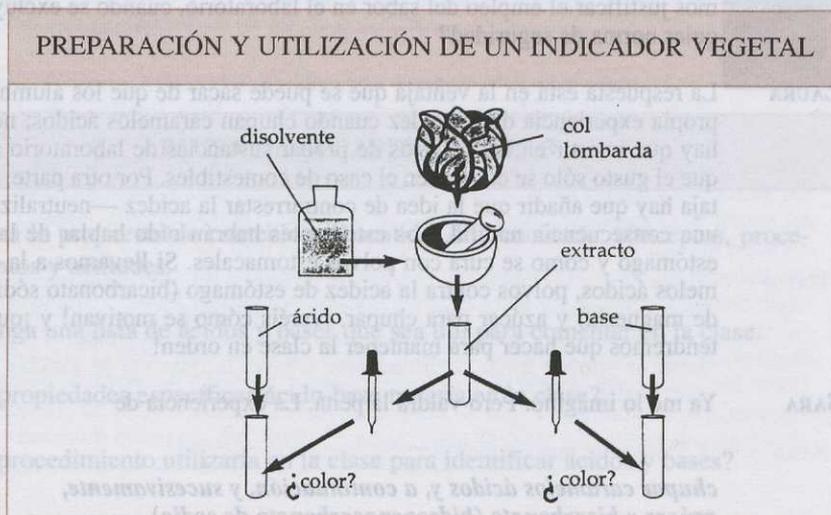
SARA Estoy de acuerdo con tu primera observación. La misma discusión entablada en la clase sobre la escasa fiabilidad del procedimiento nos debe llevar a la necesidad de utilizar indicadores ácido-base y, con ello, a preparar otra actividad motivadora como la

obtención de indicadores ácido-base a partir de vegetales de uso cotidiano



para utilizarlos posteriormente como detectores de ácidos y bases. Además, esta experiencia también puede servir para aclarar los conceptos de *sustancia pura*, *mezcla* y *disolución*; todos sabemos que hay que aprovechar cualquier oportunidad para insistir sobre ellos.

FIGURA 3



LAURA Efectivamente. Estoy harta de ver y oír expresiones de los alumnos que evidencian una gran confusión cuando se refieren a la naturaleza de los ácidos y las bases o de otras sustancias. En sus definiciones de ácido o base, además de términos como *sustancia*, *compuesto*, *combinación* o *composición*, es frecuente el empleo de términos erróneos como *aleación*, *mezcla*, *reacción*, *elemento* o *componente*.

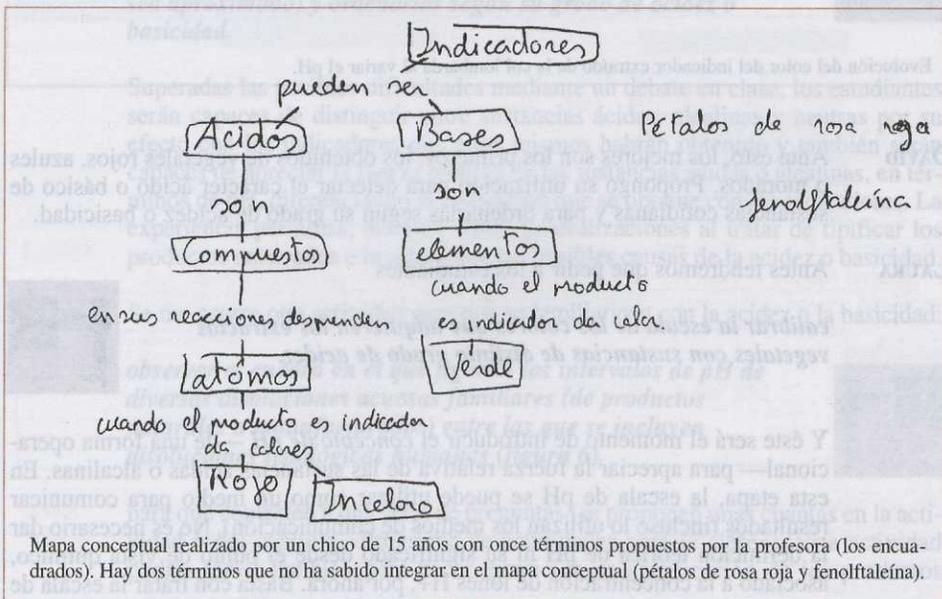
Por otra parte, el *concepto de indicador* no es nada obvio para muchos alumnos. En relación con este concepto, hay una cuestión que os quiero comentar. Una vez planteé en clase la obtención de indicadores vegetales como un trabajo de investigación. Como los vegetales eran muy variados y no todos proporcionaban indicadores, les pregunté:

¿Qué hay que hacer para saber si un extracto vegetal sirve como indicador?



Había estudiantes que, una vez obtenido el extracto vegetal, no sabían qué hacer con él y había que indicarles que era necesario observar su comportamiento utilizando ácidos y bases conocidos. Esta dificultad evidencia que esos estudiantes no tenían interiorizado el concepto de indicador. Los alumnos pueden saber que un indicador presenta colores distintos en medio ácido y en medio básico pero no saber aplicar este conocimiento para decidir qué condición requiere una sustancia para que pueda actuar como indicador. Pero ésta no fue la única dificultad. A la hora de decidir cuáles de los vegetales obtenidos servían como indicadores ácido-base, había estudiantes que no sabían asociar el comportamiento del extracto vegetal en medio ácido y básico con la posibilidad de disponer de un indicador. Otros confundían el instrumento de medida con el objeto a medir; es decir, el propio indicador era el ácido o la base y no el instrumento que servía para determinar la naturaleza ácida o básica de las sustancias. Esta última idea la podéis observar en este mapa conceptual que hizo un alumno. Fijaros, además, qué otras confusiones tenía. Para este chico (de 15 años), los ácidos son compuestos, las bases elementos. ¿Os acordáis de los comentarios del otro día a propósito de esta idea de base? Bueno, y como véis, tiene más errores conceptuales (figura 4).

FIGURA 4



DAVID Está visto que no podemos descuidar los aspectos conceptuales ni las cuestiones semánticas. Pero, volviendo a las actividades, yo nunca he utilizado este tipo de indicadores vegetales. Me pregunto si, además de servir para identificar ácidos y bases,

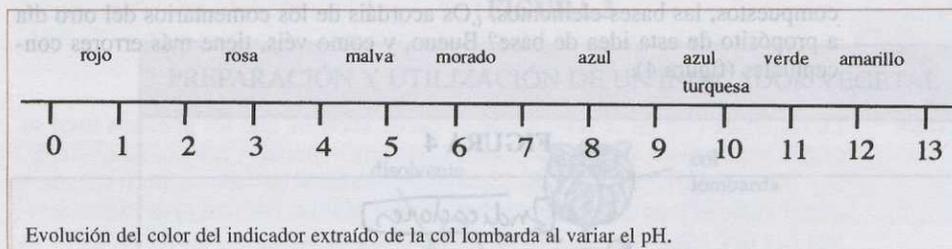
¿se pueden utilizar los indicadores vegetales para diferenciar distintos grados de acidez o de basicidad, o distinguir entre ácidos o bases fuertes y débiles?



Si fuera posible, conseguiríamos un doble objetivo, identificar y diferenciar tipos de ácidos y tipos de bases.

SARA Depende del tipo de vegetales que se utilicen para obtener el extracto. Los vegetales rojos, azules o morados proporcionan indicadores que viran del rojo (en medio ácido) al verde o amarillo (en medio básico) y cambian de color de forma gradual (figura 5); así pues, pueden detectar distintos grados de acidez o basicidad. En cambio, los indicadores obtenidos a partir de otros vegetales, como la piel de limón o los pétalos de rosas o claveles blancos o amarillos, sólo sirven para detectar ácidos o bases (viran del incoloro en medio ácido, al amarillo en medio básico) pero no se pueden utilizar para detectar distintos grados de acidez porque no se observan en ellos cambios graduales de color.

FIGURA 5



DAVID Ante esto, los mejores son los primeros, los obtenidos de vegetales rojos, azules o morados. Propongo su utilización para detectar el carácter ácido o básico de sustancias cotidianas y para ordenarlas según su grado de acidez o basicidad.

LAURA Antes tendremos que pedir a los estudiantes

calibrar la escala de los colores que adquieren los extractos vegetales con sustancias de distinto grado de acidez.



Y éste será el momento de introducir el *concepto de pH* —de una forma operacional— para apreciar la fuerza relativa de las sustancias ácidas o alcalinas. En esta etapa, la escala de pH se puede utilizar como un medio para comunicar resultados (incluso lo utilizan los medios de comunicación). No es necesario dar la definición teórica de pH ni su significado desde el punto de vista químico, asociado a la concentración de iones H^+ , por ahora. Basta con tratar la escala de

pH como si fuera una escala de cualquier otra magnitud, por ejemplo, una escala de temperatura o de longitud. La misma experiencia del alumno le permitirá asociar un pH bajo con un elevado grado de acidez y un pH, alto con un elevado grado de basicidad. Digo que es el momento de introducir el concepto de pH porque tendremos que utilizar el pH para diferenciar las sustancias según su grado de acidez o basicidad y, a su vez, asociar el color de los indicadores con el pH que lo determina; sólo así los indicadores serán operativos.

SARA Dices que hay que introducir el concepto de pH, pero fijaos que también estamos hablando de *grado de acidez* o *grado de basicidad* y hasta de *fuerza* de los ácidos y bases. Algo tendremos que pensar para aclarar y diferenciar estas ideas, ¿no os parece?

DAVID Tienes toda la razón, Sara. Pero pienso que, en esta fase de la unidad, el grado de acidez o de basicidad y la fuerza de los ácidos o de las bases deben ser tratados también a nivel operativo. Todos los estudiantes saben distinguir que unas sustancias son «más ácidas» o «más fuertes» que otras y que sus efectos son tanto más importantes cuanto mayor sea su *grado de acidez* o su *fuerza*. Esta idea intuitiva es la que asociaría a estos conceptos y el pH lo explicaría como el valor que nos indica el grado de acidez (o basicidad) o la fuerza del ácido (o de la base), por el momento. Más adelante, cuando expliquemos el comportamiento de los ácidos y bases con el modelo de Arrhenius, podremos clarificar esos conceptos.

SARA Estoy totalmente de acuerdo. Así es que volvamos a la cuestión de los indicadores. Recordad que ya los tenemos listos para identificar y diferenciar. Ahora se trataría de

utilizar indicadores vegetales para averiguar el carácter ácido o alcalino de productos caseros (bebidas, zumos de frutas, productos de limpieza, etc.), para adjudicarles un pH (aunque sea aproximado) y ordenarlos según su grado de acidez o basicidad.



Superadas las posibles dificultades mediante un debate en clase, los estudiantes serán capaces de distinguir entre sustancias ácidas, alcalinas y neutras por su efecto con los indicadores que ellos mismos habrán obtenido y también serán capaces de apreciar la fuerza relativa de las sustancias ácidas o alcalinas, en términos de pH, diferenciando la coloración que se obtiene con los indicadores. La experiencia permitirá, además, hacer generalizaciones al tratar de tipificar los productos ensayados e incidir sobre las posibles causas de la acidez o basicidad.

LAURA Se me ocurre otra actividad para que se familiaricen con la acidez o la basicidad:

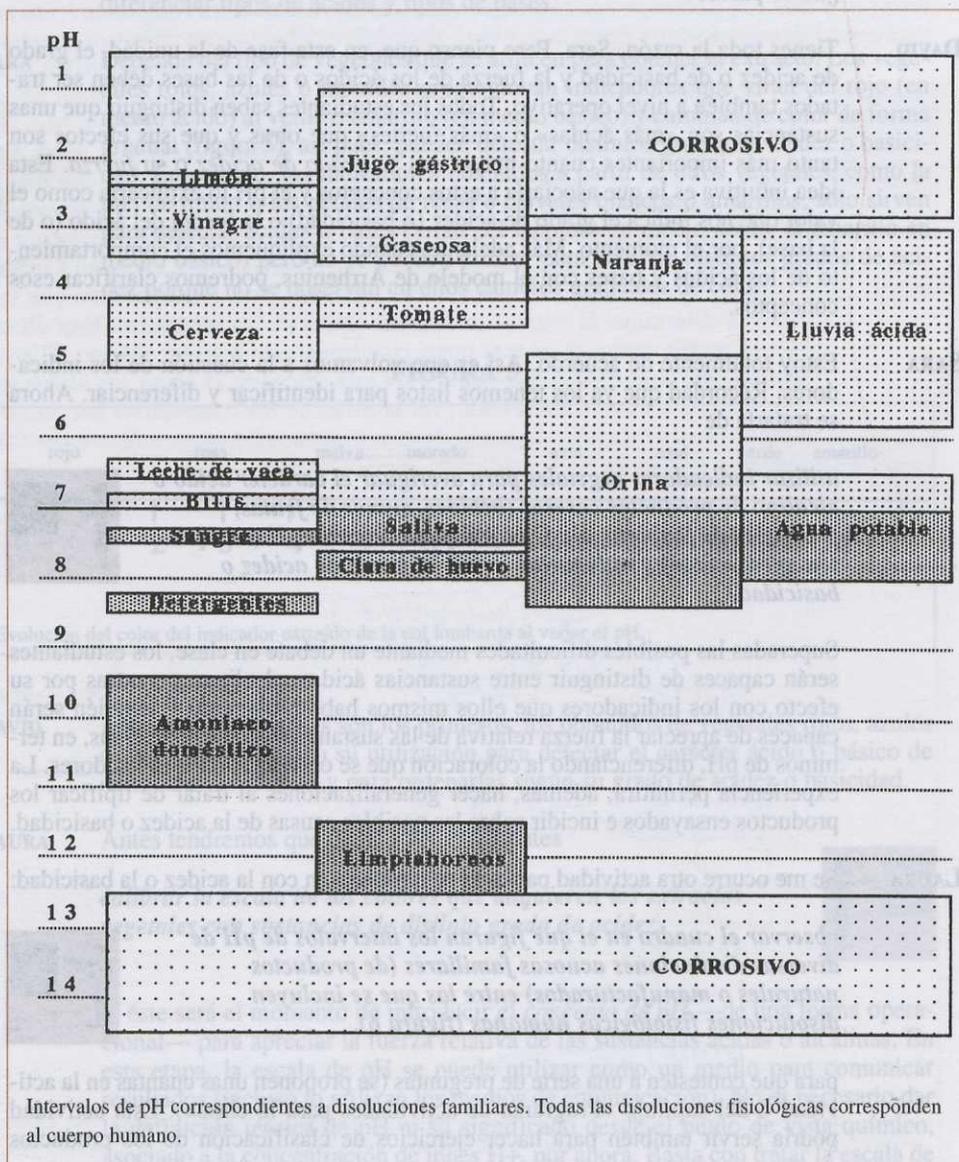
observar el cuadro en el que figuran los intervalos de pH de diversas disoluciones acuosas familiares (de productos naturales o manufacturados) entre las que se incluyen disoluciones fisiológicas humanas (figura 6),



para que contesten a una serie de preguntas (se proponen unas cuantas en la actividad 6 del capítulo «Programa de actividades para la clase»). Esta actividad podría servir también para hacer ejercicios de clasificación de los productos

indicados según varios criterios. Este tipo de tarea nos ayudaría a ver cómo se desenvuelven los alumnos proponiendo criterios de clasificación y conocer los significados que tienen para ellos los nuevos términos que vayan surgiendo como *natural*, *manufacturado*, *origen animal*, *vegetal* o *mineral*, por ejemplo. Además, fijaos que en el cuadro se han representado dos zonas de pH correspondientes a sustancias corrosivas. Podríamos aprovechar esta circunstancia para dar una nueva visión de la *corrosión* (la dependencia entre corrosión y acidez o basicidad, o pH) y para introducir el concepto de *reactividad* de los ácidos y bases.

FIGURA 6



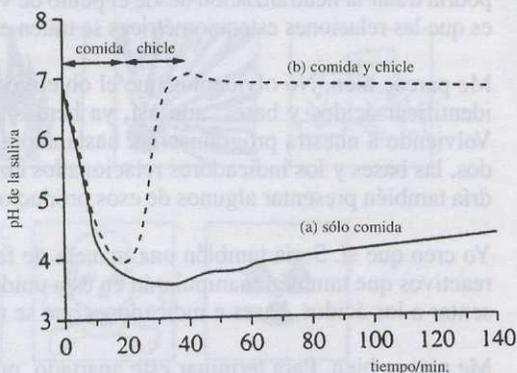
DAVID Tendríamos que aprovechar más el tema de la corrosión. Ya sé que se ha tratado pero más desde el punto de vista del material que se corroe que del agente corrosivo. Recordad que se han nombrado algunos agentes corrosivos ácidos como el nítrico o la lluvia ácida (Unidad IV. 3). Se podría

debatir en clase sobre los fenómenos de corrosión naturales en los que intervienen ácidos y bases.



Algunos de estos fenómenos ya se han tratado en este curso pero merece la pena insistir sobre algunos causados por ácidos, como la caries dental o los originados por la lluvia ácida, y la formación de estalactitas y estalagmitas, entre otros. En relación con la caries, hasta hay marcas de chicles que anuncian con gráficos cómo, el mascarlos después de las comidas, acelera la recuperación del pH de la saliva (próximo a 7). Y hablando de la caries, nuevamente tenemos el azúcar en juego. Los niños y niñas saben que la ingestión de dulces está relacionada con la caries; los dentistas continuamente lo están advirtiendo. Habrá que dejar claro que son los ácidos los causantes de la caries, ácidos formados por la acción de las bacterias de la placa dental sobre los alimentos.

FIGURA 7



Variación del pH de la boca desde que se inicia una comida. Efecto del chicle sobre el pH de la saliva.

LAURA ¿Estáis viendo con qué facilidad derivamos hacia los ácidos y nos olvidamos de las bases? Creo que es inevitable, hay que reconocer que el medio natural nos ofrece más oportunidades para pensar en los ácidos que en las bases. No estaría de más

hacer una recopilación de situaciones naturales en las que intervienen ácidos y bases.



SARA Pero no podemos renunciar a tratar los fenómenos naturales aunque en ellos intervengan, aparentemente, más ácidos que bases; es importante conocerlos y comprenderlos. A propósito de observar ácidos y bases cotidianos, lo más probable es que los estudiantes experimenten en casa con sólidos y líquidos pero

no con gases. ¡También nos olvidamos con frecuencia de los gases! Si nosotros nos olvidamos de ellos, ¿cómo podemos pretender que los alumnos tengan en cuenta a los gases? Para observar el comportamiento de un gas con los indicadores, podemos proponer una actividad que resulta bastante espectacular:

Soplar sobre una disolución diluida de amoníaco doméstico para comprobar el carácter ácido del dióxido de carbono (en disolución acuosa) procedente de la respiración.



Esta actividad puede servir para analizar diversos aspectos. A lo largo del curso ya se ha visto cómo detectar la presencia del dióxido de carbono procedente de la respiración aprovechando que forma ácido carbónico cuando se disuelve en agua y que este ácido reacciona con hidróxido de calcio en agua (agua de cal) formando una sal insoluble de color blanco, el carbonato de calcio (ver Unidad IV.3). Con esta nueva actividad se puede insistir en el carácter ácido de las disoluciones acuosas del gas procedente de la respiración y derivar hacia la causa de la acidez de las bebidas carbónicas. Además, se puede abordar la interacción entre un ácido y una base como una *reacción de neutralización*, reacción que en esta situación también origina una sal (el carbonato amónico) que, en este caso, es soluble. Un debate adecuado puede conducir a ver la necesidad del uso de indicadores para detectar cuándo finaliza la neutralización, en este caso y en otros similares. También se podría tratar la neutralización desde el punto de vista cuantitativo, pero mi opinión es que las relaciones estequiométricas se traten en otra oportunidad.

DAVID Me parece bien. No olvidemos que el objetivo primordial de esta fase es saber identificar ácidos y bases; aun así, ya hemos adelantado otras características. Volviendo a nuestra programación, hasta ahora nos hemos centrado en los ácidos, las bases y los indicadores relacionados con la vida cotidiana, ¿no convendría también presentar algunos de esos productos frecuentes en los laboratorios?

LAURA Yo creo que sí. Sería también una manera de familiarizar a los estudiantes con reactivos que también manipularán en esta unidad. Si os parece, podríamos presentar a los ácidos, bases e indicadores que se utilizan más en el laboratorio.

SARA Me parece bien. Para terminar este apartado, propongo

observar la coloración que adquieren algunos indicadores de laboratorio con los ácidos y bases de laboratorio más habituales.

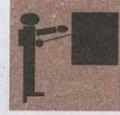


Y propondría trabajar con cuatro indicadores (por ejemplo, fenolftaleína, tornasol, naranja de metilo y azul de bromotimol o rojo de metilo), dos ácidos (por ejemplo, clorhídrico y nítrico) y dos bases (por ejemplo, los hidróxidos de sodio y de calcio). La tarea supondrá la manipulación de un gran número de tubos de ensayo prácticamente idénticos en cuanto a su contenido; será una buena ocasión para recalcar la importancia de un trabajo sistemático adoptando las medidas necesarias para no confundir los tubos de ensayo y saber en cualquier momento qué tienen delante los alumnos.

A propósito de la fenolftaleína quiero comentaros una curiosidad, ¿sabíais que es un laxante? Este indicador ácido-base es el ingrediente activo de numerosos

laxantes estimulantes como el «Laxen Busto», «Damalax», «Bescansa», «Laxo Vian» o «Ex-Lax». Podríamos proponer a los alumnos

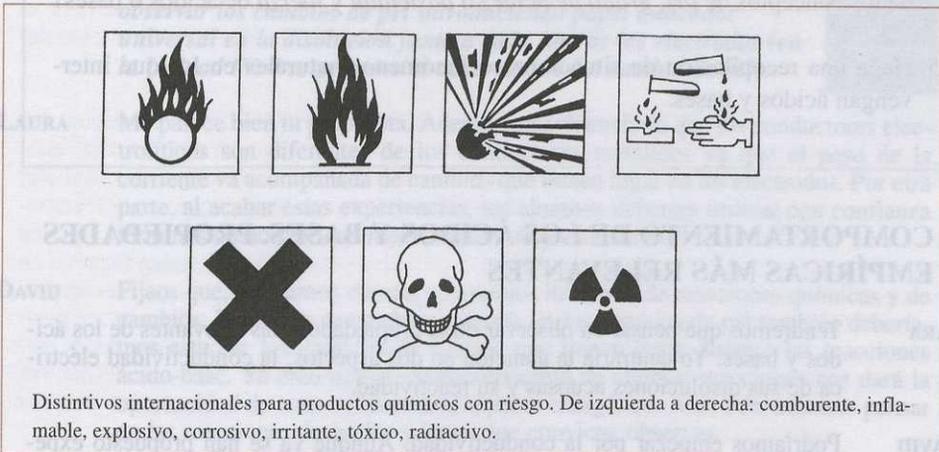
comprobar la presencia de la fenoltaleína en algunos de los laxantes comerciales.



DAVID No tenía ni idea. Me parece bien esa actividad; además, no será difícil conseguir que ellos mismos propongan el procedimiento para observar su presencia. Pero, volviendo a la primera parte de tu propuesta, veo que no has mencionado el papel indicador universal. Me parece importante utilizarlo por dos razones; primero, porque es el más parecido a los indicadores vegetales que han obtenido por su presentación sobre papel; segundo, porque es el que permite detectar distintos grados de acidez o de basicidad. En cuanto a las disoluciones que deben manipular, sería extremadamente prudente; las deberíamos preparar nosotros.

LAURA Supongo que los tres estamos de acuerdo. Además, veo un momento oportuno para hacer advertencias sobre los riesgos que se corren al manipular productos químicos y para presentar los símbolos internacionales que advierten de algunos de esos riesgos. Y, por supuesto, insistiría en que no se debe probar ningún reactivo.

FIGURA 8



SARA Por último, yo no pasaría al siguiente apartado sin proponer

hacer una síntesis de los aspectos que se han presentado en este apartado y escribir algunas frases en las que se generalice acerca del comportamiento de los ácidos y bases presentado hasta ahora.



Para hacer la síntesis, se podrían proponer diversas técnicas; por ejemplo, cuadros o mapas conceptuales. Respecto a los aspectos generales que caracterizan a ácidos y bases, no deberíamos darlos por concluidos si no figuran en las respuestas de los chicos y chicas expresiones relativas al comportamiento con los indicadores, al pH y su reactividad, centrada fundamentalmente en la neutralización.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 4

1. ¿Qué le parece iniciar el tema ácido-base recurriendo al sentido del gusto para observar el cambio de acidez que experimentan los caramelos ácidos con el bicarbonato? ¿Puede potenciar en el alumnado una predisposición a «probar» reactivos químicos?
2. ¿Qué opina sobre la utilización de azúcar, en la prueba gustativa, como «posible corrector» de la acidez?
3. ¿Cuándo y cómo se integra el tratamiento de los conceptos *sustancia pura*, *mezcla* y *disolución* en la propuesta presentada?
4. ¿Cuál ha sido la propuesta que se ha hecho en este apartado para el tratamiento de los conceptos de *pH*, *grado de acidez* o *basicidad* y *fuerza* de ácidos o bases?
5. Haga una recopilación de situaciones o fenómenos naturales en los que intervinieran ácidos y bases.

4. COMPORTAMIENTO DE LOS ÁCIDOS Y BASES. PROPIEDADES EMPÍRICAS MÁS RELEVANTES

SARA Tendremos que pensar en observar otras propiedades más relevantes de los ácidos y bases. Yo centraría la atención en dos aspectos: la conductividad eléctrica de sus disoluciones acuosas y su reactividad.

DAVID Podríamos empezar por la conductividad. Aunque ya se han propuesto experiencias para diferenciar entre conductores y aislantes (Unidad IV. 4), no se ha puesto énfasis en que los ácidos y las bases en disolución acuosa conducen la electricidad. El alumnado podría

comprobar la conductividad eléctrica de disoluciones acuosas de ácidos y bases.



LAURA Con esta experiencia ha de quedar muy claro que la causa de la conductividad está en los ácidos y bases disueltos en agua y no en el agua en sí. La experiencia para comprobar que el agua destilada no conduce la corriente eléctrica no es necesario repetirla, los alumnos ya lo habrán observado en la Unidad IV. 4. ¿Nos preguntarán los estudiantes por qué conducen los ácidos y bases?

SARA Con frecuencia lo hacen y, si lo hacen, se podría dar una explicación desde el punto de vista atómico-molecular. Pero, en esta fase del tema, yo me limitaría a tratar ácidos y bases desde el punto de vista fenomenológico. Más adelante, cuando introduzcamos el modelo de Arrhenius, será el momento oportuno para justificar sus propiedades. No obstante, sí considero oportuno introducir ahora que las sustancias que conducen la corriente eléctrica, cuando están disueltas en agua, se llaman *electrólitos*. Y añadiría algo más, también convendría

observar que los ácidos y bases no conducen la corriente eléctrica cuando están en estado sólido.



Así, los alumnos verían que al añadir agua se produce un cambio de comportamiento y que el agua, aunque no sea conductora, desempeña un papel activo y no pasivo en el sistema químico sometido a un campo eléctrico. Además, el hecho de producirse nuevas sustancias en los electrodos (*electrólisis*) podría dar pie a la observación de cambios químicos adicionales. En general, en disolución acuosa, la reacción catódica implica la producción de hidrógeno o de un elemento metálico, y la reacción anódica, la liberación de oxígeno o de otro elemento no metálico. En las disoluciones acuosas, la liberación de hidrógeno siempre va acompañada de un aumento de pH y la de oxígeno, de una disminución de pH. Se pueden

observar los cambios de pH introduciendo papel indicador universal en la disolución junto a cada uno de los electrodos (en la Unidad IV. 4 se propone la observación del cambio de pH).



LAURA Me parece bien tu propuesta. Además, se evidenciaría que los conductores electrolíticos son diferentes de los conductores metálicos ya que el paso de la corriente va acompañada de cambios que tienen lugar en los electrodos. Por otra parte, al acabar estas experiencias, los alumnos deberían utilizar con confianza términos como *cátodo*, *ánodo*, *electrodo* y *electrólito*.

DAVID Fijaos que, sin darnos cuenta, ya estamos hablando de reacciones químicas y de cambios. Hablando de cambios, además de los cambios de pH también deberíamos estudiar los cambios de energía que tienen lugar durante las reacciones ácido-base. Yo creo que el estudio concreto de algunas reacciones nos dará la oportunidad de tener en cuenta el aspecto energético. Ahora deberíamos pensar en las reacciones de ácidos y bases que conviene observar.

LAURA Podríamos centrarnos en las reacciones con los metales y con los carbonatos y en las de neutralización, ya que son las más significativas. Algunas de ellas tienen una gran proyección industrial y las tendremos en cuenta cuando hablemos de las aplicaciones de los ácidos y bases (por ejemplo, la obtención de sales). El estudio de cualquiera de estas reacciones sería una buena ocasión para profundizar sobre los cambios químicos implicados y, en particular, el estudio de la neutralización nos permitiría abordar los cambios energéticos a los que se refiere David; es más, una neutralización llevada a cabo de forma progresiva nos puede proporcionar información sobre cómo evoluciona la temperatura del sistema químico, su pH y su conductividad eléctrica.

DAVID ¿Qué os parece si empezamos con una actividad para dar respuesta a esta pregunta?:

¿Qué sucede cuando los metales se introducen en los ácidos?



LAURA Me parece bien pero siempre que hagamos, además, la pregunta paralela:

¿Qué sucede cuando los metales se introducen en las bases?



SARA Por supuesto. La actividad podría consistir en introducir trozos de metal (por ejemplo, magnesio, cinc, aluminio, hierro, cobre y plomo) en disoluciones acuosas de dos ácidos (clorhídrico y sulfúrico, por ejemplo) y dos álcalis (los hidróxidos de sodio y de calcio, por ejemplo). El objetivo de la experiencia sería doble; por una parte, observar si hay o no reacción y, en el caso de que haya, describir los cambios químicos observados y comparar las velocidades a que se forman las burbujas; por otra parte, habría que analizar los resultados y sacar conclusiones. Para facilitar este análisis, habría que decir a los alumnos que conviene anotar sus observaciones en forma de tablas.

DAVID Una observación: si utilizamos el término álcali en la clase, convendría aclarar, para no confundir al alumnado, que llamamos álcalis a las bases que son solubles en agua. Estoy aprendiendo a ser consciente de la importancia que tiene el lenguaje; el rigor con que se utiliza es un factor decisivo en la adquisición del conocimiento.

LAURA Muy oportuna tu observación; aquí va la mía. Está bien utilizar, al menos, dos ácidos y dos bases. Así, el análisis será más rico y se podrá comparar la resistencia de los metales al ataque cuando todos están en el mismo medio, apreciar la incidencia que tiene sobre ellos el cambio de medio y comparar la reactividad de los ácidos y bases experimentados. La experiencia podría servir también para ordenar los metales según su reactividad pero, influyen tantos factores en la reactividad aparente de un elemento, que el tema debería presentarse con precaución. Los alumnos deberían comprender que, en términos generales, es posible colocar los elementos en un orden de reactividad y que es posible hacer predicciones acerca de la probabilidad de que se produzcan reacciones. Una vez más tendrían la oportunidad de plantear hipótesis y comprobarlas después mediante experimentos.

DAVID ¡Qué barbaridad! Este estudio podría ser interminable. Me parece más positivo centrar toda la atención en la acción de los ácidos y bases —que al fin y al cabo es nuestro tema— y no derivar hacia derroteros de éxito difícil de predecir. Volviendo a nuestro hilo conductor, también tenemos que concretar si vamos a pedir a los alumnos que formalicen, mediante ecuaciones, los procesos químicos observados.

¿Hay que escribir siempre las ecuaciones químicas correspondientes a los procesos químicos?



Yo opino que sí y de dos formas: con fórmulas y con nombres. ¡No podemos desperdiciar ninguna ocasión para hacerlo! Así, el alumnado se irá familiarizando con toda la terminología química (la Unidad IV. 3 trata de este aspecto).

LAURA Yo discrepo. Ya sé que gran parte del profesorado piensa que es importante que los alumnos «vayan viendo» cosas aunque no las entiendan y dice que «algo queda». Esta teoría, a mi modo de ver, está en contra de lo que se entiende por aprendizaje significativo; sólo lo que tiene significado para un estudiante se integra en su estructura conceptual. En consecuencia, yo no creo en la expresión «algo queda», más bien ese «algo» se adquiere cuando tiene sentido para él o ella. Volviendo a la cuestión de las ecuaciones, algunas de ellas tienen fórmulas demasiado complicadas y en absoluto es importante que los alumnos sepan exactamente cuáles son los productos de la reacción en esas situaciones. Es más, recuerda que estamos en la fase de observación de fenómenos y que ni siquiera hemos hablado de la composición de los ácidos y las bases. ¡No hagas la química más difícil de lo que es!

SARA En parte, estoy de acuerdo con los dos. Os propongo empezar a escribir ecuaciones después de introducir el modelo de Arrhenius; no nos faltarán ocasiones cuando tratemos de explicar las propiedades y las aplicaciones de ácidos y bases. Ahora, más vale centrar el interés, como dice Laura, en observaciones fenomenológicas.

DAVID De acuerdo, pero que conste que, entonces, no dejaré pasar ni una ecuación por alto. ¿Pasamos a otro tipo de reacción? La reacción de los ácidos con los carbonatos es muy característica y tiene gran utilidad en la vida cotidiana y en el ámbito de la geología, como reacción de reconocimiento rápido de las rocas calcáreas por lo visual que es (se desprende dióxido de carbono). Los alumnos podrían

observar la acción de algunos ácidos sobre los carbonatos.



La observación se podría realizar tanto en el laboratorio como en casa. Si se optara por hacerla en casa, podrían tratar el bicarbonato sódico, mármol o cualquier otro material de la construcción que contenga carbonato de calcio con vinagre, limón o, incluso, sulfumán. La experiencia casera podría dar mucho de sí ya que permitiría observar, además del proceso, diferencias en el comportamiento de los ácidos, detectar qué materiales de la construcción ensayados son calcáreos y cuáles no lo son y, por último, comentar los trastornos que puede ocasionar una manipulación imprudente de «esos ácidos caseros».

LAURA Yo soy más partidaria de tu propuesta casera. Pienso que no debemos desaprovechar circunstancias cotidianas para abordar el estudio de la química. Me molesta mucho desligar el estudio de la física y de la química del contexto vivencial, tanto en lo concerniente a la explicación de fenómenos como a las aplicaciones.

SARA Yo opino lo mismo. Y esa misma experiencia podría enlazar con el estudio de la neutralización y con los cambios que se producen cuando ácidos y bases reaccionan entre sí (cambios químicos, de pH, de temperatura y de conductividad). Por ejemplo, se podría

neutralizar la acidez del vinagre con cal apagada (hidróxido de calcio) o piedra caliza (carbonato de calcio).



En este experimento, los alumnos podrían utilizar papel indicador universal y un termómetro para seguir los cambios de pH y de temperatura que se producen cuando se añaden al vinagre porciones de cal apagada o caliza pulverizadas.

DAVID Ya veo a dónde quieres ir a parar. Así, los estudiantes podrían hacer representaciones gráficas del pH y de la temperatura en función de la cantidad de cal añadida. Es más, ni siquiera sería necesario expresar esta cantidad en unidades de masa. Para no hacer tediosa la experiencia se podría utilizar como unidad la cantidad que pueda tomarse con la punta de la espátula.

LAURA En definitiva, una buena manera de introducir las *curvas de valoración*. Tampoco estaría mal abordar el aspecto cuantitativo de la neutralización y

determinar, a partir de las curvas de valoración, la cantidad de cal apagada o caliza necesaria para neutralizar un volumen determinado de vinagre.

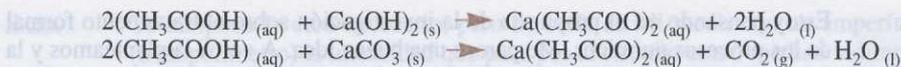


Y si se neutraliza un mismo volumen de vinagre con las dos sustancias por separado (hidróxido de calcio y carbonato de calcio), creo que se podría observar claramente, al comparar las dos curvas de valoración, que las cantidades necesarias de cal apagada y de caliza son distintas y que se necesita más cantidad de carbonato de calcio que de hidróxido de calcio para neutralizar el vinagre¹. Incluso se observarían esas diferencias si no se pesaran las porciones de cal. En este caso, se estarían comparando volúmenes de los dos sólidos lo cual equivale a comparar sus masas porque sus densidades son bastante similares (carbonato de calcio: $2,71 \text{ g. cm}^{-3}$; hidróxido de calcio: $2,25 \text{ g. cm}^{-3}$) y las cantidades con las que se experimenta son muy pequeñas. La experiencia nos podría servir para diferenciar dos situaciones bien distintas: medir cantidades como se hace en la vida cotidiana (por ejemplo, expresadas en gramos) y medir cantidades desde el punto de vista químico (expresadas en moles).

SARA No me convence hacer este análisis comparativo de las curvas de valoración. Estas comparaciones pueden inducir ideas erróneas en los alumnos ya que, con seguridad, asociarán el «consumir más base» con su «menor capacidad para neutralizar», cuando el consumir más o menos es consecuencia de la relación molar entre los reactivos. Si no trabajamos este aspecto cuantitativo con el soporte de las ecuaciones químicas y con la información que suministran, no creo que sea oportuno hacer comparaciones.

DAVID Pues a mí sí me gusta la idea de trabajar el aspecto cuantitativo pero comprendo tu preocupación, Sara. Podría ser un buen momento para escribir las ecuaciones de neutralización del ácido acético (vinagre) con el hidróxido de calcio (cal apagada) y con el carbonato de calcio (caliza). Por supuesto, sin pretender que los alumnos sepan formular todos los componentes que integran la ecuación química.

¹ Al ser relación molar entre el ácido acético y cada una de las bases la misma, por cada mol de ácido reacciona un mol de base. No obstante, al ser la masa molecular del carbonato de calcio (100 g./mol) mayor que la del hidróxido de calcio (74 g./mol), una misma cantidad de ácido requiere mayor cantidad (en gramos) de carbonato que de hidróxido.



Las ecuaciones químicas se pueden utilizar para hacer entender por qué, para neutralizar la misma cantidad de ácido acético, se necesita más cantidad de carbonato de calcio que de hidróxido de calcio (masa molecular del carbonato mayor que la del hidróxido). Al mismo tiempo, si analizamos las reacciones a nivel atómico-molecular, las ecuaciones pueden servir para hacer reflexionar sobre la relación entre el número y el tipo de partículas que intervienen en el proceso. Y, por último, si insistimos en añadir los subíndices para expresar el estado de agregación de las sustancias, las ideas de *sustancia pura*, *mezcla* o *disolución* irán adquiriendo significado para el alumnado.

LAURA Debo reconocer que tú, Sara, tienes razón en este caso. Pero, David, además de volver a la carga con las ecuaciones químicas, ¿no sabes lo que dices!, ¿no piensas en las dificultades que tendrás para lograr esos objetivos? Lo malo es que yo no sé qué decir. Si os confieso la verdad, me da miedo tratar el concepto de *mol* y hacer comprender a los chicos y chicas de esta etapa el significado de la *relación molar* y la *relación de masas* entre los reactivos y los productos por la gran cantidad de conceptos implicados de índole atómico-molecular (*partícula*, *átomo*, *molécula*, *ion* y *mol*); ya sabéis lo mucho que les cuesta entenderlos y, mucho más, utilizarlos con soltura cuando se plantean ejercicios numéricos (muchos estudios lo confirman). Por otra parte, también veo la necesidad de enfrentarnos con estas ideas. Para salir de dudas, no estaría mal

plantear una investigación para ver si merece la pena abordar el tratamiento formal de los procesos químicos en un primer nivel del aprendizaje de la química.



Desde luego, yo me resisto a entrar de lleno en un tratamiento formal de los procesos químicos por las dificultades que supone para los estudiantes de este nivel, aunque no quiero que interpretéis que me opongo a la utilización de las ecuaciones químicas; simplemente pienso que las tenemos que utilizar selectivamente y con cautela. No contribuyamos a que los estudiantes creen que la química es «la ciencia que estudia las fórmulas», como creen muchos. Por ejemplo, plantearía las ecuaciones (siempre que contengan fórmulas sencillas) para centrar la atención en los reactivos y en los productos que participan en un proceso químico. Por cierto, hasta ahora sólo hemos hablado de los ácidos y bases que reaccionan; también hemos de llamar la atención sobre los productos de reacción que se obtienen. Este es un buen momento para hablar de las sales y resaltar su importancia como grupo de sustancias. No estaría mal

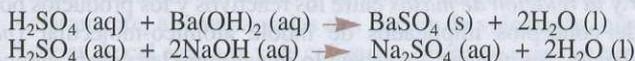
obtener «sal» neutralizando ácido clorhídrico con una disolución de hidróxido de sodio y evaporando a sequedad la disolución resultante,



con el único objetivo de obtener la sal que utilizamos cada día. Ni siquiera me molestaría en medir con precisión las cantidades de los reactivos; aunque quede un ligero exceso de ácido clorhídrico, se puede eliminar al evaporar a sequedad. Lo importante es que vean los alumnos que se forman cristales y que son de cloruro de sodio. Como mucho, les pediría escribir la ecuación de neutralización porque es muy simple.

SARA Estoy pensando en tu propuesta de la investigación sobre el tratamiento formal de los procesos químicos. Me parece una buena idea. A ver si la planteamos y la llevamos a cabo. Podríamos hacerla este mismo curso. Por lo demás, me adhiero a lo que has dicho. Pero ahora, pasemos a la última parte del estudio de las propiedades de ácidos y bases. Nos queda por tratar el cambio de conductividad que se produce cuando ácidos y bases reaccionan entre sí. A ver si escogemos los reactivos adecuados para que los cambios de conductividad sean ostensibles.

DAVID Sería bueno recurrir a una reacción de neutralización en la que se produzca un precipitado (una sal insoluble); por ejemplo, la reacción entre el ácido sulfúrico y el hidróxido de bario. En este tipo de reacciones, el número de iones (causantes de la conductividad eléctrica) disminuye drásticamente al pasar de los reactivos a los productos de reacción (los iones que forman la sal insoluble ocupan posiciones fijas en su red cristalina). En cambio, en el caso de neutralizaciones en las que se forman sales solubles (por ejemplo, la reacción entre el ácido sulfúrico y el hidróxido de sodio), los cambios de conductividad son menos acusados porque estas sales están totalmente ionizadas en disolución acuosa y, en consecuencia, sus iones están libres.



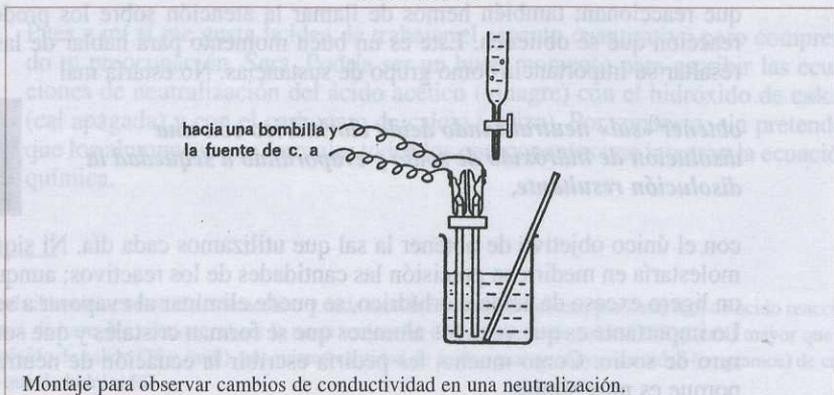
LAURA Me parece bien utilizar este proceso. Desde luego, la experiencia ha de permitir que los alumnos se percaten de que la conductividad disminuye cuando se neutraliza un ácido o una base (los iones hidrógeno y los iones hidróxido forman agua no disociada) y, cuanto mayor sea el descenso de la conductividad eléctrica, más fácil será su observación. Los estudiantes podrían

observar los efectos que tiene la neutralización entre el ácido sulfúrico y el hidróxido de bario sobre la conductividad eléctrica



de forma cualitativa viendo, por ejemplo, que se apaga una bombilla intercalada en un circuito, del que la disolución a neutralizar también forma parte, y vuelve a lucir cuando la neutralización ha concluido y la disolución contiene un exceso de la sustancia neutralizante. No veo la necesidad de hacer medidas de conductividad ni justificar los hechos, de momento.

FIGURA 9



Montaje para observar cambios de conductividad en una neutralización.

SARA Yo tampoco lo creo necesario, pero no sería difícil medir con un amperímetro (o un polímetro) la intensidad que pasa por el circuito como medida indirecta de la conductividad. Si se midiera, los chicos y chicas podrían representar la intensidad en función del volumen de la disolución neutralizante y sacar conclusiones respecto a los cambios de conductividad eléctrica. Yo propondría, en este caso, neutralizar la base (el hidróxido de bario) con el ácido sulfúrico. Recordad que las dos neutralizaciones anteriores están planteadas al revés, es una base la que neutraliza a un ácido. De este modo, podemos (y debemos) evitar que los estudiantes adquieran ideas erróneas respecto a la capacidad de un ácido o una base para neutralizar (hay estudiantes que opinan que sólo las bases son capaces de neutralizar).



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 5

1. ¿Qué propiedades de los ácidos y bases se proponen en este apartado para presentar a los alumnos?
2. ¿Qué características de los ácidos y bases evidencian que el agua desempeña un papel activo en relación con el comportamiento ácido-base?
3. ¿Qué opiniones se han dado acerca de la utilización de las ecuaciones químicas en la clase?
4. Entre los profesores de esta unidad hay discrepancias en relación con el tratamiento cuantitativo de la neutralización haciendo uso de la *relación molar*. Señale qué puntos a favor y en contra se han señalado para introducir este tipo de tratamiento en un nivel de química elemental frente a un tratamiento fenomenológico.

5. EL MODELO DE ARRHENIUS PARA EXPLICAR LAS PROPIEDADES ÁCIDO-BASE. CLARIFICACIÓN DE CONCEPTOS

SARA Hasta ahora, hemos propuesto la observación de fenómenos que permiten definir a los ácidos y bases desde el punto de vista experimental. Pero la química trata de explicar las propiedades en términos que implican a los átomos, moléculas y iones. Ha llegado, pues, el momento de definir ácidos y bases a nivel atómico-molecular. Recordad que ya habíamos decidido utilizar exclusivamente el modelo de Arrhenius en esta etapa, modelo válido solamente para ácidos y bases en disolución acuosa. Es decir, presentaremos un *ácido* como una sustancia que *produce iones hidrógeno (H^+)* y una *base* como una sustancia que *produce iones hidróxido (OH^-)*, como resultado de su *disociación iónica en agua*.

LAURA En realidad no se trata sólo de “definir” sino de explicar, de buscar, a nivel atómico-molecular, la razón del comportamiento de los ácidos y de las bases. Con

otras palabras: se trata de ayudar a los estudiantes a ver qué tienen en común los ácidos y qué las bases.

DAVID Estoy de acuerdo: no debemos ser dogmáticos a la hora de introducir el modelo de Arrhenius. Esto es de suma importancia en el caso de los ácidos y bases, y más, si tenemos en cuenta que disponemos de otros modelos más generales, con mayor capacidad explicativa, a los que habrá que recurrir en cursos superiores.

Deberíamos subrayar constantemente que un modelo debe considerarse como «provisional» en cualquier explicación y hacer partícipe de ello al alumnado.

Los alumnos deben darse cuenta, desde el comienzo, de que sus especulaciones (¡y las de los científicos!) son usualmente sólo tentativas y que deben estar preparados para cambiar.

LAURA Totalmente de acuerdo. Pero volviendo a nuestro modelo, ¿qué conceptos están implicados en las definiciones de Arrhenius? No podemos ignorarlos si queremos garantizar el éxito en su comprensión y aplicabilidad. Para empezar, quiero destacar el aspecto relacionado con la expresión *producir iones*.

Pienso que los estudiantes de esta etapa no deben estar muy familiarizados con los iones y, mucho menos, con la disociación iónica. Para garantizar la comprensión del concepto de disociación iónica, no estaría mal proponer alguna actividad previa para consolidar la idea de ion (ver Unidad IV.4).

SARA Pienso que podríamos asociar el concepto de *ion* con la *composición química* de los ácidos y bases. En primer lugar, propondría a los alumnos

escribir las fórmulas de sustancias cuyas disoluciones acuosas sean «ácidas» y de otras cuyas disoluciones sean «básicas».



Fijaos que en esta ocasión no digo «las fórmulas de ácidos y bases» intencionalmente para que no se limiten a escribir, como ácidos, exclusivamente las fórmulas de las sustancias encabezadas por la palabra *ácido*. Doy por supuesto que recurrirán, sobre todo, a sustancias con las que han experimentado; por ejemplo, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico, cloruro de aluminio, dióxido de carbono, etc. (entre las «ácidas») y carbonato de sodio, hidrógenocarbonato de sodio, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, etc. (entre las «básicas»). Así, podrán observar que el hidrógeno (H) figura en la composición de todas las sustancias que se encabezan con la palabra *ácido* y que el grupo hidróxido (OH) sólo figura en las sustancias llamadas hidróxidos; por lo tanto, no sería difícil pasar de las fórmulas de estos compuestos a las de los iones que producen cuando se disuelven en agua, entre ellos, el ion hidrógeno (H⁺) y el ion hidróxido (OH⁻). La formación de estos iones no será obvia en el caso de los «ácidos» que no contienen hidrógeno, como el cloruro de aluminio (AlCl₃), ni en el de las bases que no contienen grupos hidróxido, como el carbonato de sodio (Na₂CO₃); en estos casos, tendremos que decir que los iones hidrógeno o hidróxido se forman, al disolverse, a causa de su reacción con el agua pero sin entrar en detalles, de momento, para no implicar a dos nuevos conceptos, el de *ácido débil* y el de *base débil*. Me limitaría a proponer

escribir las ecuaciones de disociación de algunos ácidos y de algunos hidróxidos (como ejemplos de bases).



DAVID ¡Por fin hay una propuesta de utilizar fórmulas sin mi intervención! Pienso que es una buena ocasión para insistir en el concepto de ion como un tipo de partícula con carga eléctrica neta, formada a partir de átomos o moléculas que pierden o ganan electrones, y para aprender a igualar ecuaciones en las que intervienen cargas eléctricas. Tampoco estaría mal

diferenciar y nombrar los aniones (carga negativa) y cationes (carga positiva) que figuran en las ecuaciones de disociación formuladas.



Esto nos será de gran utilidad al tratar de explicar la conductividad eléctrica de las disoluciones ácidas y básicas.

LAURA Me parece importante diferenciar aniones y cationes pero me temo que los estudiantes tendrán serias dificultades a la hora de escribir este tipo de ecuaciones químicas, sobre todo, si no intervienen los ácidos propiamente dichos o los hidróxidos. Fijaos que han de tener en cuenta simultáneamente tres aspectos: la *composición de los iones*, su *carga eléctrica* y la *igualación* de cada ecuación iónica a dos niveles: a nivel de carga eléctrica (muchas veces se olvidan de escribir la carga) y a nivel de composición; con frecuencia, los alumnos no asocian correctamente los subíndices a los elementos o colocan los coeficientes en la posición destinada a los subíndices, desvirtuando así las fórmulas y, por lo tanto, la composición. A estas edades es muy difícil conjugar todos estos aspectos porque ni escribir fórmulas, ni igualar ecuaciones son tareas automatizadas.

SARA

Mirad, tenemos que hacer lo posible por iniciar a los alumnos en estas tareas. Ya los corregiremos tantas veces como sea necesario tratando de explicar las consecuencias de sus errores, sobre todo, desde el punto de vista conceptual. Tendremos que hacerles entender, por ejemplo, que no es lo mismo escribir « SO_4^{2-} » que « SO_4 » o « 2CO » que « CO_2 ».

LAURA

Creo que debemos sacar más partido a las actividades relacionadas con la composición de los ácidos y bases para que los alumnos no queden confundidos, entre otras cosas, porque no han experimentado sólo con ácidos y bases de Arrhenius. Habrá que hacer una distinción clara entre los «ácidos y bases» de Arrhenius y las sustancias cuyas disoluciones son «ácidas o básicas», de las cuales forman parte los ácidos y las bases propiamente dichos. Desde el punto de vista de Arrhenius, los ácidos deben ser compuestos con hidrógeno disociable (sus nombres llevan el término ácido) y las bases, compuestos con grupos hidróxido también disociables (hidróxidos solubles en agua). Las propiedades de clase de todos los ácidos y bases de Arrhenius no son, de hecho, las propiedades del soluto (por ejemplo, HCl , H_2SO_4 , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ etc.) sino más bien las propiedades de las especies iónicas comunes a todas sus disoluciones, es decir, los iones hidrógeno (H^+), en el caso de los ácidos, y los iones hidróxido (OH^-), en el caso de las bases (los hidróxidos según Arrhenius). Así pues, el grupo de los ácidos y bases de Arrhenius puede ampliarse para incluir en él otros tipos de sustancias solubles en agua como los óxidos y las sales, por ser sustancias que también producen iones hidrógeno (H^+) o iones hidróxido (OH^-) cuando se disuelven en agua.

DAVID Dicho de otro modo, las sustancias que presentan los fenómenos de acidez o basicidad forman un grupo mucho más amplio que el formado por los ácidos y bases de Arrhenius. Nuevamente tenemos un problema lingüístico a la vista; no se puede confundir un sustantivo con un adjetivo. No es lo mismo calificar a una sustancia como *ácido* o *base* (según el modelo de Arrhenius) que calificarla como *ácida* o *básica*; una sustancia ácida o básica en disolución acuosa no tiene por qué ser un ácido o una base de Arrhenius pero un ácido o una base de Arrhenius siempre será ácida o básica en disolución.

Otra cosa quiero comentar en relación con este macrogrupo de «ácidos y bases». El mismo Arrhenius consideraba a los ácidos y las bases (los hidróxidos) como un subgrupo de las sales solubles en agua. Arrhenius afirmaba, en 1914, que *«los ácidos y las bases se comportan exactamente como las sales desde el punto de vista estructural. Los ácidos, como sales de hidrógeno y las bases, como sales de hidróxido»* y supongo que afirmaba esto, en parte, por no romper con la larga tradición histórica de pensar que ácidos y bases eran sales. Todos los químicos de la época mantenían la idea de que los ácidos y las bases se integraban en el grupo de las sales y en los libros de texto así lo señalaban hasta bien entrado el siglo XX.

SARA Bueno, creo que este asunto está suficientemente claro y podemos continuar con nuestra programación pero haciendo propuestas más relacionadas con la experimentación, porque la tenemos un poco abandonada. En este sentido aún no hemos acabado con los iones. Ha llegado el momento de adjudicar a los iones la causa de la conductividad eléctrica de las disoluciones ácidas o alcalinas. ¡Ya nos gustaría hacer algún experimento para «ver» iones! Pero lo único que podemos hacer es seguir su trayectoria cuando se mueven en un campo eléctrico gracias al rastro que dejan algunos iones coloreados. Los alumnos podrían

observar cambios debidos al movimiento de iones cuando pasa una corriente eléctrica por una disolución acuosa.



LAURA Si se escogen adecuadamente las sustancias coloreadas (por ejemplo, sulfato de cobre (II), cromato potásico, cromato de cobre (II), o permanganato potásico) la experiencia permitirá asociar a cada tipo de ion un color característico y se podrá deducir que el color de las sustancias es consecuencia del color de los iones que se independizan en disolución. Y una vez más, tendremos la oportunidad de enfrentar a los alumnos con la formulación de los iones, aunque se la demos, y con las ecuaciones de disociación.

DAVID Con la teoría de Arrhenius también podremos justificar por qué se caracteriza una disolución ácida, básica o neutra. Convendría empezar por el agua y asociar su neutralidad con la idéntica proporción de iones hidrógeno y iones hidróxido, aunque en concentración sea escasa. Puesto que todas las disoluciones contienen agua (además de sus iones característicos) no sería difícil hacer comprender que la acidez o basicidad está asociada con el tipo de iones en exceso (H^+ en las disoluciones ácidas, OH^- en las alcalinas).

SARA Esta sería la ocasión para introducir el pH como una medida de la concentración de iones de *hidrógeno* que tiene una disolución. Si queremos hablar de la *molaridad* como forma de expresar la *concentración*, nuevamente tendremos la posibilidad de entrar en el aspecto cuantitativo de la química, aunque no lo veo imprescindible. Se podría hablar al alumnado en términos de «concentración de iones hidrógeno».

DAVID También hemos de calificar el concepto de *fuerza*. Al tratar esta idea tendremos que ser muy cautelosos y diferenciar con claridad entre *concentración* y *fuerza* para evitar que se den las asociaciones «*fuerte–disolución concentrada*» y «*débil–disolución diluida*». Los dos términos tienen un significado muy distinto en química pero a menudo son intercambiables en el lenguaje cotidiano. La concentración es una medida de la cantidad de sustancia que hay por unidad de volumen de disolución. La fuerza está relacionada con el grado de disociación del ácido o de la base; cuanto más disociados están los ácidos o bases más fuertes son. Dos sustancias (ácidas o básicas) pueden tener la misma concentración y, en cambio, tener diferente pH por ser una de ellas más fuerte o débil que la otra. Deberíamos proponer alguna actividad para observar que el pH solo no nos permite distinguir entre ácidos o bases fuertes y débiles; además, es necesario tener en cuenta su concentración.

LAURA Las dos ideas —concentración y fuerza— se tienen que consolidar con ayuda de actividades adecuadas. Por ejemplo, los alumnos podrían hacer una experiencia para

observar la incidencia de la dilución de una disolución ácida o básica en el pH.



Yo propongo que sean los mismos estudiantes los que diluyan sucesivamente una disolución dada de un ácido o una base (clorhídrico o hidróxido de sodio) de modo que cada nueva disolución sea, por ejemplo, diez veces más diluida que la anterior. Ni siquiera es necesario que conozcan la concentración de la disolución original. Su tarea sería preparar una serie de tubos de ensayo con el mismo soluto, medir el pH con papel indicador universal y sacar conclusiones. Incluso podrían representar el pH en función de la concentración. Con esta experiencia, los alumnos acabarían de entender el significado del concepto *concentración* y serían capaces de ver su influencia sobre el pH.

DAVID En la primera parte de esta unidad hemos utilizado con frecuencia los términos «grado de acidez» y «grado de basicidad». No estaría de más reforzar ahora su significado asociándolos simplemente con el pH. De hecho, lo que hacemos al referirnos a la acidez y basicidad es considerar la escala de pH dividida en dos partes y tratar cada una de ellas de forma independiente. Cuanto más bajo es el pH (inferior a 7), más ácida es la disolución o mayor es su grado de acidez; cuanto más alto es el pH (superior a 7), más alcalina (o básica) es la disolución o mayor es su grado de basicidad. Y puesto que el pH depende de la concentración, también podremos decir que el grado de acidez o de basicidad varía con la dilución. En este caso, el grado de acidez o basicidad es tanto mayor cuanto más concentrada es la disolución.

SARA Para trabajar el concepto de *fuerza* y ver cómo influye en el pH yo suelo proponer una experiencia con tres ácidos de distinta fuerza. Si se usa papel indicador universal para medir el pH, utilizar bases conocidas no es práctico porque resulta difícil detectar los cambios de color (la escala del papel indicador termina con el pH = 10). La experiencia consiste en medir el pH de las tres disoluciones ácidas de igual concentración. Conviene elegir un ácido fuerte (clorhídrico) y dos débiles de constantes de disociación bastante diferentes (acético y bórico) para poder apreciar una variación de color en el indicador. Por supuesto, soy partidaria de tratar el concepto de fuerza a nivel intuitivo porque, de ninguna manera,

se puede hablar de equilibrio químico en esta etapa. Aun así, los alumnos que realicen esta experiencia serán capaces de dar respuesta a estas preguntas:

¿Cuál de los tres ácidos investigados es el más fuerte? ¿Cuál es el más débil? ¿Tienen el mismo pH todas las disoluciones de igual concentración si son de distintos ácidos (o bases)? ¿Tienen el mismo pH todas las disoluciones de ácidos (o bases) distintos, si tienen la misma concentración? ¿Tienen la misma concentración todas las disoluciones de ácidos (o bases) distintos, si tienen el mismo pH? ¿De qué depende el pH de una disolución?



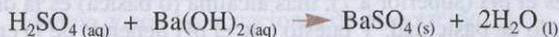
DAVID Si los estudiantes están habituados a relacionar el grado de acidez o basicidad con el pH, supongo que no tendrán dificultad en asociar la fuerza de los ácidos o las bases con el pH de sus disoluciones. Al observar que las disoluciones de igual concentración de distintos ácidos tienen distintos pH, llegarán a la conclusión de que esos ácidos tienen distinta fuerza y adjudicarán una fuerza mayor al ácido cuya disolución tenga el pH más bajo. De igual modo, se podrá generalizar esta idea para las bases, aunque no se experimente con ellas. Para una concentración determinada, cuanto mayor sea el pH, más fuerte será la base. Así pues, tendremos la posibilidad de hablar de la fuerza de un ácido o una base como una propiedad inherente a su naturaleza.

LAURA Nos queda por analizar las reacciones de neutralización desde el punto de vista de Arrhenius. Ya hemos propuesto muchas actividades a lo largo de la unidad en las que intervienen neutralizaciones. No veo necesario, de momento, hacer más; aún tendremos muchas ocasiones de realizar más neutralizaciones cuando hablemos de las aplicaciones de los ácidos y bases. Lo que sí tendremos que hacer es

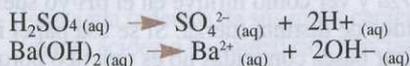
explicar el significado de la neutralización y justificar los cambios que se producen cuando tiene lugar una neutralización (cambios químicos, de pH, de temperatura y de conductividad).



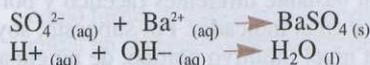
SARA ¿Recordáis la actividad para observar cambios de conductividad en una neutralización? La reacción entre el ácido sulfúrico y el hidróxido de bario me parece muy instructiva como ejemplo para explicar la neutralización y los cambios químicos y de conductividad.



A estas alturas de curso, los alumnos ya sabrán que el ácido sulfúrico y el hidróxido de bario se encuentran ionizados en disolución acuosa, puesto que sus disoluciones acuosas son conductoras.



Habrá que indicarles que en este proceso concreto y en cualquier neutralización se producen dos reacciones entre los iones presentes:



La primera ecuación explica la formación de la sal sólida (en otros casos soluble); en consecuencia, tiene lugar un cambio químico (se forma una nueva sustancia) y un cambio de conductividad (en este caso disminuye porque desaparecen iones de la disolución). La segunda ecuación explica cómo los iones hidróxido procedentes del hidróxido de bario se combinan con los iones hidrógeno procedentes del ácido sulfúrico para formar agua; es decir, explica el proceso de neutralización que tiene lugar siempre que reaccionen un ácido y una base. La segunda reacción, lo mismo que la primera, implica también un cambio químico (se forma agua) y un cambio de conductividad (también contribuye a su disminución). La primera reacción siempre origina una sal que depende del ácido y de la base que reaccionan; por el contrario, la segunda reacción se produce independientemente del ácido y de la base que reaccionan.

DAVID Estoy pensando en una actividad para que los alumnos se familiaricen con las ecuaciones de neutralización tal como las ha planteado Sara, la global (o molecular) y las dos iónicas (formación de la sal y agua). Puesto que ya han escrito las ecuaciones de disociación de algunos ácidos y de algunos hidróxidos (actividad 18), ahora podrían

escribir ecuaciones de neutralización entre los ácidos y los hidróxidos cuyas ecuaciones de disociación ya han escrito.



LAURA ¡No perdamos demasiado tiempo en este tipo de ejercicios! Lo que importa es que los alumnos capten el aspecto conceptual y no se pierdan con formalismos. Ahora nos falta pensar en cómo se justifican los cambios de pH y el aumento de temperatura mientras dura la neutralización.

SARA Cuando llegue el momento de justificar estos cambios, los alumnos ya habrán realizado mediciones de pH y de temperatura al añadir al vinagre sucesivas porciones de cal apagada (hidróxido de calcio). En relación con el pH, creo que los mismos alumnos podrían justificar el aumento de pH de la disolución diciendo que la concentración de iones hidrógeno disminuye a medida que se añaden iones hidróxido porque se forma agua. No obstante, podríamos poner a prueba su comprensión haciéndoles preguntas más generales:

¿Qué le sucede al pH de cualquier disolución ácida cuando se neutraliza con una disolución básica? ¿Qué le sucede al pH de cualquier disolución básica cuando se neutraliza con una disolución ácida? Justifica las respuestas.



DAVID Ahora abordemos los cambios de temperatura. Los estudiantes ya sabrán que todas las reacciones químicas van acompañadas de un desprendimiento o absorción de energía (ver en la Unidad IV. 3 «El papel de la energía en las reacciones químicas»). Si preguntamos a la clase, seguro que a alguien se le ocurrirá decir que «se produce un aumento de temperatura en una neutralización porque el proceso es exotérmico». Lo que no sabrán es que todas las neutralizaciones en agua son esencialmente lo mismo a nivel termodinámico. Cuando se mide la energía desprendida en una neutralización en disolución muy diluida (de modo que los iones no interactúen entre sí), se obtiene el mismo valor (57 kJ/mol) independientemente del ácido y de la base utilizados. Esto sugiere que todas las reacciones de neutralización son de hecho idénticas y que el cambio de energía

es consecuencia de la misma reacción en todos los casos, entre los iones hidrógeno y los iones hidróxido.

LAURA ¡David, no abuses! ¡Sólo nos faltaba hablar de termodinámica en esta etapa! Yo me contentaría con que dijeran que las neutralizaciones son procesos exotérmicos, es decir, en los que se desprende energía.

DAVID Tienes razón. Creo que es más que suficiente.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 6

1. Indique algunas razones contra una introducción dogmática del modelo ácido-base de Arrhenius.
2. Indique qué actividades de las propuestas favorecen la comprensión del concepto de ion.
3. ¿Qué diferencia hay entre los «ácidos y bases» de Arrhenius y las sustancias cuyas disoluciones son «ácidas o básicas»?
4. ¿Qué otras sustancias, además del cromato de cobre (II), convendría utilizar para favorecer la comprensión de que a cada ion le corresponde un color característico?
5. ¿Por qué es importante hacer la distinción entre fuerza y concentración?
6. Explique el significado de la neutralización y justifique los cambios que se producen cuando tiene lugar una neutralización (cambios químicos, de pH, de temperatura y de conductividad).

6. APLICACIONES DE LOS ÁCIDOS Y LAS BASES

LAURA Bueno, iniciamos el último apartado de la unidad. A ver si conseguimos acabar el tema tratando cuestiones interesantes para el alumnado. Yo pienso que nos deberíamos ocupar exclusivamente de las aplicaciones más relacionadas con sus vivencias personales.

SARA ¡Por supuesto! Sería excesivo e inoperante hacer un estudio exhaustivo de las aplicaciones de los ácidos y bases. Aun así, saldrán unas cuantas. No obstante, antes de plantear las nuevas actividades no estaría mal volver a situar a los chicos y chicas en el mundo de los ácidos y bases cotidianos pero, en esta ocasión, deberíamos asociar los productos cotidianos con los ácidos o bases que contienen. Digo volver a situar porque al iniciar el tema habrán tenido la oportunidad

de identificar sustancias ácidas y básicas cotidianas. De hecho, no debemos dejar para el final la cuestión de las aplicaciones. Desde el principio del tema conviene discutir la importancia de estas sustancias.

DAVID

Es muy probable que los mismos alumnos sepan los nombres de los ácidos o bases de estas sustancias cotidianas. La primera actividad podría consistir en

hacer un listado de los ácidos y bases que causan la acidez o basicidad en productos relacionados con la vida cotidiana.



Seguro que entre toda la clase se puede confeccionar una lista bien extensa en la que no faltarán, incluso, nombres menos familiares como el *ácido fórmico* segregado por las hormigas, el *ácido ascórbico* de la *vitamina C* o el *ácido acetilsalicílico* de la *aspirina*, entre los ácidos. Nombrar bases será más problemático pero, aunque sea con nuestra ayuda, se deberían nombrar el amoníaco de algunos productos de limpieza, la *sosa caústica* (hidróxido de sodio) de los limpiahornos, la *potasa caústica* (hidróxido de potasio) de las pilas alcalinas o el *hidróxido de magnesio* de la leche de magnesia (antiácido). Como veis, no me olvido de equiparar a los ácidos y las bases.

LAURA

A continuación, podríamos proponer algunas actividades que pongan de relieve el papel de los ácidos y bases como «correctores de la acidez o basicidad». En la vida cotidiana se recurre a numerosos procesos de neutralización para contrarrestar un exceso de acidez o de basicidad. Para empezar, ¿qué os parece empezar por las picaduras de insectos? Algunos, cuando pican, inyectan en la piel un líquido ácido (abejas) o alcalino (avispa). Como remedio casero, es usual tratar las picaduras con vinagre, amoníaco, bicarbonato o polvos de talco. También se utilizan antihistamínicos tópicos comerciales para las picaduras de insectos o el contacto con medusas u ortigas que contienen amoníaco («After Bite», «Calmapica») o ácido bórico («Talquistina»). Se podría

investigar el carácter ácido o básico de algunos antihistamínicos tópicos y deducir para qué tipo de picaduras serían adecuados.



DAVID

Tampoco estaría mal presentar cuestiones que, además de potenciar la deducción, aporten información curiosa para el alumnado relacionada con el origen y la naturaleza de las picaduras:

Cuando pica una abeja, inyecta un líquido en la piel. La picadura se puede tratar frotándola con bicarbonato sódico.

¿Cómo es el líquido inyectado, ácido o básico?

La picadura de una avispa es alcalina y se puede tratar con vinagre. ¿Por qué?

Las picaduras de las hormigas y de las ortigas contienen ácido fórmico. ¿Cómo se podrían tratar estas picaduras? Haz una propuesta de posibles productos para neutralizarlas.



SARA

Ya que estamos con las neutralizaciones cotidianas, ¿qué os parece si hacemos también unas preguntas relacionadas con la acidez de estómago? Éste podría ser el ejercicio:

El jugo gástrico contiene ácido clorhídrico, líquido indispensable para realizar la digestión de los alimentos. La acidez de estómago se debe a un exceso de ácido clorhídrico. ¿Cómo deben ser los productos que tratan la acidez de estómago? Nombra todos los correctores de la acidez de estómago que conozcas y averigua, a través del prospecto, sus componentes activos en la corrección de la acidez.



DAVID Tampoco debemos olvidar los correctores de la acidez o alcalinidad excesiva de los suelos de cultivo. El pH óptimo del suelo debe estar comprendido entre 6 y 7 para que el crecimiento de las plantas sea correcto. Si el suelo es demasiado ácido o demasiado alcalino, las plantas se desarrollan mal o no se desarrollan, porque hay nutrientes que no son absorbidos por ellas. El pH de los suelos naturales puede variar entre 3,5 y 8,5. Si el suelo no tiene el pH óptimo hay que recurrir a productos químicos para corregir su pH. Los suelos demasiado ácidos se tratan con *cal viva* (óxido de calcio), *cal apagada* (hidróxido de calcio) o *cal* (carbonato de calcio) ya que son productos abundantes y baratos. Si el suelo es demasiado alcalino o no tiene la acidez adecuada, es necesario acidificarlo. En este caso, se puede utilizar *azufre* en polvo o *caparrosa* o *sulfato verde* (sulfato de hierro (II)). También se puede utilizar materia orgánica que contenga compuestos orgánicos ácidos como la *hojarasca de pino*.

LAURA Ahora que se habla tanto de las «vacas locas», ¿sabíais que el ganado lanar y el vacuno tienen tendencia a sufrir «temblores» cuando la hierba no les proporciona suficiente magnesio? Como precaución, se suministra a los animales una bola preparada con una aleación de magnesio. La bola se introduce con una pistola especial y se aloja en el estómago donde se disgrega lentamente.

SARA Interesante esta curiosidad. Me parece raro que no den a esos animales alguna sal de magnesio en lugar de magnesio metálico. Si lo comentamos en clase, tendremos la ocasión de hablar del papel que representan los jugos gástricos del animal en la disgregación de la bola. Pero volviendo a los suelos de cultivo, yo añadiría también una actividad creativa y práctica a la vez. Los alumnos podrían

diseñar un procedimiento para averiguar el pH de una muestra de suelo de cultivo y ponerlo en práctica.



Así, los pondríamos a prueba para ver su rigor en el diseño, el instrumental que proponen utilizar y cómo describen.

LAURA Hasta ahora, los ácidos y bases han intervenido para neutralizar un exceso de acidez o alcalinidad. En otras ocasiones, se utilizan para conseguir que el medio de determinados productos comerciales sea precisamente ácido o alcalino, con objeto de lograr algunos efectos secundarios deseables. Por ejemplo, el medio alcalino en los dentífricos favorece la neutralización de los ácidos que se forman en la boca al actuar las bacterias sobre los restos de alimento y, en consecuencia, previene la formación de caries. El alumnado podría

investigar el pH de muestras de distintas pastas de dientes y ordenarlas según su capacidad para neutralizar un medio ácido.



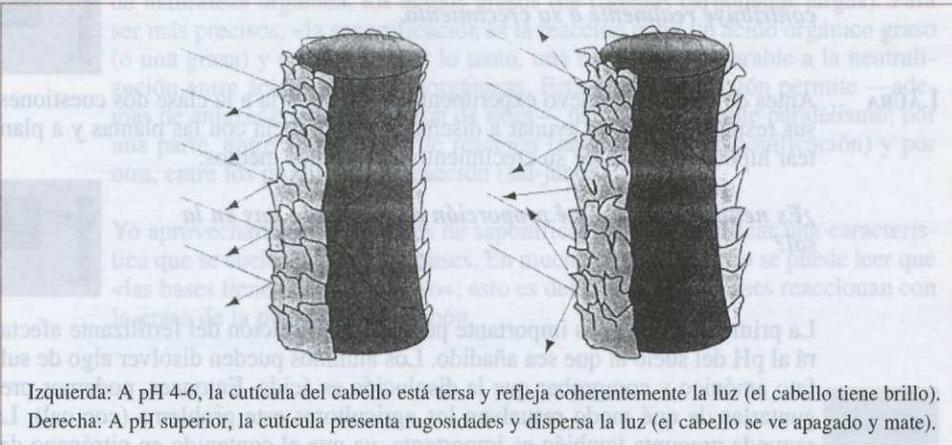
DAVID Ya que estamos con el aseo personal, con los champús sucede lo contrario. Los champús deben ser ligeramente ácidos para que el cabello tenga brillo y sea fuerte. Un medio alcalino favorece que el cabello se vuelva quebradizo y pierda brillo. Estaría bien

investigar los efectos de un álcali sobre el pelo.



Los estudiantes podrían experimentar con disoluciones de hidróxido de sodio de distinta concentración y comparar sus efectos sobre el aspecto y la resistencia del cabello. (figura 10)

FIGURA 10



SARA Además de observar los efectos, podrían contestar a algunas preguntas relacionadas con la experiencia (ver actividad 29). Una de ellas podría servir para comprender la necesidad de fabricar desatascadores químicos de lavabos con sosa cáustica:

¿Qué tipo de sustancia crees que puede tener un desatascador químico de lavabos?



LAURA Quiero volver al tema de los suelos de cultivo. Hemos tratado la influencia del pH del suelo en la capacidad de las plantas para asimilar nutrientes, pero no la necesidad de utilizar fertilizantes para reponerlos. Algunos ácidos y bases son materias primas importantes para fabricar fertilizantes y muchos de éstos son sales. Creo que el tema del suelo y la fabricación de *fertilizantes* nos brindan una buena oportunidad para abordar una de las aplicaciones importantes de ácidos y bases, la obtención de sales.

DAVID De hecho, el mismo amoníaco (un álcali) sería un buen fertilizante pero, al ser gaseoso, no se puede echar directamente en los suelos. Además, su naturaleza alcalina constituye una desventaja. Podríamos discutir en la clase estos problemas y tratar de que los mismos alumnos propongan el modo de «obtener "amoníaco" en forma de especie neutra, sólida y soluble». Pienso que podrían darse

cuenta de que la transformación del amoníaco en una sal amónica es una posible solución. Una buena forma de iniciar la obtención de sales, ¿no os parece? Como ejemplo de sal, yo propongo

preparar un fertilizante químico, el sulfato amónico, a partir del ácido sulfúrico y del amoníaco.



SARA Pues sí, una forma ingeniosa de introducir la nueva aplicación, y asociada también a situaciones de interés práctico. Además, podemos sacar bastante partido a esta experiencia. Por una parte, la preparación de la sal nos puede servir para que los estudiantes aprendan la «técnica de la cristalización». Por otra, para

ensayar con plantas (con un control) para ver si la sal contribuye realmente a su crecimiento.



LAURA Antes de hacer este nuevo experimento, yo plantearía a la clase dos cuestiones; sus respuestas pueden ayudar a diseñar la experiencia con las plantas y a plantear hipótesis acerca de su crecimiento en distintos medios:

¿Es neutra la sal? ¿Qué proporción de nitrógeno hay en la sal?



La primera pregunta es importante puesto que la adición del fertilizante afectará al pH del suelo al que sea añadido. Los alumnos pueden disolver algo de sulfato amónico y comprobar que la disolución es ácida. Entonces, podemos preguntarles de qué modo resuelven los agricultores este problema (con cal). La segunda pregunta también es importante, ya que el contenido en nitrógeno del fertilizante incide en su precio real por dos motivos. Por una parte, cuanto mayor sea su «concentración» en nitrógeno, menos se necesitará. Por otra, el coste del transporte de los fertilizantes constituye una buena parte del precio que pagan los agricultores por ellos; así pues, cuanto mayor sea el contenido en nitrógeno del fertilizante, menos se necesitará y más barato saldrá el transporte. Esta sería también una buena ocasión para pedir a los alumnos

averiguar el tanto por ciento de nitrógeno en el cloruro amónico y en el nitrato amónico.



DAVID De paso, trabajamos el concepto de *composición centesimal*. Además, estas dos sales se podrían incluir también en los ensayos con las plantas para observar diferencias en su crecimiento. Una forma redonda de acabar con las sales.

SARA Pues sí. Ya tenemos que pensar en ir acabando la unidad. Enlazando con las sales, podríamos terminar con otra aplicación de los álcalis; son una materia prima importante en la fabricación de *jabones*.

DAVID No podemos ignorarlos siendo de uso cotidiano y, durante siglos, de elaboración casera; en muchos lugares, aún se fabrican en casa. Así es que no privemos a nuestros alumnos del placer de

fabricar un jabón a partir de un álcali y una grasa.



Con el hidróxido de sodio se obtienen «jabones duros»; con el hidróxido de potasio, «jabones blandos». Mediante la reacción de uno u otro álcali con diferentes grasas (sebo, aceite de oliva, de palma, de coco, etc.) y la adición de colorantes, perfumes o desinfectantes se originan diferentes tipos de jabones. En esta actividad, tendremos un nuevo significado que comentar, la *reacción de saponificación* (reacción química entre la grasa y el álcali).

LAURA Si se habla de la saponificación, hay que hacerlo con más rigor. No me parece bien hablar de grasas sin aclarar que nos estamos refiriendo a un tipo de ácidos de naturaleza orgánica, los ácidos grasos (de cadenas carbonadas largas). Para ser más precisos, «la saponificación es la reacción entre un ácido orgánico graso (o una grasa) y un álcali»; por lo tanto, una reacción comparable a la neutralización entre ácidos y bases inorgánicas. Esta nueva dimensión permite —además de enlazar con la formación de sales— hablar de un doble paralelismo; por una parte, entre ambos tipos de reacción (neutralización-saponificación) y por otra, entre los productos de reacción (sal-jabón).

SARA Yo aprovecharía las reacciones de saponificación para justificar una característica que se suele asociar a las bases. En muchos libros de texto se puede leer que «las bases tienen tacto jabonoso»; esto es debido a que las bases reaccionan con la grasa de la piel formando jabón.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 7

- Haga una lista de los ácidos y bases que contienen productos relacionados con la vida cotidiana.
- ¿En qué situaciones cotidianas se recurre al uso de ácidos y bases como correctores de la acidez o basicidad? Indique qué sustancias se utilizan en esos casos.
- ¿En qué productos de uso cotidiano es deseable un medio ácido o alcalino? ¿Qué función tiene el medio ácido o alcalino en cada caso?
- Aunque el amoníaco podría ser un buen fertilizante, no se puede echar directamente en los suelos. ¿Por qué? ¿Qué tratamiento químico requiere el amoníaco para poderlo aprovechar como fertilizante?

5. Las sales nitrogenadas se pueden utilizar como fertilizantes. ¿Qué porcentajes de nitrógeno contienen las sales cloruro amónico, nitrato amónico y sulfato amónico? ¿Cuál de ellas sería el fertilizante más rentable? ¿Se podrían echar directamente al suelo de cultivo?
6. La preparación de sales lleva consigo la utilización de técnicas de cristalización. Describa alguna técnica de cristalización para lograr cristales bonitos.
7. ¿En qué consiste la reacción de saponificación? ¿Qué paralelismos se pueden establecer al relacionarla con la reacción de neutralización?

II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. Proponga algunos argumentos a favor de la importancia que tiene el conocer la epistemología de los conceptos con largo desarrollo histórico, como los conceptos ácido-base.
2. Una unidad didáctica se puede diseñar con distintos enfoques. ¿Qué aspectos del tema ácido-base corresponden a un «enfoque temático»? ¿Qué aspectos corresponden a un «enfoque cognitivo»?
3. ¿Por qué es necesario vincular los conocimientos teóricos acerca de los ácidos y bases con el medio sociocultural y la tecnología?
4. Los estudiantes más jóvenes tienen más clara la idea de ácido que la de base. ¿Qué aspectos pueden influir en esta desigualdad?
5. ¿Qué características suelen asociar los alumnos más jóvenes a las bases?
6. La figura 4 muestra un mapa conceptual realizado por Jonás (15 años) a partir de los conceptos encuadrados y otros dos que él no ha sabido integrar en el mapa (pétalos de rosa roja y fenolftaleína). Haga un análisis de este mapa conceptual tratando de explicar sus errores.
7. Proponga algunas actividades para iniciar el tema ácido-base que tengan como objetivo motivar al alumnado.
8. ¿Qué le parece recurrir al sentido del gusto para observar el cambio de acidez que experimentan los caramelos ácidos con el bicarbonato? ¿Puede potenciar en el alumnado una predisposición a «probar» reactivos químicos?
9. ¿Qué opina sobre la utilización de azúcar, en la prueba gustativa, como «posible corrector» de la acidez?
10. ¿Qué características de los ácidos y bases evidencian que el agua desempeña un papel activo en relación con el comportamiento ácido-base? Proponga actividades que justifiquen la necesidad de utilizar agua para que dos sustancias concretas manifiesten su carácter ácido o básico (al menos, una actividad por cada tipo de sustancia).
11. En esta unidad se ha hablado de conductores metálicos y conductores electrolíticos (electrólitos). ¿Qué diferencias se pueden establecer entre ellos?

12. Entre los profesores de esta unidad hay discrepancias sobre si hay que escribir o no las ecuaciones químicas de los procesos, y en relación con el tratamiento cuantitativo de la neutralización (o cualquier otra reacción) haciendo uso de la *relación molar* entre los componentes del sistema químico que interacciona a partir de las ecuaciones químicas. Señale puntos a favor y en contra de introducir este tipo de tratamiento en un nivel de química elemental frente a un tratamiento fenomenológico.
13. ¿Qué reacción tiene lugar entre los ácidos y los carbonatos?
14. Cuando se utiliza vinagre, hay que evitar que se derrame sobre las superficies de mármol. ¿Por qué este líquido ataca al mármol? ¿Cuál es la reacción que tiene lugar?
15. ¿Qué diferencia hay entre los «ácidos y bases» de Arrhenius y las sustancias cuyas disoluciones son «ácidas o básicas»?
16. Escriba las ecuaciones de disociación de algunos ácidos y bases de Arrhenius y nombre los aniones y cationes que se originan en el proceso de disociación.
17. Explique qué diferencia hay entre los conceptos *fuerza* y *concentración* referidos a los ácidos y bases. ¿Por qué es importante recalcar la distinción entre estos conceptos?
18. (a) Suponga que dispone de tres disoluciones ácidas (ácidos clorhídrico, acético y bórico) de igual concentración. ¿Cómo se puede detectar experimentalmente cuál de los tres ácidos es el más fuerte y cuál el más débil?
 (b) ¿Tienen el mismo pH todas las disoluciones de igual concentración, si son de distintos ácidos o bases?
 (c) ¿Tienen la misma concentración todas las disoluciones de ácidos o bases distintos, si tienen el mismo pH?
19. Desde el punto de vista de la teoría de Arrhenius, explique el significado de la neutralización y justifique los cambios que se producen cuando tiene lugar una neutralización (cambios químicos, de pH, de temperatura y de conductividad eléctrica).

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. Conocer el desarrollo histórico de los conceptos invita a reflexionar sobre las ideas y dificultades surgidas con cada cambio conceptual, en el transcurso del tiempo, y comprender algunas de las ideas que van adquiriendo los estudiantes a medida que progresa su educación. Numerosos trabajos de investigación educativa asocian algunas *preconcepciones* de los estudiantes con determinadas ideas científicas surgidas en algún momento de la historia. Algunos autores, incluso, piensan que el *cambio conceptual* en el proceso de aprendizaje de los conceptos científicos presupone pautas análogas a las que suceden en el terreno científico.
2. El enfoque temático está más en la línea tradicional de tener en cuenta los contenidos que se pretende conozcan los estudiantes. Por el contrario, el diseño de una unidad con un enfoque cognitivo no sólo tiene en cuenta los contenidos, también se centra en las exigencias cognitivas que plantea el aprendizaje de conceptos, es decir, tiene presentes otros aspectos que pueden ser significativos como las ideas previas que mantienen los estudiantes y los errores conceptuales.
3. Hoy día no se concibe la instrucción de los conceptos científicos sin tener presentes aspectos socioculturales y tecnológicos (ciencia, tecnología y sociedad). El medio

sociocultural induce en los estudiantes las primeras nociones de ácido y base y de otros conceptos; conocer sus implicaciones en la formación de las concepciones ácido-base puede ser de gran ayuda para entender los posibles significados que muestran los estudiantes más jóvenes. Además, la visión funcional del aprendizaje hace imprescindible asociar la ciencia con la tecnología y la sociedad.

4. Los términos «ácido» y «base» también se utilizan con diversas acepciones ajenas a la química, sobre todo, el término «base». Las numerosas acepciones del término «base» ajenas a la química interfieren en el desarrollo del concepto de base y contribuyen a que éste tarde más en consolidarse que el concepto de ácido. Por otra parte, todos los ácidos que se nombran en las aulas forman una clase de sustancias que contienen hidrógeno, y sus nombres específicos están encabezados por la palabra «ácido». Por el contrario, las bases no se definen bajo un mismo denominador a nivel de composición, ni sus nombres están encabezados por la palabra «base».
5. Definen base aludiendo a todas las acepciones no relacionadas con la química, fruto de la polisemia de la palabra base. Para muchos estudiantes, sobre todo los más jóvenes, una base es un principio fundamental o básico, un soporte material o de apoyo, un elemento asociado a las matemáticas o la geometría, un lugar estratégico, o algo o alguien en relación con los deportes. Además, hay estudiantes que definen base aludiendo a que es una sustancia necesaria o que es un ingrediente indispensable en la obtención de mezclas o compuestos químicos; en algunos casos, el fundamental o el único; en otros, cualquiera de los componentes; y en otros, asocian la palabra a la idea de sustancia pura. Algunos alumnos saben que base es algo concerniente a la química pero se aferran a la idea de que es algo fundamental o básico.
6. El mapa conceptual evidencia errores conceptuales y aspectos que desconoce Jonás:
 - Jonás no sabe que los pétalos de rosa roja y la fenolftaleína son indicadores a pesar de haberlos utilizado en el laboratorio para identificar ácidos y bases.
 - Jonás dice que los indicadores son ácidos o bases sin motivos para afirmarlo (no se experimentó ni se mencionó en clase su naturaleza). Con ello evidencia que confunde el instrumento de medida (indicador) con el objeto a identificar con él; es decir, el indicador es el ácido o la base y no el instrumento que sirve para determinar la naturaleza ácida o básica de estas sustancias. Esta idea, sumada al desconocimiento de ejemplos de indicadores, muestra que no tiene interiorizado el concepto de indicador.
 - Para Jonás, sólo los ácidos son compuestos químicos, las bases son elementos. Es muy probable que tenga la idea de que las bases son «ingredientes» con los que se pueden obtener otros compuestos.
 - Afirma que «los compuestos desprenden átomos» en lugar de decir que están formados por átomos. Por otra parte, sólo asocia los átomos con los ácidos, no con las bases.
 - Los términos de conexión «cuando el producto es indicador da colores» se refieren a los indicadores, y no a los «átomos» o «elementos».
 - Los colores rojo, incoloro y verde indican el comportamiento de los ácidos y las bases con los indicadores pero los coloca muy alejados de estas sustancias en el mapa conceptual y, además, no están los tres colores al mismo nivel jerárquico. Para Jonás, los niveles jerárquicos no muestran una secuencia lógica (indicadores y color deberían estar más próximos) y algunos conceptos no están situados en la misma horizontal cuando tienen el mismo nivel jerárquico (rojo, incoloro-verde).
7. Con las actividades de motivación se pretende que el alumnado tome contacto con el mundo de los ácidos y las bases sin entrar en detalles de explicaciones relacionadas con su función (serán objeto de tratamiento posterior). Por ejemplo, se puede pedir a los alumnos que nombren situaciones o fenómenos naturales en los que intervienen áci-

dos y bases (ver los apartados 3 y 6) y elaboren un listado de sus propuestas. También resulta estimulante recurrir a noticias que aparecen con frecuencia en la prensa.

8. En el apartado 3 se discuten algunas opiniones a favor y contra de esta actividad.
9. Es obvio que el azúcar no es un corrector de la acidez, pero su utilización puede servir para establecer con claridad la diferencia entre «corregir la acidez» y «enmascarar la acidez». Además, tal como se presenta en la unidad (ver apartado 3), el azúcar suele ser una de las soluciones aportadas por el alumnado a la pregunta «¿Cómo podemos curar la acidez?». Lo más lógico es experimentar con el azúcar y con algunos correctores de la acidez, propiamente dichos.
10. Ver apartado 4.
11. Ver apartado 4.
12. Ver apartado 4.
13. Esta reacción se utiliza como prueba de reconocimiento de carbonatos. En el proceso se desprende dióxido de carbono en forma de burbujas y se forma la sal correspondiente.

$$2\text{HCl}_{(aq)} + \text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{CaCl}_{2(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
14. El mármol fundamentalmente es carbonato de calcio, y el vinagre es una disolución de ácido acético. El proceso que tiene lugar es similar al anterior; en otras palabras, el mármol es corroído por el vinagre.

$$2\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_{2(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
15. Ver apartado 5.
16. Los ácidos de Arrhenius se disocian en disolución acuosa produciendo iones hidrógeno (H⁺) y los aniones correspondientes. Las bases de Arrhenius al disociarse producen iones hidróxido (OH⁻) y los cationes correspondientes. Éstas son las ecuaciones de disociación de dos ácidos y dos bases (los nombres de los iones figuran entre corchetes).

$\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow$	$\text{H}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$	[ion hidrógeno, ion cloruro]
$\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow$	$2\text{H}^+_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$	[ion hidrógeno, ion sulfato]
$\text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow$	$\text{Na}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$	[ion sodio, ion hidróxido]
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)} \rightarrow$	$\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$	[ion calcio, ion hidróxido]
17. Ver apartado 5.
18. (a) Se puede detectar midiendo el pH de cada una de las disoluciones (cuanto más fuerte es el ácido más bajo es el pH). El pH de un ácido en disolución depende de la concentración de iones hidrógeno, que a su vez depende de la fuerza del ácido y de la concentración de la disolución. Cuanto más fuerte es el ácido, mayor es su grado de disociación (mayor es la constante de acidez) y, en consecuencia, mayor la concentración de iones hidrógeno, y menor el pH. Y cuanto mayor es la concentración del ácido, mayor es también la concentración de iones hidrógeno y menor el pH. Si las tres disoluciones indicadas tienen la misma concentración, la fuerza del ácido es la única variable que incide en el valor del pH. En el caso presentado, el ácido clorhídrico es el más fuerte (totalmente disociado si está poco concentrado); a éste le sigue el ácido acético (constante de acidez: $1,58 \cdot 10^{-5}$) y el más débil es el ácido bórico (primera constante de acidez: $6,31 \cdot 10^{-10}$).

- (b) Si las disoluciones tienen la misma concentración y son de ácidos o bases distintos, el pH será distinto. Las diferencias en el pH serán tanto más acusadas cuanto más distintas sean las constantes de acidez o basicidad.
- (c) Si las disoluciones son de ácidos o bases distintos, el tener el mismo pH es consecuencia de que tienen distinta concentración. Por tener el mismo pH, todas las disoluciones deben tener la misma concentración de iones hidrógeno, lo cual sólo se puede lograr a costa de la distinta concentración de las disoluciones, ya que son de ácidos o bases distintos.

20. Ver apartado 5.

III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
1. ¿Cómo se pueden identificar ácidos y bases? Primera aproximación a sus propiedades empíricas	63
2. Comportamiento de los ácidos y bases. Propiedades empíricas más relevantes	69
3. El modelo de Arrhenius para explicar las propiedades ácido-base. Clarificación de conceptos	71
4. Aplicaciones de los ácidos y las bases	74

III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
1. ¿Como se pueden identificar ácidos y bases? Primera aproximación a sus propiedades empíricas	65
2. Comportamiento de los ácidos y bases. Propiedades empíricas más relevantes.....	69
3. El modelo de Arrhenius para explicar las propiedades ácido-base. Clarificación de conceptos	72
4. Aplicaciones de los ácidos y las bases.....	74

A.1. Los ácidos y las bases tienen, además de su sabor característico, otras propiedades que permiten reconocer su presencia de una forma más segura y fiable. Por ejemplo, cambiar el color de algunas sustancias presentes en vegetales de uso cotidiano. Estas sustancias reciben por ello el nombre de indicadores ácido-base. Os proponemos a continuación la preparación de algunos de estos indicadores.

Material

Vegetales de color rojo, azul o morado (pétalos de flores, piel de rábano o col lombarda, por ejemplo), alcohol de quemar (metílico) o alcohol etílico, papel de filtro, frasco de cristal y colador.

1. ¿CÓMO SE PUEDEN IDENTIFICAR ÁCIDOS Y BASES? PRIMERA APROXIMACIÓN A SUS PROPIEDADES EMPÍRICAS

A.1. Haz una lista de comestibles que tengan sabor ácido.

Comentarios A.1. Los estudiantes suelen referirse a numerosos y diversos ejemplos. Una vez realizada la puesta en común de las listas aportadas por los distintos equipos de alumnos, el profesor puede pedir que clasifiquen los comestibles según el estado físico. Esta clasificación puede derivar, más adelante, en el carácter ácido de las disoluciones acuosas.

A.2. Chupa caramelos ácidos y comprueba que tienen sabor ácido. A continuación, chupa bicarbonato (o polvos estomacales) con la punta de la lengua y observa el cambio de sabor. Repite la experiencia sustituyendo el bicarbonato por azúcar.

Comentarios A.2. Los caramelos pueden romperse en trozos pequeños envolviéndolos en un trapo limpio o papel de cocina y golpeándolos con un martillo. Los trocitos de caramelo y pequeñas cantidades de polvos estomacales o de bicarbonato (suficientes para cubrir la punta de una cucharilla) se colocan en cuadrados de papel limpio antes de empezar la experiencia. Debe pedirse a los alumnos que saboreen un trozo de caramelo. Notarán el gusto ácido. A continuación, se les pide que pongan el contenido del papel sobre la lengua. ¿Qué sucede con el gusto ácido? Desaparece durante un rato. ¿Cómo podemos curar la acidez? Añadir azúcar es una respuesta probable que también se puede investigar. Para terminar, se les puede hacer reflexionar a partir de una serie de preguntas: ¿Habéis oído hablar de que hay un ácido en el estómago? ¿Habéis tenido dolor de estómago? ¿A qué es debido? ¿Qué tomáis para evitarlo? ¿Qué hace el azúcar? ¿Qué le pasa al sabor ácido? ¿Es el sabor una buena guía para detectar la acidez o los cambios de acidez? Esta última puede derivar en la necesidad de utilizar otros métodos más fiables que el gusto puesto que unas personas tienen el gusto más sensible que otras. Los mismos estudiantes reaccionan de modo diferente a los polvos estomacales (algunos llegan a decir que tienen sabor agrio).

*A.3. Los ácidos y las bases tienen, además de un sabor característico, otras propiedades que permiten reconocer su presencia de una forma más segura y fiable. Por ejemplo, cambiar el color de algunas sustancias presentes en vegetales de uso cotidiano. Estas sustancias reciben por ello el nombre de **indicadores ácido-base**. Os proponemos a continuación la preparación de algunos de estos indicadores.*

Material

Vegetales de color rojo, azul o morado (pétalos de flores, piel de rábano o col lombarda, por ejemplo), alcohol de quemar (metílico) o alcohol etílico, papel de filtro, frascos de cristal y colador.

Procedimiento

Desmenuza el vegetal en trozos pequeños con un cuchillo, un mortero o una picadora. Introduce el vegetal en un frasco y cúbrelo con alcohol. Deja esta mezcla en reposo unas doce horas para que el alcohol disuelva el colorante vegetal y la disolución esté bien concentrada. Al cabo de este tiempo, filtra la disolución para eliminar los residuos sólidos. Deposita la disolución en el segundo frasco. Corta tiras de papel de filtro de 1 cm. x 4 cm., aproximadamente, e imprégnales con la disolución del indicador; déjalas secar. El indicador almacenado en el papel de filtro está listo para ser utilizado.

Comentarios A.3. El tornasol o el papel indicador universal son indicadores ácido-base que se utilizan en los laboratorios pero es muy fácil disponer de indicadores ácido-base sin tener que acudir a tiendas de productos químicos. Estos indicadores se pueden fabricar en casa a partir de vegetales de color rojo, azul o morado. Estos vegetales proporcionan indicadores que cambian de color al variar el pH. En medio ácido fuerte son de color rojo intenso. En medio alcalino fuerte son de color verde o amarillo. La figura 5 muestra cómo evoluciona el color del indicador extraído de la col lombarda al variar el pH. Otros vegetales, como la piel de limón o los pétalos de claveles o rosas blancas, también proporcionan indicadores pero no acusan una gradación de color; sólo permiten observar el color característico del medio ácido (incolore) y básico (amarillo). Esta experiencia también se puede aprovechar para aclarar los conceptos de sustancia pura, mezcla y disolución y realizar ejercicios para distinguir toda esta terminología.

A.4. *Calibra la escala de los colores que adquieren los extractos vegetales con sustancias de distinto grado de acidez.*

Comentarios A.4. Para asociar a cada color de la escala un grado de acidez o, en otros términos, un pH, es necesario disponer de tantas disoluciones de pH conocido como pHs se desea identificar (por ejemplo, del 0 al 11). Si no se desea alargar la experiencia, las disoluciones se pueden comprar; no obstante, las pueden preparar los mismos alumnos a partir de disoluciones de ácido clorhídrico (de pH = 0), hidróxido de sodio (de pH = 11), ácido acético y amoníaco preparadas por el profesor. Los valores de pH extremos los proporcionan las dos primeras disoluciones; los otros valores, mezclas adecuadas de las disoluciones: ácido clorhídrico y amoníaco en el caso de disoluciones ácidas y ácido acético e hidróxido de sodio en el caso de disoluciones básicas. Para conocer el pH de cada mezcla se puede utilizar un peachímetro o, si no se dispone de él, papel indicador universal ya que dispone un círculo de colores, cada uno a un pH determinado. Una vez se tiene la serie de pHs, se impregnan las tiras de papel que contienen el extracto indicador en cada disolución y se anota el color observado. (Si no se desea comprar las disoluciones, ni que las preparen los estudiantes, se puede utilizar la escala de colores de la figura 5, ya que los extractos coloreados de los vegetales propuestos tienen un comportamiento similar.)

A.5. *Utiliza un indicador ácido-base vegetal para averiguar el carácter ácido, neutro o alcalino de productos que tengan en casa (bebidas, zumos de frutas, productos de limpieza, etc.). Trata de adjudicar a los productos un pH, aunque sea aproximado, y ordénalos según su grado de acidez o basicidad.*

Comentarios A.5. El número adecuado de productos a ensayar puede ser del orden de diez. La experiencia se puede realizar en casa haciendo uso de la tabla de colores de la figura 5. Si los productos son sólidos, hay que añadirles un poco de agua. No obstante, antes de iniciar la investigación, conviene aclarar el concepto de indicador con ayuda de preguntas como: ¿Qué característica debe tener el extracto vegetal para que pueda ser utilizado como indicador? ¿Qué debes hacer para averiguar si un producto desconocido es ácido o básico? Esta tarea destaca la necesidad de trabajar sistemáticamente y la conve-

miencia de anotar los resultados en forma de tabla. Así pues, una vez realizado el trabajo, es útil elaborar una tabla con los resultados obtenidos anotando en ella el indicador utilizado, los productos ensayados con él, el color que adquiere con cada uno de ellos, si el producto es ácido o alcalino y su pH aproximado. Además de la tabla, también hay que elaborar una lista ordenada de los productos según su grado de acidez. Estos resultados se llevarán a la clase para hacer una puesta en común. Se pretende con ella que los estudiantes asocien el carácter ácido o alcalino con el tipo de productos ensayados, generalizando situaciones siempre que sea posible. La experiencia permitirá, además, debatir acerca de las posibles causas de la acidez o basicidad de cada uno de los productos.

A.6. *Observa la figura 6. En ella se han representado los intervalos de pH de diversas disoluciones acuosas familiares correspondientes a productos naturales o manufacturados. Entre ellas, se incluyen disoluciones fisiológicas humanas. A continuación, contesta a las siguientes preguntas:*

1. *Nombra todos los productos «naturales» que aparecen en la figura y clasifícalos en tres grupos según su origen animal, vegetal o mineral. Nombra también todos los productos «manufacturados» que aparecen en la figura y, en esta ocasión, clasifícalos según tu propio criterio.*
2. *¿Qué significa «corrosivo»? ¿Qué valor ha de tener el pH para que los ácidos y las bases sean corrosivos? ¿Qué productos de los mostrados pueden ser corrosivos? ¿Són ácidos o alcalinos? ¿Conoces algún producto alcalino corrosivo?*
3. *¿Qué líquidos fisiológicos de los mostrados son siempre ácidos? ¿Cuáles son siempre básicos? ¿Cuáles pueden ser ácidos o básicos?*
4. *¿Sabes en qué situaciones es ácida la saliva? ¿Qué inconvenientes puede originar en los dientes? ¿Cómo se puede corregir la acidez de la boca?*
5. *¿Cómo son los líquidos que tomamos habitualmente, ácidos o alcalinos? De todas las bebidas que aparecen en la figura, ¿cuál es el líquido más ácido que tomamos? ¿Cuál es el menos ácido o más alcalino?*
6. *¿Cómo son los detergentes y el amoníaco doméstico, ácidos o alcalinos?*

Comentarios A.6. Las preguntas formuladas ya dan idea de los objetivos que se pretenden con esta actividad. Únicamente señalar que es importante que los alumnos aprendan a familiarizarse con el pH que soportamos en el interior de nuestro organismo y a saber apreciar cómo son de ácidas o básicas las bebidas más habituales. Además, dar respuesta a estas preguntas supone también adquirir destreza en la interpretación de textos y de esquemas.

A.7. *Debatid en clase sobre los fenómenos de corrosión naturales en los que intervienen ácidos y bases.*

Comentarios A.7. Es probable que sólo surjan los fenómenos causados por la lluvia ácida (formada por acción del agua de lluvia sobre gases procedentes de combustiones). Si es así, convendría intervenir para que se hable, al menos, de la formación de estalactitas y estalagmitas (causadas por la acción del ácido carbónico —originado por el dióxido de carbono del aire y el agua de lluvia— sobre terrenos calcáreos) y de las caries dentales (los ácidos formados por la acción de bacterias sobre los azúcares de los alimentos son los responsables). Sobre cualquiera de estos fenómenos hay numerosa bibliografía. Convendría incidir, a nivel cualitativo, sobre cuáles son las sustancias que originan esos ácidos causantes de los diversos fenómenos y cuáles son los procesos que tienen lugar. La discusión sobre los efectos de la lluvia ácida se presta también a tratar cuestiones medioambientales relacionadas con la industrialización y la contaminación. En relación con la caries, se podría relacionar la dieta con su incidencia en la formación de caries y comen-

tar la relación entre el pH de la boca y el tiempo transcurrido después de hacer una comida o masticar chicle (figura 7). A propósito de las formaciones calcáreas, se podría asociar la formación de grutas con la naturaleza del terreno.

A.8. *Sopla sobre una disolución diluida de amoníaco doméstico para comprobar el carácter ácido del dióxido de carbono (en disolución acuosa) procedente de la respiración.*

Material

Indicador vegetal extraído de pétalos de flores rojas, piel de rábano o col lombarda, amoníaco doméstico, vinagre, agua, vasos (o frascos) de cristal incoloro, varilla de vidrio, pajita de refresco.

Procedimiento

Extrae el indicador del vegetal. En esta ocasión conviene tener el indicador en disolución acuosa, por lo tanto, la extracción se realiza con agua. Tienes que hervir el agua junto con el vegetal hasta que la disolución esté bien concentrada, es decir, hasta que adquiera un color intenso. Filtra o decanta la disolución cuando esté fría. Prepara también una disolución diluida con dos o tres gotas de amoníaco doméstico y medio vaso de agua. No es necesario prepararla con precisión, lo importante es que sea muy diluida.

En otro frasco, pon el extracto vegetal indicador hasta la mitad, aproximadamente. Echa sobre el extracto vegetal, poco a poco y agitando con la varilla, justo la cantidad necesaria de la disolución diluida de amoníaco para que el extracto vegetal adquiera un color verde esmeralda. Ahora, sopla sobre la disolución verde (con ayuda de la pajita de refresco) de modo que el aire burbujee a través de la disolución. Observa la coloración que adquiere el extracto vegetal. Añade, a continuación, vinagre y observa de nuevo el color. Por último, echa más amoníaco y observa también la evolución del color.

Comentarios A.8. En relación con el procedimiento, la experiencia se presta para tratar los conceptos *disolución* y *concentración* y las técnicas de laboratorio involucradas (disolución, filtración y decantación). Se puede hacer también una distinción entre los significados *diluida* y *concentrada* (sin definir magnitudes ni hacer cálculos). En cuanto al contenido de la experiencia, hay que observar que se sopla sobre una disolución ligeramente alcalina (de ahí el color verde de la disolución) y que el dióxido de carbono forma ácido carbónico que neutraliza la disolución y la acidifica ligeramente (el color verde se transforma en azul). Si se añade vinagre, la disolución se acidifica más porque el ácido acético que contiene es más fuerte que el ácido carbónico; en consecuencia, el ácido acético causa un cambio de color adicional (la disolución adquiere color rosa). Una posterior adición de amoníaco neutraliza el ácido y la disolución adquiere de nuevo el verde original. Sería interesante preguntar a los alumnos acerca de las causas de los cambios de color, de la necesidad de utilizar indicadores para detectar los cambios químicos en este caso, y pedirles que los expresen mediante cambios de pH, ayudándose de la tabla de colores de la figura 5. No hay que desaprovechar la ocasión para recalcar que los indicadores ácido-base son colorantes que cambian de color —de forma reversible— a medida que la disolución que los contiene experimenta cambios de acidez o de basicidad.

A.9. *Observa la coloración que adquieren algunos indicadores de laboratorio con los ácidos y bases de laboratorio más habituales.*

Comentarios A.9. Son muchos los indicadores que se pueden elegir (por ejemplo, fenoltaleína, tornasol, naranja de metilo, rojo de metilo, azul de timol, azul de bromotimol o papel indicador universal). El ácido clorhídrico, nítrico y sulfúrico son los ácidos de uso más frecuente en el laboratorio; entre las bases, el hidróxido de sodio o de potasio, el

hidróxido de calcio o de bario y el amoníaco se usan con mucha frecuencia. Es conveniente advertir sobre los riesgos que se corren al manipular productos químicos y que no se debe probar ninguno. Para evitar riesgos es mejor que la preparación de las disoluciones de ácidos y bases corra a cargo del profesor (la concentración adecuada oscila entre 0,1 M y 0,01 M); los indicadores suelen estar preparados. El número de sustancias a ensayar es opcional pero lo adecuado podría ser trabajar con dos ácidos y dos bases y, cada una de estas sustancias, con tres o cuatro indicadores. La tarea supondrá la manipulación de un gran número de tubos de ensayo prácticamente idénticos en cuanto a su contenido; será una buena ocasión para recalcar la importancia de un trabajo sistemático adoptando las medidas necesarias para no confundirlos. Los resultados se presentarán en forma de tabla de doble entrada (una para los indicadores y la otra para los ácidos y las bases) en cuyas casillas aparecerá el color que adquiere el indicador en cada caso particular. Con los resultados se hará una puesta en común.

A.10. *Comprueba la presencia de la fenolftaleína en algunos de los laxantes comerciales.*

Comentarios A.10. Consultar en un catálogo de especialidades farmacéuticas marcas de los numerosos laxantes que contienen fenolftaleína (por ejemplo, «Laxen Busto», «Damalax», «Bescansa», «Geve», «Laxante Salud», «Laxo Vian» o «Ex-Lax») y llevar muestras de ellos a la clase. Convendría preguntar al alumnado acerca de cómo detectar la fenolftaleína. A alguien se le ocurrirá tratarlo con una base para ver si adquiere coloración rosa. El problema está en preparar la disolución de la fenolftaleína; el alcohol etílico es un buen disolvente. Por lo tanto, será necesario agitar una pequeña fracción del laxante con el alcohol y añadir a la disolución alcohólica unas gotas de disolución de hidróxido de sodio, por ejemplo.

A.11. *Haz una síntesis de los aspectos que se han presentado hasta ahora y escribe algunas frases en las que se generalice acerca del comportamiento de los ácidos y bases.*

Comentarios A.11. Para hacer la síntesis, se podría proponer a los alumnos la utilización de diversas técnicas; por ejemplo, tablas o mapas conceptuales. En cuanto a los aspectos generales que caracterizan a ácidos y bases, por ahora, hay que esperar que figuren en las respuestas de los chicos y chicas expresiones relativas al comportamiento de ácidos y bases con los indicadores, al pH característico y a su reactividad, centrada fundamentalmente en la neutralización.

2. COMPORTAMIENTO DE LOS ÁCIDOS Y BASES. PROPIEDADES EMPÍRICAS MÁS RELEVANTES

En la unidad IV.4 estudiamos el comportamiento eléctrico de las sustancias y podemos aplicarlo ahora a los ácidos y bases.

A.12. *Observa si los ácidos y bases conducen o no la corriente eléctrica cuando están en estado sólido. Comprueba la conductividad eléctrica de disoluciones acuosas de ácidos y bases y observa los cambios de pH que se producen mientras pasa la corriente eléctrica, introduciendo papel indicador universal en la disolución junto a cada uno de los electrodos (en la Unidad IV.4 se propone la observación del cambio de pH).*

Comentarios A.12. El esquema del circuito para observar la conductividad eléctrica de los sólidos y líquidos ya se ha visto en la Unidad IV.4. En esta situación concreta, la bombilla y la pila (si no se dispone de otra fuente de corriente continua) pueden ser de 4,5 V

o 6 V y los electrodos de carbón (se pueden extraer de pilas gastadas). Para investigar la conductividad eléctrica de ácidos y bases en estado sólido y en disolución acuosa, los ácidos cítrico, tartárico o bórico y los hidróxidos de sodio, potasio o calcio son sustancias adecuadas. Las disoluciones pueden ser, aproximadamente, 1 M o 0,5 M.

A.13. *¿Qué sucede cuando los metales se introducen en ácidos y bases?*

Comentarios A.13. Las reacciones se llevarán a cabo en tubos de ensayo. Se necesitarán trozos de varios metales (por ejemplo, magnesio, cinc, aluminio, hierro, cobre y plomo) y disoluciones acuosas (1 M – 2 M) de ácidos (clorhídrico, nítrico y sulfúrico, por ejemplo) y de álcalis (hidróxidos de sodio y de calcio, por ejemplo). El alumnado debe observar si hay o no reacción y, en el caso de que haya, describir los cambios químicos observados y comparar las velocidades a las que se forman las burbujas. Para facilitar el análisis de los resultados, habría que decir a los alumnos que anoten sus observaciones en forma de tablas.

A.14. *Observa la acción de algunos ácidos sobre los carbonatos.*

Comentarios A.14. Los ácidos reaccionan con los carbonatos produciendo la sal del metal, agua y dióxido de carbono que burbujea sobre el material ensayado. La observación se podría realizar tanto en el laboratorio como en casa. Si se opta por hacerla en casa, los alumnos pueden tratar el bicarbonato sódico, mármol (carbonato de calcio) o cualquier otro material de la construcción con vinagre, limón o sulfumán. La experiencia casera permitiría observar, además del proceso, diferencias en el comportamiento de los ácidos, detectar qué materiales de la construcción ensayados son calcáreos y cuáles no, y comentar los trastornos que puede ocasionar una manipulación imprudente de esos "ácidos" caseros.

A.15. *Neutralización de la acidez del vinagre con cal apagada o piedra caliza. Observa los cambios que se producen (químicos, de pH y de temperatura). Describe los cambios químicos y anota el pH y la temperatura después de cada adición de cal. Representa las curvas de valoración correspondientes (pH y temperatura en función del número de porciones de cal añadidas). Determina, a partir de las curvas de valoración, la cantidad de cal apagada (hidróxido de calcio) o caliza (carbonato de calcio) necesaria para neutralizar un volumen determinado de vinagre.*

Comentarios A.15. En este experimento, los alumnos pueden utilizar papel indicador universal para seguir los cambios de pH que se producen cuando se añaden, a 10 cm³ de vinagre (diluídos en el mismo volumen de agua), porciones de cal apagada o caliza pulverizadas (la cantidad que se pueda tomar con la punta de la espátula). El pH se controla —antes y después de cada adición de cal— retirando una gota de la disolución mediante una varilla usada como agitador y colocándola sobre un pequeño fragmento de papel indicador universal. Si se usan termómetros como agitadores, también se pueden seguir los cambios de temperatura durante toda la reacción (es usual registrar un aumento de temperatura de unos 4 °C). A continuación, se representa el pH y la temperatura en función del número de porciones de cal añadidas (un gráfico por cada magnitud). La acidez a neutralizar puede variar según el vinagre que se utilice. Es recomendable comprobar de antemano qué cantidad de cal se necesita y ajustar convenientemente la concentración del vinagre. En principio, son suficientes de seis a ocho porciones de cal tomadas con la espátula; si se necesitan más, el experimento resulta tedioso.

En lugar de vinagre se puede utilizar ácido acético 2 M; en este caso, 5 cm³ de ácido necesitarán unas siete porciones de cal apagada tomadas con la espátula. La cal también se puede

sustituir por amoníaco; un volumen de 10 cm^3 de vinagre necesitarán unas cinco porciones, de 1 cm^3 cada una, de disolución de hidróxido amónico 4 M , añadidas con una pipeta.

Convendría aprovechar la experiencia para tratar la idea de que las sustancias reaccionan en proporciones fijas y para diferenciar las dos formas de medir cantidades: como se hace en la vida cotidiana (en gramos) y desde el punto de vista químico (en moles).

A.16. *Obtención de la sal de cocina mediante la neutralización del ácido clorhídrico con una disolución de hidróxido de sodio y posterior evaporación a sequedad de la disolución resultante. Escribe la ecuación de neutralización correspondiente.*

Comentarios A.16. En esta experiencia se pueden utilizar disoluciones de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio de la misma concentración (por ejemplo, 1 M) y se mezclan ambas disoluciones en igual proporción (por ejemplo, 10 cm^3). No obstante, no es necesario tener en cuenta las proporciones si se tiene la seguridad de que el ácido clorhídrico está en un ligero exceso; al evaporar a sequedad la disolución se eliminará el exceso de ácido.

A.17. *Observa los efectos que tiene, sobre la conductividad eléctrica, la neutralización del hidróxido de bario con ácido sulfúrico.*

Material

Electrodos de carbón (por ejemplo, de pilas gastadas), hilo conductor, pinzas de cocodrilo, fuente de corriente alterna de unos 12 V , bombilla de 12 V con soporte, varilla de vidrio, bureta con soporte, probeta, vaso de precipitados, hidróxido de bario $0,1 \text{ M}$, ácido sulfúrico 1 M , fenolftaleína y agua destilada.

Procedimiento

Pon 50 cm^3 de la disolución de hidróxido de bario, medidos mediante una probeta, en el vaso de precipitados. Introduce dos electrodos en la disolución y conéctalos en serie con una bombilla de 12 V y una fuente de corriente alterna de 12 V . Añade unas gotas de fenolftaleína (la disolución alcalina se colorea). A continuación, monta una bureta que contenga ácido sulfúrico y deja caer el ácido sulfúrico lentamente (medio cm^3 cada vez) sobre la disolución alcalina, agitando el contenido del vaso con una varilla de vidrio. Cuando observes que el indicador cambia de color, añade otras cuatro o cinco porciones (de medio cm^3) de ácido sulfúrico.

Comentarios A.17. Como paso preliminar, se puede dejar a los estudiantes que mezclen volúmenes iguales de ambas disoluciones con el indicador (en tubos de ensayo) y que observen lo que sucede. También pueden hacer ensayos previos con cada una de las disoluciones para observar la conductividad. Se recomienda utilizar una fuente de corriente alterna para evitar la electrólisis de la disolución; no obstante, también se puede usar corriente continua siempre que se deje pasar la corriente brevemente sólo después de cada adición, desde la bureta, con objeto de minimizar la electrólisis. En el «punto final», cuando se encuentren presentes cantidades de ácido sulfúrico y de hidróxido de bario en relación estequiométrica (proporciones equivalentes), la luz se apagará y el indicador se decolorará. Si se añade más ácido, se observará que la luz se enciende de nuevo. Resultará así obvio que la disolución alcalina se vuelve menos conductora a medida que progresa la valoración y que la conductividad vuelve a aumentar de nuevo cuando se ha sobrepasado el punto final (ácido en exceso). En lugar de utilizar la bombilla como detector de los cambios de conductividad, se puede usar un amperímetro; en este caso, ayudará a comprender lo que sucede el trazar la gráfica en la que se represente la intensidad en función de la disolución añadida.

3. EL MODELO DE ARRHENIUS PARA EXPLICAR LAS PROPIEDADES ÁCIDO-BASE. CLARIFICACIÓN DE CONCEPTOS

A.18. *Escribe las fórmulas de sustancias cuyas disoluciones acuosas sean «ácidas» y de otras cuyas disoluciones sean «básicas». A continuación, escribe las ecuaciones de disociación de los ácidos y de los hidróxidos formulados. Por último, nombra los aniones y cationes que figuran en las ecuaciones de disociación formuladas.*

Comentarios A.18. Deben esperarse fórmulas de sustancias con las que han experimentado; por ejemplo, ácidos sulfúrico, clorhídrico y nítrico, cloruro de aluminio, dióxido de carbono, etc. (entre las «ácidas») y carbonato de sodio, hidrogenocarbonato de sodio, hidróxidos de sodio y de potasio, etc. (entre las «básicas»). Antes de escribir las ecuaciones de disociación, se podría pedir a los alumnos que clasifiquen las sustancias ácidas en dos grupos: las que se nombran con la palabra *ácido* (todas contienen hidrógeno) y el resto. Y también que hagan dos grupos con las sustancias básicas: las que contienen grupos hidróxido (los hidróxidos) y las que no los tienen. Si se cree factible, se podría llegar a escribir también las ecuaciones de hidrólisis de las sales «ácidas» o «básicas» (que no contienen hidrógeno o grupos hidróxido) como el cloruro de aluminio (AlCl_3) o el carbonato de sodio (Na_2CO_3), para entender la formación de iones hidrógeno o iones hidróxido cuando se disuelven en agua.

A.19. *Observa la trayectoria que dejan algunos iones que se mueven en un campo eléctrico.*

Material

Portaobjetos o vidrio de reloj, tiras de papel de filtro, cables de conexión, pinzas de cocodrilo, una fuente de corriente continua de unos 20 V, algunas sales coloreadas, por ejemplo, permanganato potásico, sulfato de cobre (II), cromato potásico o cromato de cobre (II).

Procedimiento

Coloca una tira de papel de filtro, de unos 2 cm. de ancho por 6 cm. de largo, sobre el portaobjetos o el vidrio de reloj y, sujetándolo con las pinzas de cocodrilo, móntala en un circuito con los cables y la fuente de corriente continua de 20 V. Humedece el papel con suficiente agua del grifo para que llegue a las pinzas de cocodrilo pero no más. Deja un pequeño cristal de la sustancia coloreada en el centro del papel. Por último, aplica la diferencia de potencial y deja que actúe durante algunos minutos (no menos de diez). Observa lo que sucede cuando pasa corriente eléctrica por el circuito.

Comentarios A.19. Antes de iniciar la experiencia estaría bien analizar el pH (con papel indicador universal) de las disoluciones 1 M de las sustancias coloreadas y pedir a los alumnos que escriban las ecuaciones de disociación correspondientes (si se cree oportuno, se les puede dar las fórmulas de las sustancias y de los iones involucrados). Convendría también anotar los resultados de la experiencia en forma de tabla encabezada con los siguientes epígrafes: «Sustancia», «Disolución ácida, alcalina o neutra», «Fórmula del ion», «Carga del ion (positiva o negativa)», «Color del ion», «Se mueve hacia el electrodo positivo o hacia el electrodo negativo». Por último, se podría pedir a los alumnos que traten de asociar el color de los iones con el color de la sustancia química que los contiene.

A.20. *Observa cómo influye en el pH la dilución de una disolución ácida o básica.*

Comentarios A.20. Las disoluciones a investigar pueden ser de ácido clorhídrico 0,1 M o de hidróxido de sodio 0,1 M. El pH se puede medir con papel indicador universal o con

un peachímetro. Si se utiliza papel indicador, mejor trabajar con ácido clorhídrico porque los cambios de color no se aprecian al variar el pH de la disolución de hidróxido de sodio. Se propone que sean los mismos alumnos los que preparen una serie de seis disoluciones (A, B, C, D, etc.) de distinta concentración que contengan:

A. 10 cm.³ de la disolución original (por ejemplo, HCl 0,1 M).

B. 1 cm.³ de A más 9 cm.³ de agua destilada.

C. 1 cm.³ de B más 9 cm.³ de agua destilada.

D. 1 cm.³ de C más 9 cm.³ de agua destilada. (Así sucesivamente.)

De esta manera, se dispone de disoluciones que guardan la siguiente relación: cada nueva disolución es diez veces más diluida que la anterior. Si se trabaja con ácido clorhídrico, sus concentraciones son: 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵ y 10⁻⁶ molar (pH 1, 2, 3, 4, 5 y 6). Si se trabaja con hidróxido de sodio, sus concentraciones son las mismas: 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵ y 10⁻⁶ molar (pH 13, 12, 11, 10, 9 y 8). (Recordemos que la escala de colores del papel indicador sólo llega al pH = 10.)

A.21. Dispones de tres disoluciones ácidas (ácidos clorhídrico, acético y bórico) de la misma concentración. Mide su pH con papel indicador universal y responde a las siguientes preguntas razonando todas las respuestas:

1. ¿Cuál de los tres ácidos investigados es el más fuerte? ¿Cuál es el más débil?
2. ¿Tienen el mismo pH todas las disoluciones de ácidos (o bases) distintos si tienen la misma concentración?
3. ¿Tienen la misma concentración todas las disoluciones de ácidos (o bases) distintos si tienen el mismo pH?
4. ¿De qué depende el pH de una disolución?

Comentarios A.21. Se propone trabajar con un ácido fuerte (clorhídrico) y dos débiles de constantes de disociación bastante diferentes (acético: pK = 4,8; bórico: pK = 9,2) y medir el pH con papel indicador universal. No es aconsejable utilizar bases conocidas porque con el papel indicador no se aprecian cambios de color (su escala termina con el pH = 10). Para disoluciones 0,1 M de los ácidos clorhídrico, acético y bórico, los pH esperados son muy diferentes (1, 2,9 y 5,1 respectivamente) lo cual garantiza variaciones de color apreciables en el papel indicador.

A.22. Escribe ecuaciones de neutralización entre ácidos e hidróxidos.

Comentarios A.22. En la actividad 18 se ha propuesto escribir ecuaciones de disociación de algunos ácidos e hidróxidos. Esta actividad podría consistir en combinar (a nivel de fórmulas) esos ácidos e hidróxidos y escribir, para cada combinación, tres ecuaciones: la ecuación global (o molecular) correspondiente a la neutralización, la de formación de la sal a partir de los iones y la de formación de agua (neutralización) a partir de los iones hidrógeno e hidróxido.

A.23. Contesta a las siguientes preguntas justificando las respuestas:

1. ¿Qué le sucede al pH de cualquier disolución ácida cuando se neutraliza con una disolución básica?
2. ¿Qué le sucede al pH de cualquier disolución básica cuando se neutraliza con una disolución ácida?
3. ¿Por qué aumenta la temperatura mientras dura la neutralización? (La temperatura inicial del ácido y la base que participan en la neutralización es la misma.)
4. ¿Por qué se mantiene constante la temperatura si, una vez concluida la neutralización, se añade más sustancia neutralizante? (La temperatura inicial del ácido y la base que participan en la neutralización es la misma.)

Comentarios A.23. En relación con el pH, se pretende que los estudiantes lo asocien con la variación de la concentración de iones hidrógeno que se produce en la disolución como consecuencia de la formación de agua. En relación con la temperatura, cabe esperar que los alumnos asocien el aumento de temperatura (mientras dura la neutralización) con que el proceso es exotérmico y la conservación de la temperatura (una vez finalizada la neutralización) con que el proceso ha concluido.

4. APLICACIONES DE LOS ÁCIDOS Y LAS BASES

A.24. Haz un listado de los ácidos y bases que causan la acidez o basicidad en productos relacionados con la vida cotidiana.

Comentarios A.24. Seguro que entre toda la clase se puede confeccionar una lista bien extensa en la que no faltarán, incluso, nombres menos familiares como el ácido fórmico segregado por las hormigas, el ácido ascórbico de la vitamina C o el ácido acetilsalicílico de la aspirina, entre los ácidos. Nombrar bases será más problemático pero, aunque sea con nuestra ayuda, se deberían nombrar el amoníaco de algunos productos de limpieza, la sosa caústica (hidróxido de sodio) de los limpiahornos, la potasa caústica (hidróxido de potasio) de las pilas alcalinas o el hidróxido de magnesio de la leche de magnesia (antiácido).

A.25. Investiga el carácter ácido o básico de los antihistamínicos tópicos proporcionados y decide para qué tipo de picaduras serían adecuados. Contesta también a las siguientes preguntas:

1. Cuando pica una abeja, inyecta un líquido en la piel. La picadura se puede tratar frotándola con bicarbonato sódico. ¿Cómo es el líquido inyectado, ácido o básico?
2. La picadura de una avispa es alcalina y se puede tratar con vinagre. ¿Por qué?
3. La picaduras de las hormigas y de las ortigas contienen ácido fórmico. ¿Cómo se podrían tratar estas picaduras? Haz una propuesta de posibles productos para neutralizarlas.

Comentarios A.25. En la vida cotidiana se recurre a numerosos procesos de neutralización para contrarrestar un exceso de acidez o de basicidad, por ejemplo, causado por las picaduras de algunos insectos. Como remedios caseros, es frecuente el uso de vinagre, amoníaco, bicarbonato o polvos de talco. Los antihistamínicos tópicos comerciales suelen contener amoníaco («After Bite», «Calmapica») o ácido bórico («Talquistina»). Convendría reunir unos cuantos antihistamínicos y llevarlos a la clase para su investigación con papel indicador universal humedecido con agua.

A.26. El jugo gástrico contiene ácido clorhídrico, líquido indispensable para realizar la digestión de los alimentos. La acidez de estómago se debe a un exceso de ácido clorhídrico.

1. ¿Cómo deben ser los productos que tratan la acidez de estómago?
2. Nombra todos los correctores de la acidez de estómago que conozcas y averigua, a través del prospecto, sus componentes activos en la corrección de la acidez.

Comentarios A.26. Lo más práctico sería llevar a la clase varios prospectos de antiácidos estomacales. Entre los correctores de la acidez más frecuentes figuran el hidróxido de magnesio («Crema de magnesia»), hidróxido de aluminio («Algeldrato»), carbonato de calcio y carbonato de magnesio («Gelodrox») y bicarbonato de sodio («Sal de Vichy»). Si se cree conveniente, se podría pedir a los alumnos escribir las ecuaciones de neutralización correspondientes.

A.27. El pH de los suelos incluye en la capacidad de las plantas para absorber nutrientes a través de las raíces. Es muy importante, pues, conocer dicho pH para, en caso necesario,

modificarlo. Diseña un procedimiento para averiguar el pH de una muestra de suelo de cultivo. A continuación, ponlo en práctica para averiguar el pH aproximado de varias muestras de distintos suelos.

Comentarios A.27. Se pretende que el alumnado escriba el procedimiento detallando todos los pasos a seguir con la muestra de suelo y el material necesario en el supuesto de que se utilice papel indicador universal para medir el pH. (Habrá que agitar cada muestra con agua y decantar o filtrar el líquido resultante.)

A.28. Investiga el pH de muestras de distintas pastas de dientes y ordénalas según su capacidad para neutralizar un medio ácido.

Comentarios A28. Con una espátula, colocar una pequeña cantidad de cada pasta de dientes en un vidrio de reloj. Humedecer papel indicador universal en agua y, con él, averiguar el pH de cada pasta de dientes.

A.29. Investiga los efectos de un álcali sobre el pelo. Una vez realizada la experiencia, contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué se sumerge una muestra en agua?
2. ¿Qué sucede a las muestras de cabello al sumergirlas en cada líquido?
3. ¿Qué diferencias observas en el aspecto de las muestras?
4. ¿Qué diferencias observas al estirar las muestras?
5. ¿Qué tipo de sustancia crees que puede tener un desatascador químico de lavabos?

Material

Cabello limpio, hidróxido de sodio, vasos de precipitados, probeta, varilla de vidrio, microscopio y portaobjetos.

Procedimiento

Separa la muestra de pelo en tres partes similares. En un vaso de precipitados (A), pon 25 cm.³ de agua. En otro vaso de precipitados (B), prepara una disolución con 25 cm.³ de agua y 2 g. de hidróxido de sodio. En un tercer vaso (C), prepara una disolución con 25 cm.³ de agua y 4 g. de hidróxido de sodio. A continuación, introduce una muestra de cabello en cada vaso de precipitados; utiliza la varilla para hacerlo (el hidróxido de sodio es corrosivo). Al cabo de 20 minutos, retira cada muestra del líquido y lava las muestras sumergidas en el álcali con abundante agua fría. Observa el aspecto de cada muestra de pelo. Después, coge un cabello de cada muestra y estíralo para observar si se puede alargar y si es fuerte. Por último, coge un cabello de cada muestra y obsérvalo con el microscopio.

Comentarios A.29. El alumnado puede utilizar su propio cabello (limpio) o conseguirlo en una peluquería. Basta con unas diez hebras de cabello. Se preparan tres muestras; una para el control con agua (A) y las otras dos (B y C) para tratarlas con sendas disoluciones de hidróxido de sodio de distinta concentración. Es interesante que el mismo alumnado pese distintas cantidades de soluto y prepare las disoluciones con la misma cantidad de agua.

A.30. Prepara un fertilizante químico —el sulfato amónico— a partir del ácido sulfúrico y del amoníaco e investiga si la sal es neutra. A continuación, contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo afectaría al pH del suelo la adición de sulfato amónico? ¿Qué habría que añadir al suelo para evitar que su pH cambie?
2. ¿Qué porcentaje de nitrógeno contiene el sulfato amónico, el cloruro amónico y el nitrato amónico? ¿Cuál de estas sales sería el fertilizante más rentable?

Material

Vaso de precipitados, varilla de vidrio, probeta, vidrio de reloj, papel de filtro, papel indicador universal, ácido sulfúrico, disolución de amoníaco, equipo de filtración y equipo de calentamiento.

Procedimiento

Pon unos 20 cm.³ de ácido sulfúrico diluido en un vaso de precipitados. Después, añade lentamente disolución de amoníaco hasta que la mezcla adquiere un definido olor a amoníaco, agitando el líquido con la varilla. A continuación, evapora la disolución hasta que esté a punto de cristalizar la sal. Esto se sabe retirando con la varilla una gota del líquido caliente y colocándola sobre un vidrio de reloj; si se forman cristales, el líquido también cristalizará durante el enfriamiento. Filtra los cristales y sécalos. Por último, investiga si la sal es neutra.

Comentarios A.30. Utilizar ácido sulfúrico 1 M y disolución de amoníaco 2 M. Se puede aprovechar esta preparación para trabajar las técnicas de cristalización y obtener cristales bonitos. Para investigar si la sal es neutra, se lava algo de sulfato amónico, se disuelve en agua y se ensaya con papel indicador universal. La experiencia también es útil para realizar cálculos relacionados con la composición centesimal, dada la fórmula de la sal [(NH₄)₂SO₄: 21 %N, NH₄Cl: 26 %N, NH₄NO₃: 35 %N].

A.31. Prepara hidrocultivos para plantas con el fertilizante obtenido (sulfato amónico) y otras sales amónicas. Ensaya los hidrocultivos con plantas para ver en qué medida contribuyen a su crecimiento.

Comentarios A.31. Plantear este experimento como una investigación. Los resultados de la actividad 30 pueden ayudar a diseñar la experiencia con las plantas y a plantear hipótesis acerca de su crecimiento en distintos hidrocultivos, incluido el de control en agua. Convendrá utilizar disoluciones (convenientemente diluidas, pero de igual y distinta concentración) de varias sales (por ejemplo, sulfato amónico, cloruro amónico y nitrato amónico); se podría añadir cal apagada (hidróxido de calcio) a algunas disoluciones para neutralizar su acidez. Las semillas de soja, trigo, judías o lentejas son adecuadas; germinan con rapidez y en unos quince días se puede disponer de plantitas de considerable longitud.

A.32. Fabricación de un jabón a partir de un álcali y una grasa.

1. Describe lo que sucede a lo largo de todo el proceso haciendo hincapié en el aspecto, color y olor de las sustancias que intervienen.
2. ¿En qué se parece el jabón obtenido al que utilizas en casa?
3. ¿Qué diferencias hay entre el jabón elaborado y el comprado?

Material

Aceite de oliva o de semillas, hidróxido de sodio, sal (cloruro de sodio), tubos de ensayo, vasos de precipitados, varilla de vidrio, probeta, pipeta, vidrio de reloj, espátula, pinzas de madera, equipo de calentamiento.

Procedimiento

Pon en un vaso de precipitados grande 2 cm.³ de aceite. Con cuidado, añade de 1,5 a 2 g. de hidróxido de sodio disueltos en 15 cm.³ de agua destilada. Agita bien la mezcla y cubre el vaso con un vidrio de reloj. Calienta la mezcla suavemente hasta que hierva y déjala hervir unos 5 minutos, agitando de vez en cuando. Si se observan salpicaduras o burbujas que alcanzan la parte superior del vaso, deja de calentar hasta que cesen. Deja enfriar la mezcla. Mientras se enfría la mezcla, pon 10 cm.³ de agua en otro vaso de precipitados

y, agitando, añade sal poco a poco, hasta que la disolución esté saturada. Calienta la disolución saturada de sal hasta que esté a punto de hervir. Con cuidado, vierte la mezcla preparada con el aceite y el álcali sobre la disolución de sal, agitando simultáneamente. Deja reposar la nueva mezcla unos 5 minutos. En este tiempo se formará una costra de jabón en la parte superior del vaso de precipitados. Con la espátula, saca algo del jabón formado y ponlo en un tubo de ensayo con agua destilada. Tapa el tubo de ensayo y agítalo bien.

Comentarios A.32. Con el hidróxido de sodio se obtienen «jabones duros»; con el hidróxido de potasio, «jabones blandos». La *reacción de saponificación* de uno u otro álcali con diferentes grasas (sebo, aceite de oliva, de palma, de coco, etc.) produce diferentes tipos de jabones. El jabón obtenido en esta experiencia queda en forma de disolución coloidal. Para «precipitar el jabón» es necesario someter la mezcla al «proceso de salado», llamado así porque se utiliza sal común.

NOTA. Recordemos que el objetivo de esta recapitulación es proporcionar una lectura detenida de los principales aspectos didácticos tratados en la unidad y contribuir, así, a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

* Se ha tratado de la necesidad de planificar la instrucción dándole un enfoque cognitivo como alternativa al enfoque tradicional —meramente temático— que, por supuesto, no se puede dejar de lado. Este nuevo enfoque se centra en las exigencias cognitivas que plantea el aprendizaje de conceptos. El planteamiento de la docencia con un enfoque cognitivo debe reflejar, no sólo las ideas que configuran el modelo conceptual avanzado —en el sentido de maduro—, sino las posibles *ideas previas* que mantienen los estudiantes, en ocasiones, insuspechadas de antemano.

* Se ha destacado que el conocimiento del desarrollo histórico de los conceptos es de gran ayuda para comprender algunas de las ideas que sostienen los estudiantes. Numerosos trabajos de investigación educativa asocian algunas preconcepciones de los estudiantes con determinadas ideas científicas surgidas en algún momento de la historia. En más, algunos autores incluso piensan que el *cambio conceptual* en el proceso de aprendizaje de los conceptos científicos presupone puntos análogos a los que suceden en el terreno científico.

* Se ha observado que el hecho de tratar determinados conceptos científicos con distinto grado de abstracción tiene implicaciones en el proceso de aprendizaje. Si a esto se une la diversidad del alumnado en cuanto a su estructura cognitiva, la distinta forma de aprovechar la instrucción y el cúmulo de ideas previas de los estudiantes, no es de extrañar que en una misma clase se observen diversos esquemas conceptuales o estilos cognitivos que pueden añadir nuevas dificultades al proceso de aprendizaje. Para conocer mejor las dificultades del alumnado en cuanto a la construcción de los conceptos y poder planificar estrategias didácticas adecuadas para favorecer el cambio conceptual, es importante saber cómo integra el estudiante los conceptos a medida que aumenta su grado de abstracción y qué factores pueden influir en el cambio conceptual.

* Otro aspecto comentado es que los errores conceptuales, motivados en parte por las dificultades que tienen los alumnos para comprender nuevas ideas, se han de tener presentes con el fin de integrarlos en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Los errores de los estudiantes se pueden convertir en un instrumento didáctico que permita un tratamiento de los contenidos mejor adaptado a sus problemas. Para que tengan incidencia en el proceso educacional,

V. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS PLANTEADOS

NOTA: Recordemos que el objetivo de esta recapitulación es proporcionar una lectura detenida de los principales aspectos didácticos tratados en la unidad y contribuir, así, a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

* Se ha tratado de la necesidad de **planificar la instrucción dándole un enfoque cognitivo** como alternativa al enfoque tradicional —meramente temático— que, por supuesto, no se puede dejar de lado. Este nuevo enfoque se centra en las exigencias cognitivas que plantea el aprendizaje de conceptos. El planteamiento de la docencia con un enfoque cognitivo debe reflejar, no sólo las ideas que configuran el modelo conceptual avanzado —en el sentido de maduro—, sino las posibles *ideas previas* que mantienen los estudiantes, en ocasiones, insospechadas de antemano.

* Se ha destacado que el conocimiento del **desarrollo histórico de los conceptos** es de gran ayuda para comprender algunas de las ideas que sostienen los estudiantes. Numerosos trabajos de investigación educativa asocian algunas preconcepciones de los estudiantes con determinadas ideas científicas surgidas en algún momento de la historia. Es más, algunos autores incluso piensan que el *cambio conceptual* en el proceso de aprendizaje de los conceptos científicos presupone pautas análogas a las que suceden en el terreno científico.

* Se ha observado que el hecho de **tratar determinados conceptos científicos con distinto grado de abstracción** tiene implicaciones en el proceso de aprendizaje. Si a esto se une la diversidad del alumnado en cuanto a su estructura cognitiva, la distinta forma de aprovechar la instrucción y el cúmulo de ideas previas de los estudiantes, no es de extrañar que en una misma clase se observen **diversos esquemas conceptuales o estilos cognitivos** que pueden añadir nuevas dificultades al proceso de aprendizaje. Para conocer mejor las dificultades del alumnado en cuanto a la construcción de los conceptos y poder planificar estrategias didácticas adecuadas para favorecer el cambio conceptual, es importante saber cómo integra el estudiante los conceptos a medida que aumenta su grado de abstracción y qué factores pueden influir en el cambio conceptual.

* Otro aspecto comentado es que los **errores conceptuales**, motivados en parte por las dificultades que tienen los alumnos para comprender nuevas ideas, se han de tener presentes con el fin de integrarlos en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Los errores de los estudiantes se pueden convertir en un instrumento didáctico que permita un tratamiento de los contenidos mejor adaptado a sus problemas. Para que tengan incidencia en el proceso educa-

tivo, conviene conocer los posibles errores, definirlos y situarlos, encontrar una justificación a las dificultades que se oponen al desarrollo de los conceptos y detectar las posibles concepciones alternativas que interfieren en el aprendizaje significativo de los nuevos conceptos.

* Una técnica recomendada para practicar con el alumnado (con diversos propósitos) es la realización de **mapas conceptuales**, diagramas que indican *relaciones significativas* entre *conceptos* mediante *términos de conexión* adecuados. Los mapas conceptuales muestran las relaciones jerárquicas entre los conceptos del tema objeto de análisis. Son muy útiles para entender significados y aprender a leer textos; facilitan el aprendizaje y permiten repasar fácilmente la información presentada en un texto. Ayudan a identificar conceptos y relaciones clave. Contribuyen a saber interpretar los objetos y acontecimientos observados. Su práctica en el aula suministra una buena base para un aprendizaje significativo y ayuda a los estudiantes a reflexionar sobre sus experiencias personales y a construir significados nuevos e integrarlos en su estructura mental. Destaca también el uso de mapas conceptuales como instrumentos de evaluación: para *explorar las ideas previas* (ilustran los esquemas conceptuales que tienen los estudiantes y, por consiguiente, ayudan a planificar la instrucción ya que permiten detectar las concepciones equivocadas o las relaciones defectuosas); para *obtener información sobre el tipo de estructura conceptual que tiene el alumno* (ayudan a saber cómo estructura, jerarquiza, diferencia, relaciona, discrimina o integra conceptos); para *investigar cambios en la estructura conceptual del estudiante durante la instrucción* (ayudan a reconocer y valorar el cambio conceptual y ponen de manifiesto las relaciones erróneas).

* Se ha visto la conveniencia de **vincular los conocimientos teóricos con lo que sucede en la vida cotidiana** o lo que se habla a nivel coloquial. Hoy día no se concibe la instrucción de los conceptos científicos sin tener presentes aspectos socioculturales y tecnológicos. Conocer sus implicaciones en la formación de conceptos puede ser de gran ayuda para entender sus posibles significados. No se puede perder de vista que el medio sociocultural induce en los estudiantes las primeras nociones de muchos conceptos.

* También se ha hecho hincapié en **vincular algunos conceptos químicos con otras disciplinas**. Muchos conceptos químicos, entre ellos los de ácido-base, no sólo se estudian desde el punto de vista de la química; las ciencias naturales, la biología y la geología son disciplinas que hacen uso de conceptos químicos con fines y objetivos que a menudo no coinciden con los de la química, pero que pueden contribuir a la formación y desarrollo de numerosos conceptos.

* Se ha considerado de suma importancia la **precisión lingüística** en las explicaciones de los docentes. La utilización de expresiones ambiguas o de términos con más de un significado en las explicaciones puede dar lugar a confusiones conceptuales. En particular, los matices lingüísticos son fundamentales para diferenciar con precisión los modelos ácido-base de Arrhenius y de Brønsted-Lowry. Al pasar del modelo de Arrhenius al de Brønsted-Lowry, la comprensión será difícil si no se delimita perfectamente la transición de un modelo al otro, ya que tanto las palabras como las ideas fundamentales cambian de significado según se apliquen a un modelo o al otro. Será importante especificar «cuándo» se introduce el nuevo modelo, «en qué» difiere el nuevo modelo del anterior y «por qué» el nuevo modelo es más satisfactorio que el otro al hacer la transición.

* Otro aspecto destacado es la necesidad de **implicar al alumnado en la construcción de conocimientos**. Para aprender significativamente, cada individuo debe tratar de relacionar los nuevos conocimientos con los conceptos que ya conoce. Y para favorecer el aprendizaje significativo, no sólo la materia a aprender debe poseer un significado en sí misma,

también el estudiante debe estar interesado por ella, además de poseer una estructura cognitiva adecuada para asimilar el nuevo significado. Por ser el nuevo significado idiosincrático (según Ausubel), debemos potenciar la participación del estudiante e implicarlo en el proceso de asimilación de nuevas ideas. El estudiante es el único sujeto activo en el proceso de aprendizaje, pero a nosotros nos corresponde diseñar actividades adecuadas que propicien el progreso en la construcción de conocimientos.

* Se ha insistido en la necesidad de cuidar la **motivación del alumnado**. El alumnado se siente motivado en la medida que puede dar sentido a lo que se le propone y cuando el marco de las relaciones interpersonales favorece la confianza mutua, la aceptación y el respeto. El alumnado estará más motivado en la medida que tome conciencia de sus esquemas conceptuales, sus habilidades y sus puntos de vista, que sienta la necesidad de ampliar o rectificar sus concepciones.

* No se ha olvidado que los procesos de construcción de conocimientos requieren un marco interactivo y, desde este punto de vista, es importante aprovechar la potencialidad investigadora del trabajo en equipo y favorecer el **trabajo cooperativo** y las **tareas colectivas**.

* Se ha insistido también en que la **diversidad del alumnado** ha de condicionar la actuación del profesorado para que cada estudiante encuentre las condiciones óptimas para su aprendizaje. El profesorado tendría que diversificar los elementos de comunicación con el alumnado incidiendo, por ejemplo, en la organización del aula según las actividades a llevar a cabo, la pluralidad de las técnicas de trabajo, la diversificación de los materiales de soporte, la diversificación de las actividades de aprendizaje para la adquisición de un mismo contenido y la diversificación de contenidos para un mismo objetivo. También debería diversificar los métodos pedagógicos mediante prácticas docentes que se complementen.

* Se ha visto la necesidad de adaptar la **propuesta metodológica** a las necesidades de los estudiantes y a sus intereses, sin olvidar que el alumnado es responsable de su proceso de aprendizaje y que nosotros hemos de favorecer, con la metodología adecuada, el aprendizaje significativo y la progresión en la construcción de conocimientos. Para que el alumnado dote de significado a la nueva información tendremos que saber qué contenidos, qué estrategias didácticas y qué materiales serán los adecuados para que estén presentes en las actividades de aprendizaje los **conceptos, procedimientos** y **actitudes**. Tampoco hay que olvidar que un aprendizaje significativo también es funcional y, en consecuencia, el alumnado ha de ser capaz de aplicar los nuevos contenidos de manera efectiva cuando las circunstancias lo exijan. La visión funcional del aprendizaje hace imprescindible tener en cuenta, además de los contenidos científicos, aspectos socioculturales e industriales y tratar de asociar la **ciencia** con la **tecnología** y la **sociedad**.

* En relación con el **proceso de instrucción** que conduce al desarrollo de los distintos niveles de conceptualización de los conceptos ácido-base, se ha tenido en cuenta una secuencia en cuatro fases. Inicialmente, el concepto se introduce al estudiante a través de un ejemplar específico. A continuación, se le presentan más ejemplares con objeto de establecer la noción de «clase», pero recurriendo a un rango de atributos restringido. En la tercera fase, el concepto se define operacionalmente en términos de los atributos —generalmente válidos para todos los ejemplares— relacionados con la experiencia concreta del estudiante. Por último, el concepto se describe en términos de atributos abstractos a nivel atómico-molecular. Como complemento, se añade una etapa más para ayudar a consolidar los conceptos y destacar el aspecto funcional de los ácidos y bases; se concretan algunas de sus aplicaciones.

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

Somos conscientes de las limitaciones de esta selección bibliográfica por lo restrictiva que es. No obstante, creemos que los textos recomendados pueden ser de gran ayuda porque en ellos se puede encontrar una visión de conjunto de los aspectos tratados en esta unidad y abundantes referencias bibliográficas para posibles ampliaciones.

* Publicaciones didácticas relacionadas con los conceptos ácido-base

Towards a science of science teaching. Cognitive development and curriculum demand, de Shayer, A. y Adey, P. (Heinemann, London, 1981), publicado también en español (*La ciencia de enseñar ciencias*) por la editorial Narcea (Madrid, 1986). Ofrece un análisis del «Nuffield O-level Chemistry Curriculum» basado en el modelo de desarrollo cognitivo de Piaget. Los diez temas que configuran el currículo de química están ordenados siguiendo un criterio operativo para favorecer la comprensión de los conceptos químicos. El tema ácido-base está situado en sexta posición y con ello los autores muestran que para comprender la gran variedad de los aspectos relacionados con los ácidos y bases es importante adquirir previamente otras nociones, algunas de ellas imprescindibles.

Model confusion in chemistry, de Carr, M. (Research in Science Education, 14, 97-103, 1984). El autor hace una reflexión de cómo las confusiones y dificultades originadas en el aprendizaje de los conceptos ácido-base se deben a confusiones sobre los modelos científicos que se utilizan en la enseñanza, partiendo del supuesto de que la propia experiencia de los alumnos no puede interferir en el aprendizaje de gran número de conceptos químicos (abstractos por naturaleza) como sucede en otras disciplinas. Carr hace un análisis detallado, en relación con algunos libros de texto, de las deficiencias, inconsistencias e incluso errores, respecto a la utilización de las teorías ácido-base de Arrhenius y Brönsted-Lowry, sobre todo, al tratar la fuerza de ácidos y bases y la hidrólisis.

Construcción de los conceptos ácido-base en alumnos de Enseñanza Secundaria. Exploración de sus esquemas conceptuales y propuesta de un posible modelo de desarrollo conceptual, de París, M.A. (tesis doctoral leída en la Universidad Autónoma de Barcelona, 1992). En esta memoria se presentan dos investigaciones que se complementan. La primera está relacionada con el desarrollo de los conceptos ácido-base desde el punto de vista científico a lo largo de cuatro siglos de historia (siglos XVII-XX). La segunda es la respuesta al objetivo fundamental de la tesis doctoral y está relacionada con el aprendizaje de los conceptos ácido-base en estudiantes de enseñanza secundaria. En esta investigación se analizan todas las ideas detectadas en el alumnado de 15 a 17 años de edad a través de un cuestionario de preguntas abiertas. Estas ideas han permitido configurar diversos estilos cognitivos o esquemas conceptuales y, en consecuencia, clasificar el alumnado en función

de los tipos de ideas dominantes y observar diferencias con la edad y con el tipo de sustancia (ácidos o bases). Además, se estudia la consistencia del alumnado, en función de la edad, al cambiar de sustancia química.

En el capítulo de las conclusiones generales se hace un balance en relación con la metodología utilizada en la investigación, con las concepciones de los estudiantes y su desarrollo, y con las implicaciones didácticas de la investigación. Al tratar de las concepciones, se destacan los aspectos más sobresalientes detectados mediante el análisis, se proponen unas hipótesis acerca de la consistencia de los alumnos, se analiza en qué medida el medio socio-cultural incide en la formación de determinados esquemas conceptuales ácido-base, se analizan las implicaciones de origen epistemológico en el desarrollo de estos conceptos, se hacen algunas reflexiones acerca de las otras investigaciones educativas sobre los ácidos y las bases en relación con ésta y, por último, se formula una propuesta acerca de un posible modelo de desarrollo conceptual sobre los conceptos ácido-base.

*** Historia de los conceptos ácido-base**

En la memoria *Construcción de los conceptos ácido-base en alumnos de Enseñanza Secundaria. Exploración de sus esquemas conceptuales y propuesta de un posible modelo de desarrollo conceptual*, de París, M.A. (tesis doctoral leída en la Universidad Autónoma de Barcelona, 1992) hay un extenso capítulo relacionado con el largo y controvertido desarrollo de los conceptos ácido-base que da cuenta de las numerosas concepciones ácido-base surgidas a lo largo de cuatro siglos (XVII-XX). En este estudio queda patente que los conceptos ácido-base nunca han existido al margen del paradigma vigente en cada época.

*** Mapas conceptuales, diagramas UVE de Gowin y redes sistémicas**

Learning how to learn, de Novak, J.D. y Gowin, D.B. (Cambridge University Press, Cambridge, 1984), publicado también en español (*Aprendiendo a aprender*) por la editorial Martínez Roca (Barcelona, 1988) describe y discute la elaboración de mapas conceptuales y diagramas UVE de Gowin, instrumentos que favorecen el aprendizaje mediante la integración de teoría y práctica, de lo conocido y lo desconocido. Además, incluye un tercer instrumento (la entrevista clínica) que permite a profesores evaluar dicha integración y establecer una base sólida para el aprendizaje y el razonamiento.

El libro de Ontoria y otros, *Mapas conceptuales, una técnica para aprender*, de la editorial Narcea (Madrid, 1993) está escrito pensando en los profesores en activo. En él se presentan dos partes que se corresponden con la teoría y la práctica. La primera se refiere a la fundamentación teórica de los mapas conceptuales (modelo de aprendizaje significativo de Ausubel). La segunda parte presenta unas experiencias concretas de trabajo en el aula con los mapas conceptuales.

Qualitative data analysis for educational research, de Bliss, J., Monk, M. y Ogborn, J. publicado por Croom Helm (London, 1983) es un libro práctico sobre el uso del método de las redes sistémicas en el análisis cualitativo. Ofrece amplia información sobre la terminología empleada, la notación y la estructuración analítica de conceptos; además, presenta numerosos ejemplos de aplicación.

• Explicaciones relacionadas con fenómenos cotidianos

Sand castles and mud huts, de Hancock, J. publicado por Hodder & Stoughton (London, 1991), es un libro de química, pensado para estudiantes de secundaria, que explica los problemas relacionados con el mundo real. Cada sección empieza con una breve descripción de

un problema del mundo real (anestésicos, prevención de quemaduras solares, detectores de humos, caries dental, dulce-amargo, etc.) y continúa con una propuesta de preguntas cuyas respuestas también se incluyen.

The extraordinary chemistry of ordinary things, de Snyder, C.H. (John Wiley & Sons, New York, 1995). Este libro también está dirigido a estudiantes de secundaria. Examina la química de las sustancias y de los fenómenos cotidianos, incidiendo también en los problemas de seguridad, el impacto ambiental, residuos, etc. El libro contiene, además de las explicaciones teóricas, numerosas propuestas de experiencias, ejercicios y cuestiones.

Cuestiones curiosas de química, de Vinagre, F., Mulero, M.R. y Guerra, J.F. (Alianza Editorial, Madrid, 1996). El libro está repleto de cuestiones con sus respectivas explicaciones presentadas de forma que atraen la atención del alumnado. Las cuestiones se basan en conceptos básicos de la química general, orgánica y bioquímica. Algunas cuestiones requieren un nivel de conocimientos básicos y las pueden resolver estudiantes de 12-16 años. Otras tienen un grado de dificultad medio (16-18 años). Por último, hay cuestiones de mayor dificultad que sólo son asequibles para estudiantes universitarios.

* **Concepciones alternativas de los estudiantes**

Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química, de Pozo, J.I., Gómez, M. A., Limón, M. y Sanz, A. (Ministerio de Educación y Ciencia, CIDE, Madrid, 1991). En la primera parte del libro, los autores ofrecen una excelente síntesis teórica del abigarrado mundo de las ideas de los alumnos sobre la ciencia desde la perspectiva de la psicología cognitiva. En la segunda parte, tratan de las ideas de los alumnos en relación con numerosos conceptos químicos como los relacionados con la estructura de la materia y con las relaciones cuantitativas de las partículas (partícula, elemento, compuesto, sustancia pura, mezcla y mol, entre otros), con los estados de agregación de la materia (sólido, líquido y gas) y con los cambios de la materia (cambios de estado, disoluciones, reacciones químicas y equilibrio químico).

Young people's images of science, de Driver, R., Leach, J. Millar, R. y Scott, P. (Open University Press, Buckingham, 1996). Este texto de reciente publicación es el resultado del proyecto de investigación inglés «The Development of Pupils' Understanding of the Nature of Science». En él se tratan, entre otros temas, las ideas científicas que adquieren los escolares como resultado de sus experiencias personales fuera y dentro de la escuela, las técnicas docentes para lograr una sociedad mejor preparada desde el punto de vista científico y las opiniones de los estudiantes acerca de cuestiones científicas de gran impacto social, como la irradiación de los alimentos, el tratamiento de residuos radiactivos o las consecuencias de las emisiones de gases a la atmósfera.

* **Material didáctico, actividades y contenidos científicos**

The Salters' Chemistry Course, elaborado por el «Science Education Group» (University of York, Heslington, York, 1988). El curso, dirigido a estudiantes de secundaria, se compone de una serie de guías para el profesorado relacionadas con temas de la vida cotidiana («Clothing», «Drinks», «Food», «Metals», «Keeping Clean», etc.). Cada guía contiene el plan general de la unidad, las actividades sugeridas para el desarrollo de la unidad, notas para el profesorado y materiales para el alumnado. Uno de los objetivos del curso es mostrar a los estudiantes cómo el conocimiento de las propiedades y el comportamiento de los materiales pueden ayudarles a comprender muchos aspectos de la vida cotidiana y de la sociedad moderna.

Otros textos publicados basados en el proyecto *Salters* son: *Chemistry, The Salters' Approach* de Hill, G., Holman, J., Lazonby, J., Raffan, J. y Waddington, D. (Heinemann, London, 1989); *Science, The Salters' Approach* de Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R. y Smyth, S. (Heinemann, London, 1990); *Science Focus, The Salters' Approach* del «Science Education Group» de la Universidad de York (Heinemann, London, 1993) y *Salters Advanced Chemistry* de Burton, G., Holman, J., Pilling, G. y Waddington, D. (Heinemann, London, 1994).

La diversidad del mundo que nos rodea, del «Proyecto Servet», de Albaladejo, C., Giner, A., Morguá, M., Nistal, M., París, M. Rubio, M.L. y Torà, R. (EGA Donostiarra, Bilbao, 1996). Es un material pensado para estudiantes de 12-14 años (Enseñanza Secundaria Obligatoria) que parte de una concepción constructivista del aprendizaje de las ciencias. La programación está concebida como una secuencia de actividades a través de las cuales el alumnado construye su propio saber (actividades de exploración, reestructuración y de aplicación). Los conceptos, procedimientos y actitudes se desarrollan de forma global y simultánea en las distintas actividades programadas.

Chemistry, Collected Experiments, Nuffield Foundation (Longmans, 1967), publicado también en español (*Química, colección de experimentos*) por la editorial Reverté (Barcelona, 1971). Es uno de los primeros materiales producidos por el proyecto Nuffield para la enseñanza de las ciencias. Aunque el texto no es actual, tiene un gran interés porque presenta una extensa colección de experimentos —aún vigentes— que facilitan en gran medida la tarea del profesor a la hora de diseñar actividades para la clase.

Materiales impresos del “Curso de Formación de Profesores de Ciencias” (FORCIENCIAS)

- Guía Didáctica
- Unidad Introdutoria

Bloque I. Comprender y orientar los cambios de la materia

- Unidad I.1. La energía: La invención de un concepto fructífero
- Unidad I.2. Cambios en la energía de los sistemas
- Unidad I.3. ¿Cómo se transmite la energía? Introducción al estudio de las ondas
- Unidad I.4. Usos de la energía: Papel de la energía en nuestras vidas
- Unidad I.5. Fuentes de energía: Problemas asociados a su obtención y uso

Bloque II. Los sistemas ecológicos

- Unidad II.1. Ecología: Todo está enlazado
- Unidad II.2. Población: Un nivel estructurante
- Unidad II.3. La Biosfera: El ecosistema mayor
- Unidad II.4. Ecología y sociedad: Integración para una gestión sustentable

Bloque III. Seres vivos

- Unidad III.1. Diversidad y unidad de los seres vivos
- Unidad III.2. De la célula a los organismos
- Unidad III.3. Necesidad de ordenar la diversidad
- Unidad III.4. El mundo vegetal
- Unidad III.5. El mundo animal

Bloque IV. Propiedades y estructuras de la materia

- Unidad IV.1. Aire, agua, tierra: Un modelo para la materia
- Unidad IV.2. Los materiales en la vida cotidiana: Sus propiedades y usos
- Unidad IV.3. Combustiones y corrosiones
- Unidad IV.4. Naturaleza eléctrica de la materia
- Unidad IV.5. Los ácidos y las bases: Sustancias contrapuestas

Bloque V. Estudio de algunos sistemas materiales: La Tierra como medio físico de la Biosfera

- Unidad V.1. La Tierra en el Universo. El Sistema Solar
- Unidad V.2. La Atmósfera y el aire
- Unidad V.3. La Hidrosfera
- Unidad V.4. La Litosfera. Rocas y minerales. Suelos

Bloque VI. El cuerpo humano y la salud

- Unidad VI.1. Las funciones de nuestro cuerpo. La nutrición
- Unidad VI.2. La función de relación. El ser humano como ser social
- Unidad VI.3. La sexualidad y la reproducción humana
- Unidad VI.4. Hacia una sociedad saludable



Ministerio de Educación y Cultura de España

en coproducción con

Ministerio de Cultura y Educación (Argentina)

Ministerio de Educación (Cuba)

Ministerio de Educación / U.P.E.L. / U.C.V. / (Venezuela)

Universidad Autónoma de Barcelona (España)

Televisión Educativa Iberoamericana



44

V

Estudio de algunos
sistemas materiales:
La Tierra como
medio físico de
la Biosfera

**CURSO DE
FORMACIÓN DE
PROFESORES DE
CIENCIAS**

4.

**La Litosfera.
Rocas y minerales. Suelos**

4418-6

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD V.4

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

Autores:

Graciela Assenza Parisi
Héctor Lacreu
Agustín Rela

Dirección y coordinación general:
Antonio Gutiérrez Martín
María Esperanza Galarraga González
Cristina Sanz Alves
MEC - España

Dirección científica y didáctica:
Daniel Gil Pérez (Universitat de València - España)

Dirección de la producción audiovisual:
Enric Pérez i Obiol (UAB - España)

Revisión Científica y Didáctica del texto:

Este curso de enseñanza a distancia para la Televisión Educativa Iberoamericana se compone de 28 unidades didácticas, cada una de las cuales consta de material impreso y de un programa audiovisual.

R. 136438



CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS



Ministerio de Educación y Ciencia
Dirección y coordinación general:
Antonio Garmier Martín
Ministerio Español de Educación y Ciencia
Cristina San José
MEC - España

Dirección científica y didáctica:
Daniel Gil Pérez (Universidad de Valencia - España)

Dirección de la producción audiovisual:
Enric Pérez i Gódiol (UAB - España)

Diseño metodológico para la educación a distancia:
María Pilar González, Soledad Esteban Santos, Carlos Romera Carrión
(UNED - España)

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD V.4

LA LITOSFERA. ROCAS Y
MINERALES. SUELOS

Autores:

Graciela Assenza Parisi

Héctor Lacreu

Agustín Rela

Julia Salinas

Ana Sargorodschi

Inge Thiel

Horacio Tignanelli

Coordinación:

Marta Bulwik

Mónica Perazzo

Hugo Tricárico

Revisión Científica y Didáctica del texto:

Daniel Gil Pérez

(Universitat de València - España)



R 136438

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra Cecilia Braslavsky, bajo cuya dirección se hizo posible la elaboración de estos materiales.

Así mismo, agradecemos la colaboración de todas las personas e Instituciones que han participado y en particular:

- A las colegas Lic. Valeria Bardi y Lic. Adhelma Paez que han compartido su lugar de trabajo y han colaborado en un cúmulo de invalorable tareas de apoyo.

- A quienes han efectuado una lectura crítica de las versiones provisionales de las unidades: Dra. Sara Aldabe, Lic. Silvia Ametrano, Prof. Raúl Bazo, Prof. Rita Blok, Prof. Noemí Bocalandro, Lic. Ana De Michelli, Dr. Alejandro Fainstein, Lic. Laura Fumagalli, Prof. Carolina Jaimovich, Dr. Alberto Maiztegui, Lic. Alicia Mazzarini, Prof. Elsa Miñán, Prof. Mabel Noya, Prof. Marta Nuñez, Prof. Graciela Parducci, Prof. Mabel Perfetti, Prof. Jorge Rubinstein, Dr. José Selles Martínez.

- A las Lic. Valeria Bardi y Mónica Perazzo que realizaron la corrección de estilo.

Agradecemos también la fructífera colaboración que la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando, en las personas de M^a José García Sípido y Salvador Muñoz, en la implantación del proyecto en los países participantes.

Autores:

Graciela Asanza Paez

Héctor Lacera

Agustín Rola

Julia Salinas

Ann Zagorodskii

Inge Thiel

Horacio Tognelli

Coordinación:

Marta Bulvik

Mónica Perazzo

Hugo Pichardo

©

Ministerio de Educación y Cultura (España)
Universidad Autónoma de Barcelona

ISBN: 84-369-2802-4 (Obra completa)

ISBN: 84-369-2994-2 (Unidad V.4)

Depósito legal: M-4816-1997

Diseño de cubierta: Dpto. Dibujo UNED

Imprime: Din Impresores

Marqués de San Gregorio, 5 - 28026 Madrid

82 III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA CLASE
97 IV. RECAPITULACIÓN DE PROBLEMAS DIDÁCTICOS
99 V. BIBLIOGRAFÍA SEGMARIA

ÍNDICE

I. DESARROLLO DE LA UNIDAD

	<u>Pág.</u>
I. DESARROLLO DE LA UNIDAD	9
1. Introducción	9
1.1. Un enfoque sistémico	10
1.2. ¿Cómo organizar los contenidos de la unidad?	12
1.3. Recursos y reservas naturales no renovables	15
1.4. Cambia... todo cambia.....	16
1.5. El tiempo geológico	18
1.6. Las ideas también cambian	21
2. La litosfera	25
2.1. Volcanes y terremotos	26
2.2. Viaje al centro de la Tierra	28
2.3. Ideas acerca de las montañas	30
2.4. Fijistas y movilistas.....	33
2.5. La movilidad de la litosfera	36
2.6. Resultados de la dinámica litosférica	42
3. Rocas y minerales	44
3.1. El ciclo de las rocas	49
3.2. Las rocas ígneas	51
3.3. Las rocas sedimentarias	56
3.4. Las rocas metamórficas.....	61
3.5. Las rocas de mi barrio.....	63
4. El suelo	64
4.1. ¿Es suelo todo lo que pisamos?	64
4.2. Procesos formadores del suelo	66
4.3. Factores formadores de suelos	68
4.4. Evolución de los horizontes	70
4.5. Perfiles del suelo	71
4.6. Estructura y textura de los suelos	73
4.7. Recurso renovable: ¿cuándo?, ¿cómo?, ¿dónde?	76
II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	79

III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA CLASE 85

IV. RECAPITULACIÓN DE PROBLEMAS DIDÁCTICOS 97

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA 99

A quienes han efectuado una lectura crítica de las versiones provisionarias de las unidades: Dra. Sara Aldabe, Lic. Silvia Ametrano, Prof. Raúl Bazo, Prof. Rita Biok, Prof. Noemí Bocalandro, Lic. Ana De Michelli, Dr. Alejandro Fainstein, Lic. Laura Fumagalli, Prof. Carolina Jaimovich, Dr. Alberto Maiztegui, Lic. Alicia Mazzarini, Prof. Elsa Miñán, Prof. Mabel Noya, Prof. Marta Nuñez, Prof. Graciela Pardocei, Prof. Mabel Perfetti, Prof. Jorge Rabbinstein, Dr. José Selles Martínez.

A las Lic. Valeria Bardi y Mónica Perazzo que realizaron la corrección de estilo.

Agradecemos también la fructífera colaboración de los colegas latinoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OIEC) en las personas de M^o José García Sipido y Salvador Muñoz, en la implementación del programa en los países participantes.

10	1.1. Un enfoque sistémico
12	1.2. Cómo organizar los contenidos de la unidad
12	1.3. Recursos y reservas naturales no renovables
16	1.4. Cambia... todo cambia
18	1.5. El tiempo geológico
21	1.6. Las ideas también cambian
23	2. La litosfera
26	2.1. Volcanes y terremotos
28	2.2. Viaje al centro de la Tierra
30	2.3. Ideas acerca de las montañas
33	2.4. Fijistas y movilistas
36	2.5. La movilidad de la litosfera
42	2.6. Resultantes de la dinámica litosférica
44	3. Rocas y minerales
49	3.1. El ciclo de las rocas
51	3.2. Las rocas ígneas
56	3.3. Las rocas sedimentarias
61	3.4. Las rocas metamórficas
63	3.5. Las rocas de mi barrio
64	4. El suelo
64	4.1. ¿Es suelo todo lo que pisamos?
66	4.2. Procesos formadores del suelo
68	4.3. Factores formadores de suelos
70	4.4. Evolución de los horizontes
71	4.5. Perfiles del suelo
73	4.6. Estructura y textura de los suelos
73	4.7. Recurso renovable, ¿cómo?, ¿dónde?

II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN
 Diseño de cubierta: Dpto. Diseño UNED
 Impreso: Dpto. Impresiones
 Marquetti de San Gregorio - 5 - 28026 Madrid

I. DESARROLLO DE LA UNIDAD

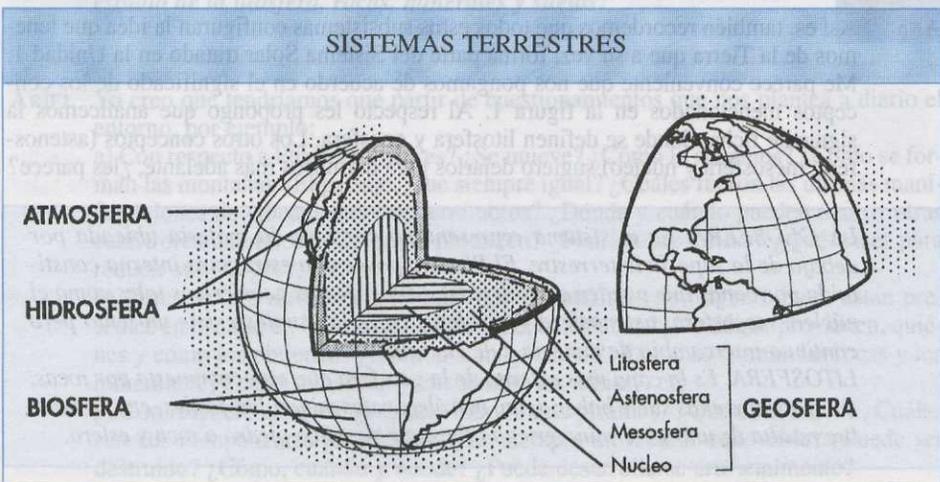
1. INTRODUCCIÓN

PEDRO ¿Cómo están? Espero que con ganas de trabajar, porque nos espera la atractiva tarea de desarrollar contenidos sobre la litosfera, un subsistema bastante poco conocido de nuestro Planeta.

ANA Hola, ¡¡Pedro !!, yo estoy entusiasmada por trabajar en un tema que no he profundizado desde mis épocas de estudiante.

VIOLE A mí me pasa lo mismo y creo que sería de gran utilidad vincular los contenidos de nuestra unidad con los que se tratan en otras que constituyen este bloque ¿qué les parece el siguiente esquema? (Fig. 1)

FIGURA 1



ARIEL Tendríamos que advertir que en ese esquema los sistemas terrestres se indican con mayúsculas y los subsistemas con minúsculas, además, recordemos que hay sistemas de diferentes jerarquías. En nuestro caso particular, el planeta Tierra sería un subsistema del Sistema Solar, pero a la vez, podemos considerarlo como un sistema

III constituido por los subsistemas geosfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera, cuyas interrelaciones le otorgan características particulares a la Tierra. Además, si deseamos estudiar la geosfera con mayor detalle, podemos considerarla como un sistema en el que definimos sus propios elementos o subsistemas: litosfera, astenosfera, mesosfera y núcleo, tal como se ve en la Fig. 1.

PEDRO Además, recordemos que algunos aspectos de la biosfera ya se vieron en los bloques II y III y, en el próximo bloque VI, se analizarán aspectos relativos al hombre. Por otra parte, los subsistemas atmósfera e hidrosfera, han sido tratados por nuestros colegas en las unidades anteriores.

ARIEL He consultado la Unidad 1 del Bloque II, y en la página 56 aparece un gráfico en el que el concepto de geosfera incluye atmósfera, hidrosfera, biosfera y litosfera y me parece un tanto contradictorio con el esquema que propone Pedro, ¿no les parece?

VIOLE No necesariamente, en realidad yo creo que son diferentes modos de organizar y sistematizar los elementos de nuestro planeta.

PEDRO Por allí anda la cosa. Depende del enfoque sistemático que hagamos y de los niveles jerárquicos que usemos. A mí me gusta el esquema de ViOLE porque propone por una parte sistemas no vivos que se relacionan con el estado sólido (geo), gaseoso (atmos) y líquido (hidro) que han sido objeto de tratamiento en nuestro Bloque y por otra parte, un sistema de materia viva (bio) que es analizada con mayor énfasis en algunos de los otros.

VIOLE Además, ese ordenamiento responde a algunas teorías acerca de las características de la evolución del planeta desde sus comienzos. Me parece que si estamos de acuerdo, podríamos optar por este esquema, sin que por ello se invalide el otro, que responde a otro recorte igualmente válido de la naturaleza.

ANA Así es, también recordemos que todos estos subsistemas configuran la idea que tenemos de la Tierra que a su vez, forma parte del Sistema Solar tratado en la Unidad 1. Me parece conveniente que nos pongamos de acuerdo en el significado de los conceptos mencionados en la figura 1. Al respecto les propongo que analicemos la siguiente ficha, donde se definen litosfera y geosfera. Los otros conceptos (astenosfera, mesosfera y núcleo) sugiero dejarlos para definirlos más adelante, ¿les parece?

LA GEOSFERA. Es el sistema representado por toda la materia ubicada por debajo de la superficie terrestre. El Planeta posee una estructura interna constituida por capas que pueden considerarse "subsistemas geosféricos tales como el núcleo, mesosfera, astenosfera y litosfera, entre los cuales existe un lento pero continuo intercambio de materia y de energía".

LITOSFERA. Es la capa más externa de la geosfera que está compuesta por rocas, aunque entre ellas suele haber agua, petróleo, vetas minerales, fósiles, etc. Su nombre resulta de unir el término griego lithos que significa piedra o roca y esfera.

1.1. UN ENFOQUE SISTÉMICO

ARIEL Varias veces hemos aludido a dos palabrejas: sistemas y subsistemas, sobre las cuales deberíamos convenir el sentido con que las empleamos. Digo esto porque este

bloque se refiere a “sistemas materiales”; la Unidad 1 comienza con el Sistema Solar y desde que nos hemos reunido, nosotros también venimos planteando las cosas asumiendo un enfoque sistémico. Sin embargo, deberíamos explicitar que, para el desarrollo de esta unidad, hemos elegido este modelo, con el objeto de intentar superar el enfoque analítico tradicional. De esta forma, creo que podremos ayudar a tomar conciencia de la complejidad de la naturaleza, sin asustarnos por ello.

ANA Coincido con Ariel en el sentido de que deberíamos conversar con nuestros alumnos respecto de este enfoque, ya que es posible que no estén familiarizados con él.

PEDRO De acuerdo, yo diría que el modelo sistémico ayuda a contextualizar los fenómenos particulares y a comprender la interdependencia de los mismos. El enfoque sistémico se funda en la idea de que es preferible adquirir una visión global de los fenómenos, pese a que en un primer momento pueda “perdersé” algún detalle. Esta pérdida no es irremediable, ya que teniendo la visión global del objeto de estudio es posible realizar un recorte (análisis) y recién entonces, tratar de conocer las características particulares. La idea se comprenderá mejor si te digo que “el todo es más que la suma de las partes que lo componen”. Además, este enfoque no impide que cada vez que sea conveniente, se trabaje con un enfoque analítico. La cuestión es por cuál de ellos comenzar, ya que ambos son complementarios.

VIOLÉ Me parece que luego de sucesivas aproximaciones, en las que analizamos los significados de algunos conceptos centrales y aspectos relativos al enfoque pedagógico, hemos llegado a ubicar el objeto de estudio de nuestra unidad: “La litosfera...”, en el contexto de los otros subsistemas, pero....

¿Cómo hacer para que los alumnos valoren la importancia del estudio de la litosfera, rocas, minerales y suelos?



ARIEL Yo creo que tendríamos que partir de cuestionamientos que nos plantea a diario el entorno, por ejemplo:

- Con respecto a litosfera, ¿qué es? ¿Se mueve? ¿Cómo lo sabemos? ¿Cómo se forman las montañas? El paisaje, ¿fue siempre igual? ¿Cuáles fueron las últimas manifestaciones de vulcanismo y de terremotos? ¿Dónde y cuándo pueden ocurrir otras catástrofes naturales? ¿Cómo se producen? ¿Podrían predecirse? ¿Qué hacer para reducir sus riesgos?, etc.
- Con respecto a rocas y minerales, ¿qué materiales de origen minero están presentes en la casa, en la escuela, la iglesia, el barrio, etc.? ¿De dónde provienen, quiénes y cómo los obtienen? ¿Son todos inagotables? ¿Cómo se forman las rocas y los minerales? ¿Cómo se buscan y encuentran las minas?, etc.
- Con respecto al suelo, ¿es suelo todo lo que pisamos? ¿Qué es el suelo? ¿Cuáles son sus componentes principales? ¿Es siempre un recurso renovable? ¿Puede ser destruido? ¿Cómo, cuándo y dónde? ¿Puede desarrollarse artificialmente?

ANA Veo que son muchos los interrogantes, y seguramente los estudiantes ampliarán esa lista. Tal vez sería valioso el trabajo con periódicos, para rescatar noticias cotidianas referidas a las preguntas que propuso Ariel y que pueden ser muy interesantes y promotoras de futuras investigaciones escolares.

PEDRO Odio tener que jugar este papel, pero les recuerdo que el tiempo pasa y aún no logramos organizar los contenidos de nuestra unidad. Para hacerlo, deberíamos convenir su finalidad.

ARIEL Personalmente, pretendo que los estudiantes construyan conocimientos significativos en torno a *los recursos y las reservas naturales*. Particularmente me refiero a sus procesos formadores. Así tendrán la posibilidad de analizar críticamente el uso que se hace de ellos, sean renovables o no.

ANA Yo estoy de acuerdo. De este modo contribuiremos a desarrollar un sentido crítico en el futuro ciudadano. Con respecto al concepto “no renovable”, sería oportuno reflexionar sobre su relatividad ya que el suelo y el agua pueden llegar a ser no renovables en la escala de tiempo humano, sobre todo cuando se los usa ignorando los ciclos naturales de regeneración de esos recursos.

VIOLÉ Es importante recordar que *sustentable* es sinónimo de sostenible, y sugiere un modo racional de usar los recursos para que no sean inutilizados o deteriorados (que se sostengan) y así permitir su uso continuado por parte de las comunidades actuales y de las generaciones futuras.

PEDRO Yo también considero necesario trabajar esos conceptos, sobre todo porque nos permiten destacar su importancia en las relaciones entre ciencia-tecnología-sociedad (CTS).

1.2. ¿CÓMO ORGANIZAR LOS CONTENIDOS DE LA UNIDAD?

VIOLÉ De acuerdo. Ahora que convinimos la finalidad de nuestra unidad, podríamos

Diseñar un esquema que relacione los contenidos enunciados para esta unidad, con algunos aspectos de la finalidad mencionada.



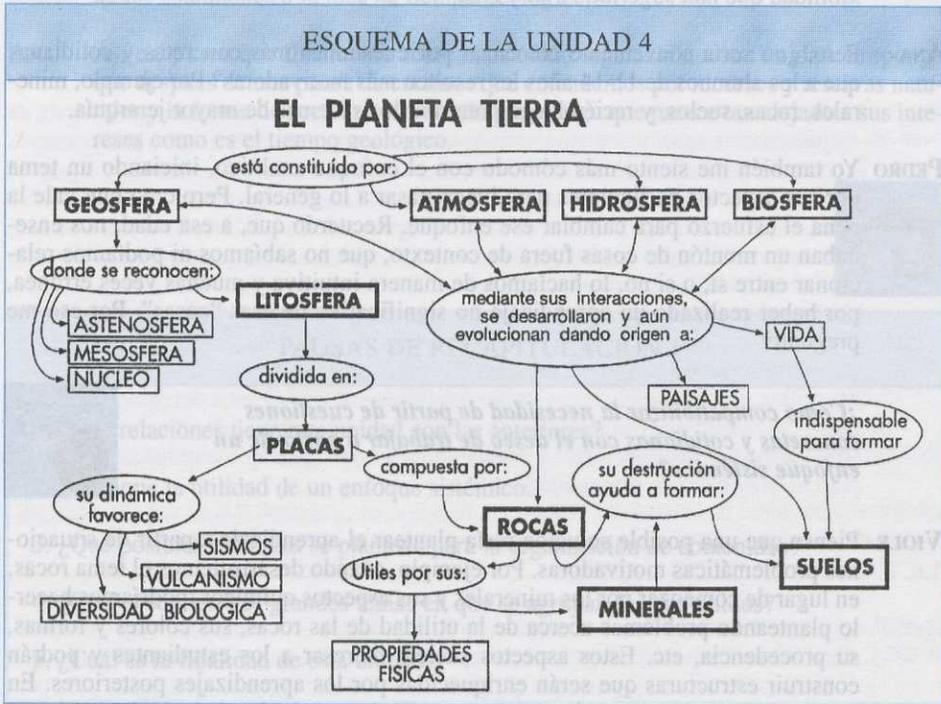
PEDRO Yo preparé un esquema (Fig.2), donde muestro posibles relaciones entre los contenidos, desde un enfoque sistémico. He incluido los conceptos que considero relevantes a desarrollar a lo largo de toda la unidad y, en particular, he resaltado aquellos que la caracterizan. ¿Qué les parece?

ARIEL Es una posibilidad interesante. De cualquier manera, creo importante destacar que el esquema que propone Pedro será nuestro marco de referencia a modo de guía o índice, pero estará sujeto a las reestructuraciones que sean necesarias.

ANA Desde ya, creo que en eso coincidimos. Además, si convenimos en encarar el aprendizaje como investigación, podremos favorecer las actividades de síntesis, la elaboración de productos y la concepción de nuevos problemas, que seguramente nos llevarán a enriquecer este esquema inicial.

VIOLÉ Sin embargo, presentarlo de este modo a los alumnos me parece complicado. ¿Qué les parece si en principio presentamos sólo los conceptos con marco resaltado y sus frases conectoras?

FIGURA 2



ARIEL Para implicar a los alumnos en el aprendizaje, en lugar de “presentarles” el esquema de la Fig. 2, o una parte de él, podríamos partir de las ideas previas de los chicos. Para ello, les sugeriría realizar una lluvia de ideas preguntando:

¿Qué elementos abióticos y bióticos creen Uds. que constituyen el Planeta? ¿En qué parte de él se encuentran?



ANA Es posible que las proposiciones puedan organizarse en la pizarra y que aparezcan conceptos tales como animales, vegetales, agua, nubes, montañas, minerales, rocas, placas, suelos, etc.

PEDRO Esa actividad permitirá poner en evidencia que hay diferentes posibilidades para desarrollar esta unidad y a la vez, tal como lo sugirió Ana, permite pensar en eventuales reestructuraciones. Éstas muchas veces surgen luego de las evaluaciones que realicemos porque actúan como retroalimentadoras del proceso de enseñanza-aprendizaje y sobre todo, si las sometemos a la crítica de otros colegas, nos permitirán introducir retoques o remodelaciones en profundidad.

ARIEL Me alegra oírte decir esto, siempre es conveniente insistir en la necesidad de superar la idea de evaluación como mera cuantificación de contenidos adquiridos.

VIOLÉ Bueno, ¿qué les parece si retomamos el esquema de la Fig. 2? Creo que la propuesta de Pedro nos permitiría desarrollar esos contenidos, comenzando por los sistemas

PEDRO de mayor jerarquía y luego avanzar sobre algunos aspectos particulares, con la flexibilidad que han sugerido Ariel y Ana.

ANA Pero, ¿no sería conveniente comenzar por cuestiones más concretas y cotidianas que a los alumnos de 11-14 años les resulten más motivadoras? Por ejemplo, minerales, rocas, suelos, y recién luego presentar los sistemas de mayor jerarquía.

PEDRO Yo también me siento más cómodo con el enfoque analítico, iniciando un tema por sus aspectos particulares para luego pasar a lo general. Pero creo que vale la pena el esfuerzo para cambiar ese enfoque. Recuerdo que, a esa edad, nos enseñaban un montón de cosas fuera de contexto, que no sabíamos ni podíamos relacionar entre sí, o si no, lo hacíamos de manera intuitiva y muchas veces errónea, por haber realizado un aprendizaje no significativo de esas “cosas”. Por eso me pregunto:

¿Cómo compatibilizar la necesidad de partir de cuestiones concretas y cotidianas con el deseo de trabajar a partir de un enfoque sistémico?



VIOLE Pienso que una posible solución sería plantear el aprendizaje a partir de situaciones problemáticas motivadoras. Por ejemplo, cuando desarrollemos el tema rocas, en lugar de comenzar por los minerales y sus aspectos químicos, podríamos hacerlo planteando problemas acerca de la utilidad de las rocas, sus colores y formas, su procedencia, etc. Estos aspectos suelen interesar a los estudiantes y podrán construir estructuras que serán enriquecidas por los aprendizajes posteriores. En ese sentido, creo que sería interesante retomar los resultados de la Actividad 1 (ver “Programa de actividades para la clase”) y preguntar

¿Por qué creen que puede resultar interesante estudiar la geosfera?



ARIEL Esta actividad nos permitirá conocer los intereses de los estudiantes, y en función de ello, sobre la marcha, podremos orientar el desarrollo de los contenidos. Sin embargo, opino que son demasiados contenidos conceptuales para desarrollar con esta metodología en el tiempo de clase que disponemos, ¿ustedes qué opinan?

ANA Hay varias opciones. Yo prefiero seleccionar y luego priorizar aquellos contenidos que consideremos *estructurantes* y que faciliten la reelaboración de *conocimientos significativos* posteriores.

PEDRO Coincido con Ana, pero, además habría que hacer un esfuerzo por analizar la forma de presentar esta unidad pensando en los alumnos de 11 a 14 años, con *conceptos escolarizados*, accesibles a ellos. ¿Qué les parece si agrupamos los contenidos en tres grandes temas? Estos serían «La litosfera», “Rocas y minerales” y “Suelos”.

En cada tema pondríamos énfasis en estudiar los principales procesos de formación y transformación de los materiales. Además, deberemos vincularlos entre sí y con los conceptos referidos a recursos y reservas naturales, para alcanzar la finalidad que nos propusimos.

ARIEL Me parece que, para abordar estos temas, tendremos que facilitar el acercamiento de los estudiantes a la idea de tiempo geológico.

ANA Así es, y creo que finalmente acordamos cómo organizar nuestra unidad. Propongo que después de una pausa discutamos qué entendemos por recursos y reservas naturales y la forma de acercar a los estudiantes a algo que parece tan alejado a sus intereses como es el tiempo geológico.



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 1

1. ¿Qué relaciones tiene esta unidad con las anteriores?
2. Justifique la utilidad de un enfoque sistémico.
3. ¿Qué posibles enfoques se plantean para la organización de contenidos?
4. ¿Cuáles son los tres grandes temas en que se agrupan los contenidos?
5. ¿Cuál es la finalidad de esta unidad?

1.3. RECURSOS Y RESERVAS NATURALES NO RENOVABLES

PEDRO Siguiendo la propuesta de Ana, podríamos recordar los resultados de las actividades anteriores e indagar qué ideas tienen los estudiantes sobre el tema, ¿les parece? Les propongo

Diferenciar los conceptos de recursos y reservas naturales. Proponer ejemplos de ambos.



ANA Yo entiendo que recursos naturales son todos los que nos brinda la naturaleza y que, eventualmente, podríamos utilizar con cualquier finalidad. Pero nos referimos a ellos de un modo genérico, sin mencionar la localización, ni sus calidades y, menos aún, las cantidades.

ARIEL Justamente ésta es la diferencia conceptual con el significado de reservas. El término reservas se aplica a aquellos recursos que son escasos o pueden ser destruidos. Dicho de otro modo, el término reserva es una categoría conceptual que incluye a aquellos recursos que han sido definidos en relación con su calidad, cantidad y ubicación geográfica, o sea, sobre los cuales poseemos un conocimiento cuantitativo.

PEDRO Otro concepto que deberíamos aclarar es que las rocas, minerales, aguas, no se fabrican, se extraen, y por esa razón se habla de *industria extractiva*, o sea, *sacar o extraer todo o parte de los materiales que naturalmente se encuentran en algún sitio de la Tierra*.

ANA Así es, y ese criterio de análisis no sólo se aplica a la minería, sino que también es válido para el agua y los suelos en los casos en que se extraen sus componentes esenciales (agua y nutrientes respectivamente) sin los intervalos necesarios para la reposición natural. Creo que la *explotación irracional* de los recursos muchas veces obedece a preconceptos erróneos sobre la renovabilidad de los recursos. Por eso, vale la pena recordar que sólo conociendo el ciclo natural de regeneración de cada recurso es posible su uso sostenible.

VIOLE Bueno, pero para conocer cómo “funcionan” los ciclos naturales es necesario conocer sus procesos de formación y transformación y esto nos lleva a retomar la problemática de los cambios que ya fue abordada en la Unidad I del Bloque I, en el curso del tratamiento de los conceptos de trabajo y energía. Además, Ariel mencionó el tema tangencialmente al justificar el tiempo geológico como prerrequisito para el desarrollo de esta unidad.

1.4. CAMBIA ... TODO CAMBIA

ARIEL Son muy interesantes estas reflexiones acerca de los recursos, pero creo que deberíamos avanzar en el conocimiento de los cambios, naturales y/o artificiales que ocurren en la litosfera, para que así podamos analizar algunas estrategias para prevenir, controlar o revertir los efectos negativos.

PEDRO De acuerdo, sugiero comenzar analizando los cambios en los paisajes y sus componentes (rocas, suelos, agua, etc.), puesto que ellos representan las formas de la superficie litosférica. De esta forma, destacaríamos la importancia de estudiar los procesos de cambio, sus causas y consecuencias. Nunca dejo de asombrarme al pensar que en la Tierra, todo cambia sin que aparentemente nos demos cuenta y además, así lo canta Mercedes Sosa en todo el mundo: “Cambia, todo cambia, ...”

ARIEL Sin embargo, hay algunos cambios muy lentos que resultan imperceptibles en la escala de tiempo humana. Me refiero a las cordilleras, los continentes, las rocas, etc. Todos ellos sufren cambios que tardan millones de años en manifestarse, y cuando los advertimos lo hacemos a través de sus productos, es decir de los paisajes, de las rocas, o de los fósiles. Sin embargo, existe un hecho curioso: hay cambios muy lentos, pero pueden medirse. Este es el caso del Atlántico que cada vez es más ancho, y crece a un promedio de 4 cm por año. Más adelante podremos explicar este crecimiento, pero lo interesante es que nuestros alumnos pueden realizar una analogía entre esa velocidad y la del crecimiento de las uñas o del cabello y esto ayuda a la conceptualización del tiempo geológico.

PEDRO Por el contrario, hay otros cambios que ocurren tan rápidamente que es posible advertir los procesos de cambio, además de sus resultados. Los hombres, en general, somos testigos de cambios en la superficie terrestre, pero rara vez nos damos cuenta de ello y menos aún, los asociamos con procesos geológicos. Al respecto suelo preguntar a mis alumnos:

¿Qué tipo de cambios pueden modificar los paisajes? Describanlos. ¿Podrían mencionar ejemplos indicando la época en que se produjeron los cambios aludidos?



VIOLÉ En general los chicos reconocen cambios geológicos contemporáneos y de rápida evolución (catastróficos), como por ejemplo la destrucción provocada por un terremoto, las acumulaciones de cenizas y/o lava surgida de los volcanes, el barro y arena dejado por inundaciones, e incluso los cortes de rutas y calles, resultantes de la erosión hídrica. Sin embargo, he podido advertir que los alumnos, en la mayoría de los casos, hablan del paisaje y las rocas como si éstos fueran inmutables y esto está muy relacionado con la dificultad que ofrece la construcción del concepto de tiempo.

ANA Esta dificultad en la concepción del tiempo me recuerda el relato de un científico que ponía como ejemplo un diálogo entre...

LUCIA ¡Hola Pedro!, decidí aceptar tu invitación y aquí estoy. Disculpen la interrupción.

PEDRO ¿Cómo estás?. Bueno..., en realidad no fue una invitación, te comenté que trabajaríamos sobre algunos temas que vos estás estudiando en tu primer materia de geología, en la universidad.

VIOLÉ ¿Qué tal, Lucía? Yo soy Violeta y en lo que a mí concierne, nos vendrían bien tus comentarios acerca de los abordajes que proponemos para cada tema. ¿No les parece?

LUCIA Les agradezco, espero aprovechar la discusión y prometo colaborar en lo que pueda.

ANA Bien, yo no tengo inconveniente. Cuando vos llegaste, Lucía, comentábamos que la construcción del concepto de tiempo geológico es dificultosa debido a la subjetividad con que se perciben los cambios que marcan el paso del tiempo. Siguiendo el relato, el científico ponía como ejemplo un diálogo entre mariposas que estaban sobre un pino. Una de ellas preguntó: “¿habrá crecido el árbol?” y la otra responde: “soy vieja, tengo casi 4 días de vida y estoy por morir, pero desde que nací no ha sufrido ningún cambio”.

ARIEL Los chicos son como las mariposas y por ello, el significado de “joven” o “viejo” depende de qué escala de tiempo consideremos. Los geólogos afirman que los Andes y los Himalaya son cordilleras jóvenes porque empezaron a formarse hace unos 30 millones de años y a nosotros esa cantidad nos abruma. Por ello me gustaría saber qué opinión tienen sobre

¿Cómo podríamos motivar a los estudiantes para el estudio del tiempo geológico?



VIOLÉ Una forma sería interesar a los alumnos en la necesidad de utilizar diferentes unidades de tiempo para analizar los cambios en el paisaje. Para ello, podríamos proponer la siguiente actividad:

¿Por qué es importante conocer la época en que se produjeron cambios como los que han mencionado a título de ejemplo?



Sería interesante que surgieran respuestas que mencionen la necesidad de establecer relaciones con sucesos simultáneos a los cambios aludidos, e incluso con otros anteriores y posteriores que aporten explicaciones para entenderlos y para orientar futuras acciones de prevención y/o control de los efectos negativos.

PEDRO Otra manera de estimular a los estudiantes sería señalando que para reconstruir la historia de la Tierra, necesitamos establecer la duración y la secuencia en que ocurrieron los sucesos geológicos y biológicos a lo largo de toda su evolución. Para ello se deben determinar las “fechas” en que comenzaron y finalizaron cada uno de ellos. Me parece muy ilustrativa una frase de nuestro colega Anguita que dice: “*El tiempo es una abstracción que sólo podemos concretar llenándola de acontecimientos*”.

ARIEL Es muy cierto, pero también podríamos presentar un caso concreto de aplicación del concepto de tiempo geológico. Se me ocurre el caso de una mina que posee vetas de galena (mineral de sulfuro de plomo), para la cual se determinó una edad de, por ejemplo, 320 Ma (millones de años). Este dato es fundamental para buscar más vetas similares en las regiones cercanas, ya que la búsqueda deberemos circunscribirla únicamente a las zonas donde aparezcan rocas de mayor edad. Este criterio será comprendido fácilmente si los chicos consideran que una veta se forma por relleno de una grieta y para que se produzcan grietas deben existir rocas más antiguas que pudieran haberse “agrietado”.

ANA Creo que la necesidad de estudiar los tiempos geológicos está clara, pero me parece complicado explicar cómo se hace para conocer las edades (fechas) de procesos tan lejanos. Por ello sugiero que pensemos: ¿cómo facilitar comprensión acerca de las formas de calcular las edades?

1.5. EL TIEMPO GEOLÓGICO

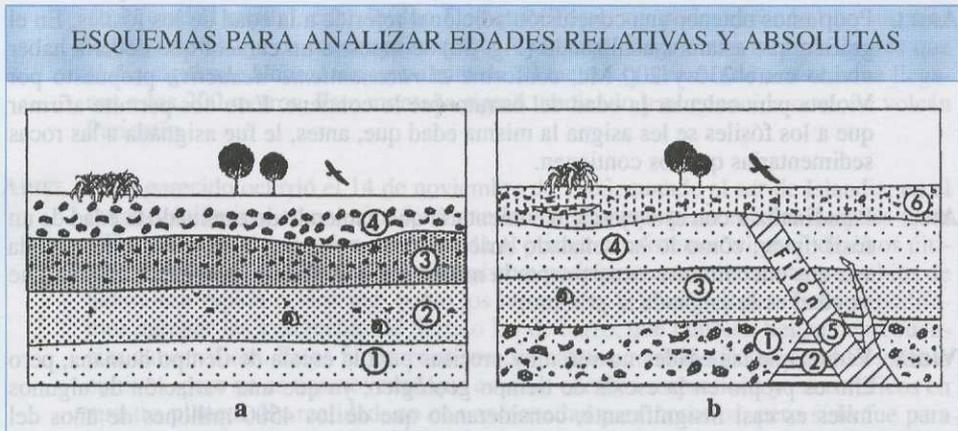
PEDRO Podríamos decir que tenemos dos maneras de referirnos a las edades de las rocas. Por una parte podemos hablar de *edad relativa* que sólo nos permite establecer relaciones temporales del tipo “esto es más viejo” y “aquello es más nuevo”. La otra forma es la *edad absoluta* y se refiere al tiempo (cantidad de años) transcurrido desde que se formó una roca.

VIOLE Como ejemplo de edades relativas, podemos aludir a uno de los principios básicos de la Geología, el famoso *Principio de superposición de estratos*, que dice que cuando vemos capas horizontales, podemos afirmar que las inferiores son más antiguas y las superiores son las más nuevas porque fueron las últimas en depositarse. En todos los casos debemos aclarar que dicho principio se aplica a las *rocas sedimentarias*, es decir, aquellas formadas a partir de la acumulación de fragmentos, en la superficie terrestre, en forma de capas o estratos de arenas, gravas, etc.

PEDRO Este aspecto, referido a edades relativas es simple de trabajar en el campo, analizando las capas presentes en las barrancas de un río, en cortes de caminos, etc., o bien con fotos o dibujos (Fig 3).

LUCIA Según veo, la Fig. 3b muestra capas horizontales atravesadas por filones y además, éstos a su vez presentan evidencias de haber sido decapitados por la erosión y sepultados por estratos que se acumularon posteriormente.

FIGURA 3



PEDRO Exactamente, pero dejame aclarar que *filón* es el nombre con que se designan *las formas tabulares de unos cuerpos rocosos particulares, formados por rocas magmáticas o ígneas*. Estas rocas se han formado dentro de la litosfera por enfriamiento (y endurecimiento) de un material fundido viscoso (magma), cuando éste se introduce en las grietas de las rocas; por eso tienen formas de tablas de unos pocos metros de ancho y largos variables. De modo similar a lo mencionado antes, podríamos hablar de un principio de intrusividad para resaltar que un filón siempre es más joven que las rocas en las que se ha introducido. ¿Se entiende cómo hemos determinado estas edades relativas?

ANA Se entiende bien. ¿Qué les parece si le proponemos a los alumnos que

Organicen en forma cronológica la formación de los estratos y filones que aparecen en el dibujo de la Fig. 3a-b?



Así veremos que las edades relativas se pueden establecer aplicando los principios de superposición y de intrusividad. El resultado es el indicado en el dibujo mediante números ordinales.

PEDRO Buena idea, yo agregaría que las edades absolutas se expresan en millones de años (Ma), pero ello requiere de cálculos que se realizan conociendo, mediante análisis químicos especiales, las cantidades de isótopos radioactivos como uranio 238, potasio 40, etc. que están presentes en las rocas. También aclararía que *las edades absolutas más confiables se determinan en rocas ígneas*.

VIOLÉ De acuerdo, eso no vale para las rocas sedimentarias, pese a lo cual es posible conocer, en forma aproximada, sus edades. Esto ocurre en los casos que los estratos están

cortados por rocas ígneas de las cuales podemos conocer sus edades absolutas. Concretamente, si la edad absoluta del filón 2 fuese de 230 Ma y la del filón 5 de 200 Ma, entonces podríamos decir que el estrato 3, que sepulta al filón 2 se formó hace menos que 230 Ma y, a la vez, los estratos 3 y 4 son más antiguos que 200 Ma porque contienen (alojan) al filón 5.

ARIEL Podríamos obtener una conclusión adicional referida a la edad de los fósiles. En el gráfico que estamos analizando (Fig. 3b) se muestra un caracol que debería haber vivido entre 230 y 200 Ma, conforme *al razonamiento deductivo* propuesto por Violeta para calcular la edad del estrato que lo contiene. Esto nos permite afirmar que a los fósiles se les asigna la misma edad que, antes, le fue asignada a las rocas sedimentarias que los contienen.

ANA Para finalizar con este ejercicio comentaría que habiendo determinado la edad de un fósil típico, como lo ha señalado Ariel, podemos *razonar inductivamente*, y cada vez que encontremos exactamente la misma clase de fósiles, podremos afirmar que su edad es la asignada al primero.

VIOLE Vemos que las edades no son muy precisas para la escala de tiempo humana, pero ello es propio en la escala de tiempo geológico, ya que una variación de algunos miles es casi insignificante, considerando que de los 4500 millones de años del Planeta, sólo en los últimos 560 millones se verifica una verdadera explosión de vida, aunque en realidad comenzó mucho antes.

ARIEL Me quedé pensando que pese a la lentitud de los cambios, ellos quedan registrados en las rocas que encontramos en la superficie: las que están en las cumbres de los Andes, o los Alpes. En ellas, se encontraron fósiles marinos que vivieron entre 65 y 15 Ma. Este tipo de informaciones les permite a los geólogos afirmar que, durante esas fechas, las regiones estuvieron bajo el mar.

VIOLE ¡El mar...!, ¡la playa...!., ¡el descanso...!., ¿Hacemos una pausa?



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 2

1. ¿Cuál es la diferencia conceptual entre recursos y reservas?
2. ¿Cómo se puede destacar la importancia de estudiar los procesos de cambio?
3. ¿Cuáles son los cambios que advierten más fácilmente los estudiantes? ¿Por qué?
4. Justifique la necesidad de aproximarnos al concepto de tiempo geológico.
5. ¿Cómo puede conocer las edades relativas de las rocas?
6. ¿Cómo se establece la edad de un fósil?

1.6. LAS IDEAS TAMBIÉN CAMBIAN

ANA Ariel nos comentaba la lentitud con la que se manifiestan los cambios en la superficie terrestre, pero también debemos recordar que hay montañas, de origen volcánico, que se han formado en algunos días a la vista de azorados pobladores. Un caso muy conocido ocurrió en México, el 20 de febrero de 1953, a unos 300 km al oeste de la ciudad capital, cuando don Demetrio Toral, sin poder creer lo que sus ojos veían, fue testigo de las erupciones que eyectaban fragmentos incandescentes que al día siguiente alcanzaron una altura de 40 metros, y al cabo de una semana llegaron a los 200 metros. Esta montaña siguió creciendo y es conocida como el volcán Parícutín.

ARIEL Algo parecido ocurrió el 14 de noviembre de 1963, cuando al sur de Islandia, en el océano Atlántico, comenzó a formarse la isla Surtsey, que tres años después tenía 173 metros de altura y fue considerada el primer ecosistema “virgen” de estos últimos tiempos. Pero, además del vulcanismo, podríamos mencionar otros cambios de naturaleza rápida o violenta, como los terremotos e inundaciones. Incluso podríamos agregar las avalanchas de tierra o las de barro, que también tienen consecuencias catastróficas. Estos fenómenos son dramáticos cuando afectan a poblaciones o cultivos, pero no es una novedad que ocurran eventos sorprendidos y catastróficos en nuestro planeta. En realidad, no es una novedad para nosotros, pero sí lo fue para los primeros hombres que sufrieron las consecuencias y que además no tenían más explicaciones que las de tipo divino o mitológicas.

PEDRO Esos comentarios son muy interesantes. Yo creo que la comprensión de algunos aspectos de la evolución del conocimiento científico permitirá advertir acerca de la íntima relación que existe entre los fenómenos sociales y el desarrollo científico, desmitificando, de esta forma, la idea generalizada de que las ciencias son formas de conocimiento totalmente objetivas y socialmente neutrales.

ANA ¿Qué les parece si planificamos una actividad que estimule a los estudiantes a reflexionar sobre la evolución de las ideas acerca de los fenómenos geológicos? Para ello es fundamental nuestra orientación en la búsqueda bibliográfica, diseño de entrevistas, etc. Podríamos comenzar la actividad pidiendo que se formen grupos y que cada uno de ellos organice su tarea para

Enunciar aquellos fenómenos geológicos sobre los que desean rastrear las explicaciones que se dieron a través de la historia.



VIOLE Me parece bien, seguramente van a aparecer, entre otros, el origen de las montañas, la presencia de fósiles marinos en la cumbre de las montañas, terremotos, erupciones volcánicas, etc.

ARIEL Quizás, los colegas de historia también pueden actuar como consultores acerca del marco social, político, cultural y religioso en que se desarrollaron esas ideas. Por otra parte, sería necesario que al concluir con este tema, se expongan las conclusiones. Cada grupo podría organizar los resultados de sus trabajos como lo crea más conveniente (cuadros, mapas conceptuales, esquemas, etc.) y exponerlos y discutirlos con sus compañeros.

VIOLE Considero sumamente interesante el intercambio entre los distintos equipos de trabajo y deberían considerar los *resultados*, la *metodología* de trabajo utilizada, las *dificultades* encontradas y las formas en que las superaron. De este modo favorecemos un trabajo que involucra tanto los contenidos conceptuales como los actitudinales y procedimentales, en forma integrada.

ANA Estoy totalmente de acuerdo pero también pienso que, debido al escaso tiempo que disponemos, podríamos optar por otra metodología, por ejemplo, trabajar con un extracto que hice de un trabajo inédito de mi amigo Luis Huerca. Sin embargo, sugiero proponer esta actividad con tiempo suficiente para que los alumnos puedan reflexionar y eventualmente realizar aportes. Como cierre, podríamos sugerir

Construir un esquema de la evolución de las ideas geológicas, a partir de la lectura del siguiente texto.



CATASTROFISTAS vs UNIFORMITARISTAS

“En la historia de la humanidad hubo dos aspectos que contribuyeron a retrasar varios siglos el progreso de las ciencias geológicas. Por un lado, la antigua idea de que los fósiles no fueron nunca seres vivos y la otra que afirmaba que los animales y plantas fósiles son restos de seres atrapados por los materiales formados durante el llamado Diluvio y luego convertidos en rocas.

Quienes sostenían las ideas del Diluvio Universal lo hacían porque necesitaban mantener la concepción de una Tierra inmutable, en señal de respeto a las ideas bíblicas y como aceptación y convalidación de los cálculos del arzobispo anglicano Armagh James Usher, quien, basado en los relatos de los profetas, calculó que el Cielo y la Tierra fueron creados durante la noche del 23 de octubre del año 4004 antes de Cristo. Agregó además, que el día 25 las aguas se unieron y los continentes emergieron. El hombre, los animales y las plantas aparecieron el jueves y el Diluvio sobrevino 1665 años después y luego, en el 2349 a. C., Noé se embarcó en su arca.

En tan breve lapso de tiempo, debieron formarse todos los paisajes y las rocas de una sola vez. Estas ideas requerían de catástrofes como la del Diluvio o las asociadas a volcanes y terremotos. Por este motivo, a fines del 1600, se desarrolló lo que luego se denominó escuela CATASTROFISTA, cuyos máximos exponentes fueron Woodward, Buckland y finalmente, Werner.

Años antes, Leonardo da Vinci (1452-1519), había rescatado las ideas de Pitágoras (550 a.C.) quien, basándose en los fósiles, sostuvo que la distribución de mares y tierras no fue siempre la misma. Se presume que Leonardo formuló la frase célebre “*el presente es la clave del pasado*”. Más tarde, Steno, de Inglaterra en 1669, formula el *Principio de superposición de estratos*, proponiendo que las capas sedimentarias inferiores son más antiguas que las superiores, y además resaltó el hecho, casi obvio, de que esas capas son horizontales y continuas. Por supuesto, se aplicaba el mismo criterio para los fósiles contenidos en ellas. Hoy, parecerá obvia esa formulación pero no debe olvidarse que en el siglo XVII se pensaba que las rocas se habían formado de una sola

vez, de modo que no cabía la posibilidad de reconocer capas de edades muy diferentes.

Usando el principio de Steno se intentó calcular cuánto tiempo tardaban los estratos sedimentarios en formarse. Para ello se midieron las velocidades con que aumentaba el espesor de las capas que se formaban en el fondo de los lagos, ríos y océanos. Así, se propusieron tiempos que iban desde 333 años hasta 4.400 para que se acumule una capa de un metro de espesor. Por esta vía se llegó a calcular que algunas pilas de capas rocosas tardaron entre 80 y 100 millones de años en formarse.

Las ideas más revolucionarias sobre el tiempo geológico, recién comienzan a consolidarse a partir de Hutton, quien junto con Lyell, son considerados los padres de la geología moderna. Hutton en 1785 mediante sus publicaciones, conferencias y discusiones logró convencer a la comunidad científica de los alcances de la frase “el presente es la clave del pasado”.

Hutton sostuvo que había rocas formadas a partir de un material fundido y enfriado en profundidad. Afirmó además que *los procesos que actuaron en el pasado fueron los mismos que en el presente y que se repitieron cíclicamente durante mucho tiempo de manera uniforme*. Esta escuela fundada por Hutton, y que tuvo muchos adherentes, fue denominada UNIFORMITARISTA. Así, con el sólo paso del tiempo podría justificarse la erosión de las cadenas montañosas más antiguas, dejando al descubierto sus raíces, constituidas por rocas formadas a miles de metros de profundidad. En realidad, las ideas de Hutton fueron divulgadas y esclarecidas por su gran amigo Playfair, ya que Hutton era muy malo para escribir y comunicar sus ideas. En cambio Lyell fue un gran orador y un hábil comunicador científico y en 1825 publica su libro “*Principios de Geología*” en el que apoya las afirmaciones esenciales de Hutton, contribuyendo con nuevas pruebas. Sin embargo, en la 10ª edición (1866) de su libro, modifica sus ideas acerca de la uniformidad y la ciclicidad del tiempo, lo cual reafirma en la última edición de 1872. Las modificaciones surgieron desde que admitió que los procesos geológicos, así como la vida, evolucionan en el tiempo. En consecuencia no podía mantener la idea de procesos geológicos que se repetían cíclicamente de manera uniforme.

Las ideas evolucionistas de Charles Darwin tuvieron una influencia decisiva de quien fuera su gran maestro. Lyell final y dolorosamente aceptó el gradualismo en los procesos geológicos, reconociendo que los mismos deberían haber disminuido su intensidad, sobre todo cuando ya se pensaba firmemente en el enfriamiento de la Tierra. Así, en el caso de su vida, adoptó una posición que podríamos denominar GRADUALISTA, que representó un avance en contra del catastrofismo y en el perfeccionamiento del uniformitarismo.

Hoykaas en 1970 intentó acercar las posiciones, dado que ya era insostenible negar la existencia de episodios catastróficos. De esta manera propone lo que se denomina como MÉTODO ACTUALISTA, en el cual se admite que *todos los procesos físicos que hoy percibimos en la Tierra actuaron también en el pasado pero a ritmos que han podido variar enormemente*. Con ello, se admite la posibilidad de catástrofes en el pasado, aunque sin adherir al absolutismo de esa escuela medieval.

Como muestra de los cambios de las ideas, vale la pena resaltar el hecho de que en el presente existe una corriente denominada NEOCATASTROFISTA, que sin adherir a los postulados medievales, reclama el reconocimiento de que, efectivamente, hay acontecimientos catastróficos que dejan sus huellas en los terrenos y que no responden a episodios cíclicos, sino esporádicos.

De hecho desde hace poco se han bautizado nuevas rocas, productos de catástrofes. Ellas son las *impactitas* y *tempestitas*, las primeras son rocas formadas por el impacto de meteoritos sobre la superficie y su particularidad obedece a que el impacto produce grandes presiones y temperaturas en forma casi instantánea y que no se obtienen en otras condiciones. Las tempestitas son rocas sedimentarias que se producen en fondos de lagos y mares durante las tempestades que producen una agitación inusual de las aguas, como es el caso de los maremotos o los huracanes.

PEDRO Creo que el artículo sintetiza bastante bien la complejidad de la construcción de los conocimientos científicos, mostrando que no son neutros y que son productos de procesos complejos donde tiene gran influencia el contexto histórico-social.

ANA Me parece interesante agregar que la denominación de *método actualista* sugiere un procedimiento para interpretar los procesos del pasado basándose en el conocimiento de los resultados (efectos) que producen los procesos en la actualidad y que quedan registrados en los materiales y las formas del paisaje. Por ejemplo, actualmente vemos que la acción de los ríos o los volcanes produce paisajes típicos, caracterizados por formas (valles, conos) y acumulaciones de materiales (arenas muy gruesas, lava). Este conocimiento del registro geológico nos permite realizar un camino inverso cuando estudiamos los materiales formados en el pasado. Así, cada vez que encontremos arenas muy gruesas o una colada volcánica de lava intercaladas entre capas de otras rocas, podremos interpretar que han sido formadas por procesos fluviales o volcánicos respectivamente.

ARIEL Es muy fácil trabajar este método con los alumnos. Para ello podríamos visitar el valle de un río encajado en viejos sedimentos fluviales y proponerles que

Observen, anoten y dibujen las características de los materiales que aparecen en el lecho del río y cotejen con los que aparecen en las barrancas del valle.



ANA Bien, creo que con el intercambio realizado hemos refrescado nuestra memoria sobre los modelos explicativos acerca de los procesos geológicos.



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 3

1. ¿De qué tipo fueron las primeras explicaciones que se dieron a los cambios rápidos de la superficie del planeta con consecuencias catastróficas?
2. Justifique la importancia del conocimiento de la evolución de las ideas.
3. ¿Podría explicar con sus palabras los argumentos utilizados por los catastrofistas, uniformitaristas, actualistas y neocatastrofistas, para explicar el origen de las rocas y los cambios en el paisaje?

2. LA LITOSFERA

VIOLE Pensaba que deberíamos comenzar discutiendo sobre algunos de los procesos geológicos que cautivan el interés de los estudiantes, pero además de ello me preguntaba...

¿Qué otros requisitos deberían reunir las cuestiones propuestas a los alumnos para que resulten significativas?



ANA Vos te referís Violen, a que es importante que estén cerca de su estructura de conocimientos previos y que estén planteadas con alguna dificultad para que los motive a la construcción de conocimientos.

VIOLE Exactamente. Podríamos retomar algunas de las preguntas que se propusieron al comienzo, por ejemplo: ¿Por qué hay volcanes?, ¿Dónde puede tener lugar un próximo terremoto?, y esos terremotos, ¿cómo se producen?, ¿Cómo se forman las montañas?, etc.

ARIEL Coincido con ustedes, recuerdo dos terremotos que me impactaron: uno ocurrió en 1991 en la India, en el que murieron más de 2.000 personas y otro, el 3 de marzo de 1985 que mató 177 personas en Algarrobo, Chile. Estos fenómenos catastróficos promueven actitudes solidarias y reflotan los miedos ancestrales, y constituyen un elemento motivador que justificaría que comencemos con los fenómenos volcánicos y sísmicos y dejemos para luego lo referido a las montañas; ¿están de acuerdo?

VIOLE De acuerdo, erupciones volcánicas y terremotos han sido fuentes de preocupaciones y miedos desde los comienzos de la humanidad hasta nuestros días. Esta afirmación puede comprobarse considerando el espacio que tienen estos fenómenos en todos los medios masivos de difusión.

2.1. VOLCANES Y TERREMOTOS

PEDRO Bien, veo que coincidimos en que estos temas pueden ser un buen punto de partida para introducir a los alumnos en el estudio de la litosfera. Estos aspectos son motivadores y pienso que sería interesante proponer actividades para que los estudiantes construyan su propio conocimiento respecto de los lugares donde ocurren estos fenómenos.

¿Cuáles son las consecuencias provocadas por las erupciones volcánicas y por los terremotos? ¿Cómo se originan cada uno de estos fenómenos?



VIOLE Al respecto, la mayoría de los chicos, amigos y familiares, tienen ideas acerca de este tipo de catástrofes y suelen mencionar el choque de las placas y la surgencia de lava del centro de la Tierra, estableciendo una relación causa-efecto incorrecta. Sobre esas posibles ideas previas, sugiero continuar la actividad, en forma grupal, ofreciéndoles un planisferio y proponiendo que

Indiquen sobre el planisferio los sitios donde con mayor frecuencia ocurren fenómenos volcánicos y sísmicos (un símbolo para cada uno). Describan los rasgos de la distribución resultante.



ANA Me parece muy buena idea, ya que de este modo los propios estudiantes pondrán en juego sus ideas previas y es posible que se interesen en ampliar la información mediante una búsqueda de registros orales y/o escritos en periódicos u otras fuentes. Como fruto de ese trabajo, será evidente la disposición lineal de sismos y volcanes, lo cual indicará que estos fenómenos *no ocurren al azar sino que responden a algún patrón*, sobre el cual deberá buscarse alguna explicación.

ARIEL Esto nos abre las puertas para promover conocimientos significativos, sobre todo si establecemos relaciones con los resultados de las actividades anteriores. Para ello, sería importante analizar cómo han quedado representados en el planisferio los símbolos de terremotos y volcanes. Este análisis es fundamental porque precisamente las líneas en las que se concentran los terremotos y el vulcanismo delimitan lo que se denomina *placas litosféricas* (sectores de roca rígida). En principio, se reconocieron once placas (Fig. 4), aunque actualmente se han subdividido, aumentando su número.

LUCIA Es sorprendente la coincidencia de sismos y volcanes en las mismas regiones. Me gustaría profundizar este tema que siempre me ha fascinado, pero hay dos cosas que no termino de comprender:

- ¿Por qué se manifiesta esa coincidencia en la ubicación de terremotos y volcanes?*
- ¿De qué manera los terremotos se relacionan con el origen del vulcanismo?*



ARIEL Tus preguntas, Lucía, recogen una idea muy generalizada, porque relaciona ambos fenómenos mediante una relación causa-efecto, que, por cierto, es incorrecta. Diría que para resolver tus interrogantes será necesario que ampliemos algunos concep-

Esta propuesta ya ha sido hecha por algunos investigadores. En un artículo que leí se comenta que la mayoría de los niños de 10 a 15 años divide a la Tierra en tres capas concéntricas (corteza, manto y núcleo); aumentando el número de capas mencionadas en los cursos superiores (corteza, astenosfera, manto superior, manto inferior, núcleo exterior y núcleo interior). Incluso algunos mencionan la posibilidad de la existencia de ciudades subterráneas.

ARIEL Yo opino que ello es común con otros países, pero tendríamos que verificarlo. Por otra parte, creo que debemos destacar que esas ideas previas representan distintas etapas en el conocimiento humano de la estructura interna de la Tierra y que ellas, en muchos casos, aparecen mezcladas, como por ejemplo cuando mencionan la astenosfera por debajo de la corteza y sobre el manto superior, sin percatarse que constituye la parte superior de este último.

2.2. VIAJE AL CENTRO DE LA TIERRA

PEDRO Creo que tendríamos que organizarnos y analizar en primer lugar algunos aspectos de la estructura de la Tierra. Luego, recién podremos definir las placas y finalmente, estudiar sus movimientos y profundizar los conocimientos sobre volcanes y terremotos. ¿Están de acuerdo?

ANA Me parece bien. Para comenzar, mencionaría que el concepto de litosfera se consolidó mediante estudios realizados en los 70. Estos estudios son similares a las ecografías en el cuerpo humano, ya que se basan en el análisis de las velocidades y las trayectorias de ondas en el interior de un sistema material. En el caso del Planeta, se aprovechan las vibraciones producidas por los terremotos, aunque también pueden provocarse con explosivos. Cuando las ondas pasan a un medio (capa) diferente del que venían, cruzan discontinuidades (límites) que son reconocibles porque la velocidad aumenta, si el nuevo medio es más rígido o más denso, y disminuye si es a la inversa.

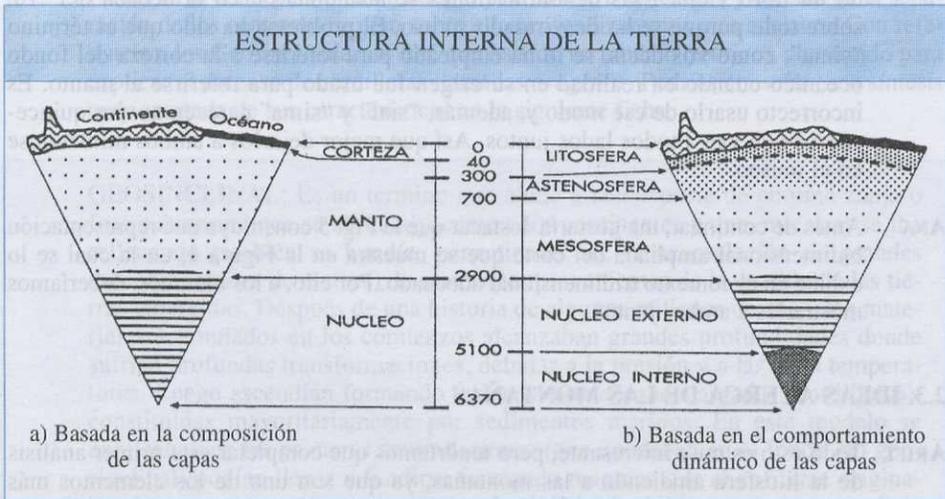
LUCIA Todo está muy interesante, pero, ¿me pueden explicar?

¿Por qué hablan de corteza, manto y núcleo si en la Figura 1 sólo mencionan litosfera, astenosfera, mesosfera y núcleo?



PEDRO Tenés razón, tratemos de explicarlo mirando la Figura 5. Hay una equivalencia entre ambos ordenamientos, pero vamos por partes. Corteza y manto son nombres usados para referirse a la *composición de las capas*, debido a que ese aumento de velocidades que mencionaba Ana se atribuyó a un aumento de densidad en las rocas, (de 2,6 a 3,4 g/cm³) y ello, a su vez, se interpretó como el resultado de diferentes clases de rocas. Mediante perforaciones se ha podido conocer que en la región continental dominan un tipo de rocas llamadas *graníticas* que son las de menor densidad (2,6 g/cm³), y en la región oceánica la corteza está compuesta fundamentalmente por unas rocas volcánicas llamadas *basaltos* con una densidad mayor (2,95 g/cm³). Casi toda la superficie de ambas regiones está cubierta por sedimentos como una delgada cubierta de pocos centenares de metros. Siguiendo hacia el interior, la corteza se apoya sobre el manto, compuesto por un grupo de rocas *peridotíticas*, con densidad mayor que las dos anteriores (3,4 g/cm³) y finalmente se presenta el núcleo metálico, líquido en su mayor parte (densidad 9,5 - 12 g/cm³).

FIGURA 5



ANA Creo que la información que nos propone Pedro ayuda a comprender la idea, pero, por favor, no intentemos memorizarla. Ahora bien, para completar la respuesta a Lucía, yo comentaría que mediante estudios más detallados se descubrió una franja de manto, debajo del límite con la corteza, en la que las ondas sísmicas se propagaban con menor velocidad. Este descenso se atribuyó a que allí las mismas rocas (peridotitas) eran más plásticas, y fue bautizada con el nombre de “astenosfera”. De esta manera, la parte del manto sólida que queda por encima de la astenosfera, junto con la ya conocida corteza, ahora recibe el nombre de litósfera y la parte del manto, que queda por debajo, se denominó mesosfera. ¿Se entiende o es una jergonza?

ARIEL Creo que se entiende muy bien. Sin embargo, me gustaría comentar dos aspectos:

a) La *plasticidad* de la astenosfera obedece a que sus rocas poseen algunas partes parcialmente fundidas (con gotitas de magma en los poros de las rocas). Creo que es importante que los chicos sepan esto, para que luego comprendan el movimiento de las placas litosféricas y que no lo hacen “flotando” sobre “magma” como usualmente se escucha por allí.

b) Esta capa tiene una *espesor* que varía entre 100 y 500 km, y su límite con la litósfera se encuentra a unos 100 km debajo de los océanos y 300 km bajo los continentes.

LUCIA Yo he leído en algún sitio que la parte superior de la corteza era el “sial” y la parte inferior el “sima”, que se continúa en el fondo oceánico, y que esos nombres aludían a la composición química de las rocas de cada lugar, aludiendo a silicio (Si), aluminio (Al), magnesio (Mg)

¿Por qué no han mencionado las capas de sial y sima que muchos libros indican como partes de la corteza?



PEDRO Los libros suelen contener errores, pero en este caso, seguramente has consultado un libro viejo. Esas denominaciones se abandonaron en la década del '70, sobre todo porque se ha desvirtuado su uso. El problema ha sido que el término "sima", como vos decís, se lo ha empleado para referirse a la corteza del fondo oceánico cuando en realidad en su origen fue usado para referirse al manto. Es incorrecto usarlo de ese modo y, además, "sial" y "sima" parecen novios quinceañeros que van a todos lados juntos. Así que mejor dejarlos a ambos mimándose en el museo.

ANA Antes de continuar, me gustaría destacar que la Fig. 5 constituye una representación bidimensional ampliada del corte que se muestra en la Figura 1, en la cual se lo exhibe en el contexto tridimensional adecuado. Por ello, a los alumnos, deberíamos mostrarles a ambos juntos.

2.3. IDEAS ACERCA DE LAS MONTAÑAS

ARIEL Todo esto es muy interesante, pero tendríamos que completar este primer análisis de la litosfera aludiendo a las montañas, ya que son uno de los elementos más notables de su paisaje superficial. Por otra parte, varias publicaciones señalan que los estudiantes explican el origen de las montañas aludiendo a la erosión de la lluvia, arrugamiento de la corteza terrestre por enfriamiento, vulcanismo (las montañas se atribuyen a la lava acumulada), acumulación de sedimentos y choque de placas.

¿Habrá alguna correspondencia entre estas ideas con explicaciones dadas en el transcurso de la Historia de la Ciencia?



PEDRO Sin duda. Alrededor del 1800, el origen de las montañas se relacionaba con el enfriamiento y contracción de la Tierra y se pensaba, que surgían "arrugas" (alturas y depresiones), como en una manzana al secarse. Sin embargo, algunos observadores cuestionaron ese postulado porque, si fuese correcto, las montañas deberían estar distribuidas en el Planeta sin ordenamiento alguno. La disposición lineal de las cordilleras, tanto norte-sur (Andes), como este-oeste (Alpes-Himalayas), sugería que debían buscarse otras explicaciones y así comenzó a construirse lo que se llamó la teoría de los Geosinclinales.

VIOLE En la actualidad esa teoría fue superada por la Tectónica de Placas. Sin embargo, aún persisten ideas verticalistas que explican la formación de las montañas en función de movimientos de ascenso de la corteza terrestre, así como otras que atribuyen su origen a la eliminación de los materiales que las rodean, por efectos de la erosión. Podríamos conocer qué piensan los chicos al respecto.

¿Creen ustedes que actualmente se están formando montañas? Imaginen cómo se habrán formado las que conocemos y luego hagan uno o varios dibujos que les ayuden a explicar sus ideas.



LUCIA ¿Podrían explicarme qué son los Geosinclinales y qué significa Tectónica de Placas?

ARIEL Tienes razón Lucía. Creo que nos apuramos un poco. La teoría de la Tectónica de Placas es la concepción más moderna y se refiere a las causas y efectos de la separación de los continentes, pero sobre ello profundizaremos más adelante. Con referencia a los Geosinclinales, te diré que ha sido un modelo (teórico), construido para explicar el ascenso de cordilleras llamadas *orógenos*. Podrías consultar una síntesis muy apretada de sus características en la siguiente ficha:

GEOSINCLINAL: Es un término que alude a una especie de enorme zanja o fosa submarina que se abría adyacente a los continentes y que, mientras se iba rellenando también se hundía, permitiendo así, la acumulación de grandes espesores (miles de metros) de materiales provenientes de la erosión de las tierras emergidas. Después de una historia de algunos millones de años, los materiales acumulados en los comienzos alcanzaban grandes profundidades donde sufrían profundas transformaciones, debidas a la presión y a las altas temperaturas. Luego ascendían formando cadenas montañosas alargadas (cordilleras), constituidas mayoritariamente por sedimentos marinos. En este modelo se explicaba que las primeras acumulaciones (que quedaban en el fondo del geosinclinal) podían llegar a fundirse formando magmas que al enfriarse originaban las rocas magmáticas tanto en profundidad (plutónicas) como en superficie (volcánicas).

LUCIA ¿Podría ser que los Andes, o los Alpes, o los Himalayas, fueran orógenos que en algún momento fueron zanjas bajo el mar o geosinclinales y que ahora se están elevando?

PEDRO Efectivamente. Sólo hemos mencionado a la teoría de los Geosinclinales y no creo que debamos profundizarlo en esta oportunidad. En cambio, deberíamos justificar una de las causas del ascenso de masas de corteza que originaron las grandes cordilleras, ¿no les parece?

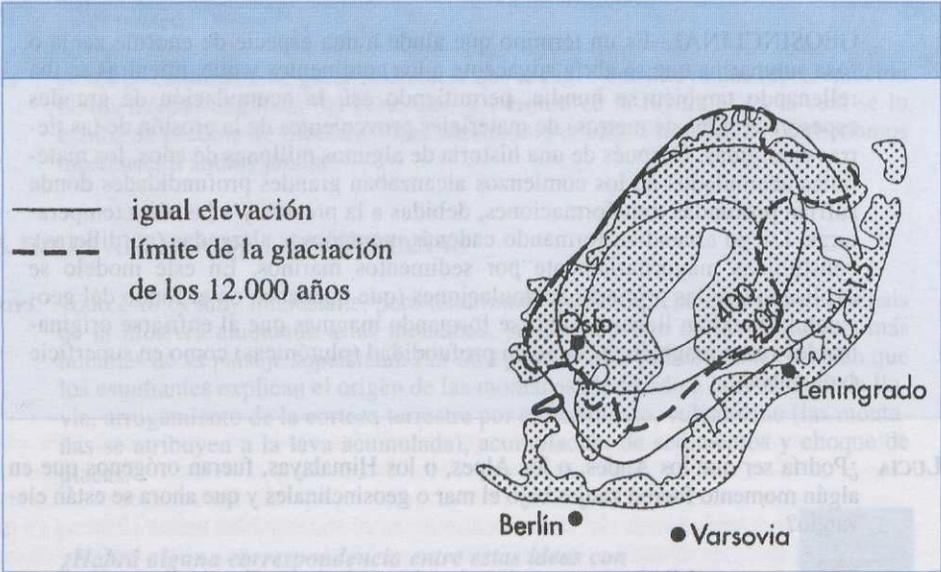
VIOLÉ Me parece bien. Para ello, comencemos por recordar que el *Principio de Isostasia* (Iso: igual; stasis: compensación), *propone la existencia de un equilibrio dinámico entre la litosfera y la astenosfera*. Dicho equilibrio obedece a la compensación entre las presiones (fuerza por unidad de superficie) que ellas ejercen entre sí. Es un equilibrio de tipo hidrostático, pero, cuidado, sin líquidos ya que la astenosfera es una capa plástica y por tanto el flujo de sus materiales es lento.

ANA Yo agregaría que al romperse el equilibrio isostático, se producen movimientos como una respuesta que procura un nuevo equilibrio. De un modo simple, este fenómeno podríamos modelizarlo con los alumnos usando un recipiente con gelatina sobre la cual apoyamos un platillo. A esta situación de equilibrio la “rompemos” depositando trozos de hielo seco en el platillo, hasta que se hunda. Allí estará en un equilibrio que durará hasta que se empiece a volatilizar el hielo seco. A medida que ello ocurra, el platillo ascenderá “isostáticamente”, retornando a una posición similar a la del comienzo.

VIOLÉ La Península Escandinava presenta este tipo de movimientos isostáticos debido al desequilibrio causado al fundirse la capa de hielo que la cubrió durante la última glaciación. Este es un ejemplo muy bien estudiado, tanto es así, que los geólogos han hecho un mapa (Fig. 6), en el cual se muestran tanto el borde del casquete de

hielo de hace 12000 años, como las alturas alcanzadas por los terrenos al retirarse el hielo. Observen que hay una parte central que se eleva 400 m mientras que, alrededor de ella, hay otras líneas que indican 200 y 15 metros.

FIGURA 6



PEDRO Tenés razón, hay antiguas playas con fósiles de 12000 años, que actualmente se hallan a unos 400 metros por encima del mar. Me parece que usando ese mapa podríamos plantear

¿Qué significado tiene la distribución concéntrica de áreas de igual elevación en el mapa de Escandinavia?



Yo creo que con lo dicho, pondrán en juego el principio de isostasia y seguramente, podrán inferir que la parte central se ha elevado más porque estuvo cubierta con mayor espesor de hielo. A la vez, hace 12.000 años, esa mayor cantidad de masa causó un mayor hundimiento en la región central.



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 4

1. ¿Cómo describiría la distribución geográfica de sismos y volcanes en el Planeta?
2. ¿Cómo se delimitaron las placas litosféricas, cuántas son?
3. ¿Qué se requiere conocer para explicar las causas de los sismos y del vulcanismo?
4. ¿Qué ideas tienen los estudiantes acerca de la estructura interna de la Tierra?
5. ¿Cómo surge la necesidad de abordar el estudio de la estructura interna de la Tierra?
6. ¿Cómo se relacionan los dos ordenamientos dados para la estructura interna de la Tierra?
7. ¿Por qué se abandonaron las denominaciones sial y sima?
8. ¿Qué ideas tienen los estudiantes, acerca del origen de las montañas?
9. ¿Por qué se desechó la idea de la formación de las montañas derivadas del enfriamiento?
10. ¿Qué explicación daba sobre el origen de las montañas la teoría del Geosinclinal?
11. ¿Qué propone el Principio de Isostasia?

2.4. FIJISTAS Y MOVILISTAS

VIOLÉ Hasta aquí hemos analizado algunas ideas referidas a los movimientos verticales de la litosfera, pero me gustaría conocer qué ideas tienen los alumnos al respecto, ¿no les parece?

¿Tendrán los continentes algún otro movimiento diferente de los isostáticos?



ARIEL Estupendo, ello nos permitiría indagar acerca de las ideas previas de los alumnos sobre este tema. Desde ya, creo que van a razonar conforme al modelo verticalista comentado.

PEDRO Yo no estaría tan seguro. Los medios de difusión masiva han ayudado, aunque a veces de modo erróneo, a instalar las ideas de movimientos horizontales. De todos modos es razonable que piensen que las montañas se forman por movimientos ver-

ticales, ya que el *ascenso isostático* eleva los terrenos aumentando sus pendientes y ello incrementa la erosión de los ríos. Estos dos procesos aún hoy influyen en el modelado del paisaje formando valles, montañas, etc. Por otra parte los volcanes, con todas sus variedades, también “crecen” verticalmente.

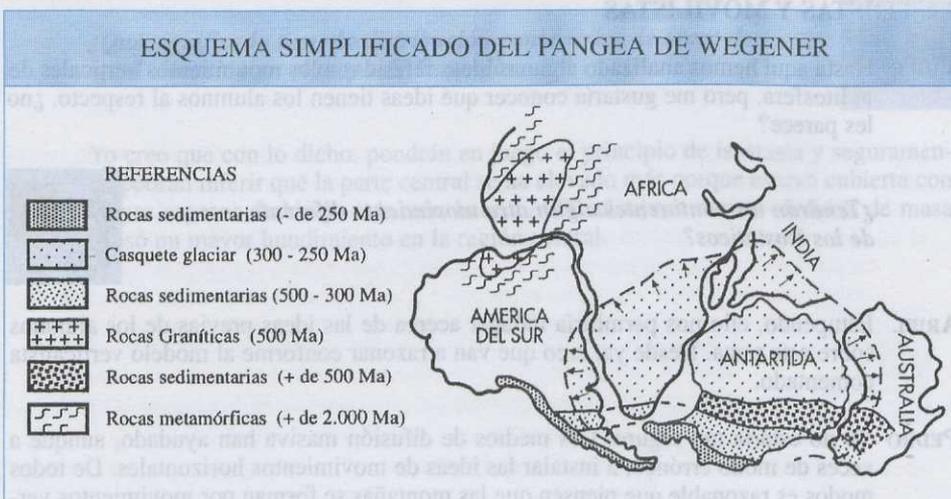
ANA Como decíamos antes, hacia fines del siglo XIX, la formación de montañas, los movimientos terrestres y la distribución de continentes y océanos, eran explicados esencialmente debido a movimientos verticales. En esa época, todavía se pensaba que la corteza “flotaba” sobre materiales fundidos y por ello se proponía que el Océano Atlántico se había formado al hundirse una parte del continente: la mítica Atlántida, que unía África y América, y que el Pacífico tuvo su origen en un desprendimiento de material fundido que salió despedido para ir a formar la Luna.

VIOLÉ Por mi parte, creo que tenemos que hablar de los defectos de ese modelo verticalista. No quiero insinuar que no sirva para nada, pero tenemos que aclarar que ha constituido un obstáculo epistemológico serio, que, a mi juicio, dificultó el conocimiento de la dinámica de la litosfera, como veremos más adelante.

PEDRO Yo estoy de acuerdo, el modelo verticalista lleva implícitos movimientos obvios: arriba y abajo, y ello induce a pensar que el movimiento de materia se producía en el mismo lugar geográfico. Con ese modelo no podía admitirse la movilidad horizontal de grandes sectores de corteza, tal como lo propuso el meteorólogo alemán Alfred Wegener, que en 1915 publicó sus ideas sobre la separación de los continentes, en el libro “El origen de los continentes y océanos”.

ARIEL Así es, Wegener sostuvo que al final, del Paleozoico, sólo existía un gran supercontinente que llamó Pangea (una sola tierra), que luego se fracturó y que sus trozos derivaron hacia donde hoy se los encuentra. Además, presentó un mapa (Fig. 7) en el que esquematizó sus principales argumentos en favor de la necesaria conexión física entre ambos continentes.

FIGURA 7



ANA Recuerdo una frase que, al menos para mí, es extraordinariamente didáctica y que decía, más o menos, así: “*Al unir América y África se advierte un sorprendente ensamble entre sus costas, como si fueran dos trozos de un periódico roto. Pero lo más significativo es que, como en un periódico, existe una asombrosa continuidad en los registros (renglones) y coherencia en el significado que obtenemos de interpretaciones de los registros (texto) presentes en las rocas.*”

PEDRO Los principales argumentos de Wegener para sostener la unión de América del Sur y África fueron sintéticamente los siguientes:

Argumentos geográficos. Aluden al “encastre” entre las costas de Sudamérica y África, aunque no es muy preciso debido a la erosión, que modificó el diseño original de las mismas.

Argumentos geológicos. Se observa continuidad en la clase y, sobre todo, en la edad de las rocas entre uno y otro continente (Fig. 7).

Argumentos paleoclimáticos. Uniendo los continentes como se indica en la Fig. 7, se advierte la continuidad de los límites de sedimentos de origen glaciario. Esto fue interpretado como un casquete glaciario existente en el período Carbónico (320 Ma). Parte de esa información procede de las sierras de Ventana en la Provincia de Buenos Aires y de la Precordillera en Argentina.

Argumentos paleontológicos. Los fósiles presentes en rocas anteriores a 200 Ma son equivalentes y parecen haber vivido en ecosistemas similares. Tanto en África como en América se encontraron tanto vegetales (*Glossopteris*) como reptiles (*Lystrosaurus* y *Mesosaurus*). Sin embargo, a partir de esas fechas las especies fósiles representan ecosistemas diferentes, lo cual induce a pensar que cada trozo del continente se encontraba en diferentes regiones climáticas.

ARIEL Cabría agregar que Wegener realizaba sus investigaciones meteorológicas y climatológicas en Groenlandia, donde halló la muerte. Su estancia continuada en los hielos de Groenlandia y su necesario contacto con el desprendimiento y deriva de témpanos, en mi opinión, fueron vivencias que constituyeron algo así como una base intuitiva para su propuesta científica.

¿Coinciden ustedes en que la propuesta de una teoría científica puede estar influenciada por ideas intuitivas?



VIOLE Por supuesto, cuando centramos nuestra atención en una determinada situación problemática, lo hacemos con todo nuestro cuerpo de conocimientos, no sólo las teorías de que partimos, sino también las creencias, actitudes, intereses, etc. Me parece importante esta reflexión porque mucha gente piensa que lo único que cuenta en la ciencia es la observación y experimentación y que ellas son neutras (no contaminadas por ideas apriorísticas). Pero vemos que ello no es así.

LUCIA Finalmente, ¿qué pasó con las ideas de Wegener?

ANA Si bien Wegener realizó un enorme esfuerzo por justificar la unión de América y África, no tuvo suficientes elementos de juicio para explicar las causas y los mecanismos de la separación. La comunidad científica exigía pruebas que justificaran la deriva y Wegener murió sin poder ofrecerlas.

PEDRO Recordemos que los adherentes al modelo de los Geosinclinales recibieron el mote de fijistas, mientras que los seguidores de Wegener fueron apodados movelistas. Ambos “bandos” estuvieron en pugna y enfrentados en discusiones científicas, en las que no siempre reinaba la calma. Esa “lucha” por demostrar cada uno que tenía “la verdad” sobre el origen de las montañas, océanos y continentes duró casi 40 años, y concluyó finalmente con la aceptación de las ideas movelistas, en la década del ‘60.

VIOLE A propósito, les comento que hay revistas de divulgación que poseen artículos muy interesantes sobre este tema y que podemos sumarlas a la bibliografía. Una de ellas es el ejemplar de El Correo, de la UNESCO de octubre de 1963 que trata de la “Tierra y sus entrañas”. Si bien tiene varios años, vale la pena leerlo para analizar el estado del conocimiento desde las perspectivas de los fijistas y movelistas.

PEDRO Bien, creo que nos merecemos un descanso. La litosfera es un hueso duro de roer, pero creo que mañana podríamos continuar analizando la evolución de los conocimientos sobre la litosfera y su dinámica, ya que estudios posteriores lograron dar una explicación a las causas de la separación.



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 5

1. ¿Qué obstáculo epistemológico planteó el modelo verticalista?
2. ¿Qué argumentos sostuvo Wegener para justificar la unión de Sudamérica y África?
3. ¿Por qué Wegener no logró que los científicos de su época aceptaran su teoría?
4. ¿Cuáles son los procedimientos mencionados sobre la construcción de una teoría científica?

2.5. LA MOVILIDAD DE LA LITOSFERA

ANA ¡Hola!, tenemos una hermosa mañana de primavera, con los retoños naciendo y preparándose para soportar los rigores del tiempo, algo así como lo que le ocurrió a las ideas nacidas de la imaginación de Wegener. ¿No les parece?

PEDRO En realidad es cierto que las ideas de Wegener sufrieron múltiples cuestionamientos antes de ser aceptadas. Incluso, aún hoy, están sujetas a objeciones y reajustes no menos rigurosos que las inclemencias que sacuden a los retoños, pero creo que justamente eso es lo apasionante, ya que los conflictos o crisis son los que nos impulsan a seguir investigando.

ANA Por supuesto que coincido con vos, Pedro, pero creo que no por ello debemos olvidar las ideas y/o teorías anteriores ya que, en todos los casos, las etapas previas sig-

nificaron avances, a partir de los cuales fue posible continuar el proceso de construcción del conocimiento. En el caso que nos ocupa se trata del reemplazo de la teoría del Geosinclinal por la teoría de la Tectónica de Placas, de la cual nos ocuparemos a continuación y que precisamente alude al conjunto de deformaciones (tectónica) y otros procesos que afectan a las placas litosféricas en razón de sus movimientos horizontales y verticales.

VIOLE Yo creo que las explicaciones que ofrece esta teoría han sido verdaderamente revolucionarias en el campo de la Geología debido a que ofrecieron una perspectiva muy diferente a la “fijista” que se tenía hasta el momento. Tanto es así, que se toma como ejemplo de un cambio paradigmático, en el sentido de Kuhn, ya que es considerada una verdadera revolución científica.

ARIEL Además, yo resaltaría el hecho de que la aceptación de la separación de los continentes sólo se produjo cuando se conoció el fondo de los océanos.

LUCIA Pero, ¿qué dice este hombre...?

¿Acaso, ... para saber algo acerca de los continentes fue necesario conocer lo que había en los océanos?



ARIEL Tené paciencia Lucía; quiero decir que hasta principios de este siglo se intentaron encontrar explicaciones científicas sobre nuestro planeta explorando solamente un tercio de su superficie. No te olvides que la mayor parte está constituida por océanos.

ANA Bueno, tampoco vamos a cargarle las “culpas” a nuestros predecesores. El avance en los conocimientos, además de las cuestiones epistemológicas, estuvo limitado por la tecnología y por ello, la posibilidad real de acceder a los fondos oceánicos.

PEDRO Así es, pero la limitación no era sólo tecnológica, sino también económica. Recordemos que en el período 1939-1945, la mayoría de los recursos económicos fueron usados en la segunda guerra mundial. En esa época se realizaron tendidos submarinos de cables para comunicaciones entre Estados Unidos y Europa y ¡oh sorpresa!, se dieron cuenta que necesitaban más kilómetros de cables que la distancia que indicaban los mapas.

ARIEL Evidentemente, estamos en presencia de una nueva evidencia de la estrecha relación que existe entre ciencia, tecnología y sociedad. A propósito, ¿saben ustedes por qué fueron necesarios más kilómetros de cables para unir América y Europa que lo indicado por la distancia de los mapas?

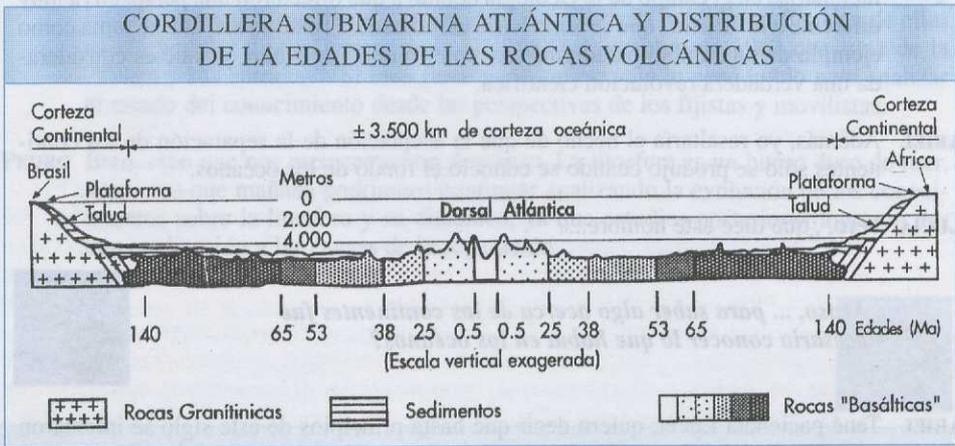
VIOLE Esto no lo conocía, pero imagino que se debe a que los fondos marinos poseen un relieve y no son uniformemente horizontales, como se podría haber supuesto.

ANA Efectivamente. Pero luego de la guerra, ya en la década del ‘50 se comenzaron a financiar investigaciones del fondo marino, para conocer sus características y sus posibilidades económicas. Así se hicieron mapas del relieve submarino, mediante equipos de radar. Luego, con equipos especiales de perforación se obtuvieron muestras del fondo oceánico.

LUCIA ¡Qué bueno!, deben haber aparecido bichos rarísimos.

PEDRO Bueno, en realidad no, las primeras dos novedades más importantes fueron el conocimiento del imponente relieve submarino (Fig. 8), y que la totalidad del fondo marino, incluso en las regiones más profundas, estaba compuesto por rocas volcánicas denominadas basaltos.

FIGURA 8



VIOLE Con respecto al relieve, podríamos indagar cómo se imaginan los estudiantes que es el de los fondos oceánicos, tal vez pidiéndoles que dibujen un perfil del fondo del Atlántico. Luego que realicen sus propuestas, les sugeriría una tarea de búsqueda bibliográfica, indicándoles:

Comparen sus explicaciones y dibujos con las que aparecen en libros de texto, atlas, etc. Discutan las diferencias entre ambas.



ANA En este sentido, lo esencial es resaltar la existencia de una cordillera de unos 3000 m de altura en la región central del Atlántico sur.

LUCIA ¡Esa debe ser la famosa dorsal atlántica!

PEDRO Acertaste; es como una "espinas dorsal" y hallaron otras dos sorpresas. La primera es que en el lugar en que se esperaba encontrar la parte más alta, sólo hallaron un valle que luego lo vincularon a las grietas por donde se produce el vulcanismo submarino (Fig. 8). La segunda de las sorpresas surgió al estudiar las edades de los basaltos. Descubrieron que las muestras procedentes del valle medio, eran muy jóvenes, (0,5 Ma) y las rocas que estaban más alejadas del valle, en forma casi simétrica hacia América y África, eran más antiguas, llegando a unos 140 Ma las más cercanas al continente africano.

VIOLE De acuerdo con lo desarrollado hasta aquí, sugiero destacar lo siguiente: *el conocimiento de la edad de las rocas y de su distribución simétrica, así como el vulcanis-*

mo en las dorsales, fueron los elementos que permitieron formular la hipótesis de que en esas dorsales se estaba construyendo corteza oceánica compuesta por basaltos. Además, esa construcción obedece a la lava que cada tanto emerge por el valle medio, empujando a los laterales en sentido opuesto y sellando “la grieta”. De este modo, el último “sello” rocoso es el más joven mientras que los “sellos” anteriores se van alejando en direcciones opuestas. Este aspecto permitió sostener definitivamente lo que luego se llamó la expansión del fondo oceánico.

ANA Así es, pero no olvidemos la segunda causa, que es el efecto de arrastre de las corrientes convectivas de la astenosfera, que llevan consigo la placa litosférica que tienen por encima.

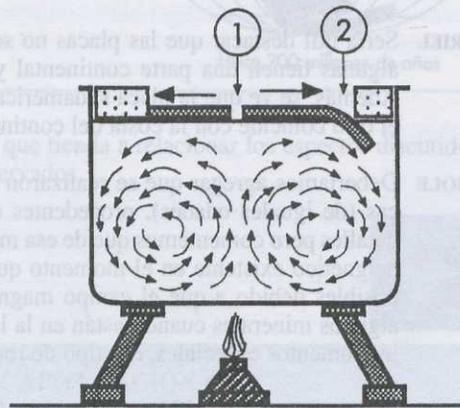
VIOLE Me parece que deberíamos detenernos en lo mencionado por Ana respecto de las corrientes convectivas (Fig. 9) y recordar que se trata del mismo concepto ya tratado en la Unidad 2 de este bloque, para explicar la forma de transmisión del calor asociada al desplazamiento de las partículas del aire.

FIGURA 9

CONVENCIÓN DE UN FLUIDO PROVOCADA POR EL EFECTO TÉRMICO

Convección de un fluido provocada por el efecto térmico

1. Zona de separación de placas
2. Zona de hundimiento de placas donde hubo ruptura



ANA En nuestro caso, yo aclararía que es el calor propio de la astenosfera el causante de la dilatación de la materia viscosa y de la consiguiente disminución de su densidad, que ocasiona su ascenso.

LUCIA Creo que lo comprendí. Esto significa que por las razones que explicó Ana, la materia viscosa asciende, desplazando hacia abajo a aquellas porciones más frías y produciendo las corrientes convectivas de las que hablaba Viole.

PEDRO Efectivamente; además, podríamos usar la Figura 9 y comentar que colocando convenientemente las placas de madera sobre la superficie, se puede observar que se separan (1) y que una de ellas se hunde (2), con lo cual los alumnos podrían “visualizar” el movimiento de las placas. Sería un modo analógico para favorecer la construcción de conocimientos significativos acerca de la deriva continental.

LUCIA ¡Un momento, por favor!, me ha surgido una duda existencial:

Si es cierto que en las dorsales se está creando nueva corteza y ello provoca la expansión del fondo oceánico, entonces, el planeta, ¿estará agrandándose como un globo que se infla?



VIOLE Me parece que la pregunta de Lucía constituye un “conflicto cognitivo” que seguramente tendrán los estudiantes. En consecuencia, deberíamos mencionar que las fuerzas provocadas por la expansión del fondo oceánico, son compensadas por rupturas que ocurren en otros sectores de la litosfera y no se observa tal “hinchazón”. Cuando se producen esas rupturas, las partes oceánicas de las placas se introducen por debajo de la otra placa vecina, como veremos más adelante.

PEDRO Lo mencionado por Viole nos permitiría definir el concepto de *Placa Litosférica* como un sector de litosfera rígido, limitado por superficies de discontinuidad representadas en un lado, por las “grietas” de las dorsales y en el otro, por las fracturas donde hay hundimiento. Por otra parte, podemos recordar que todas las placas tienen en común su parte más profunda compuesta por materiales del manto superior rígido (peridotitas), pero difieren en que, en algunos sitios, por encima, presentan corteza continental (granítica) y en otros corteza continental oceánica (basáltica).

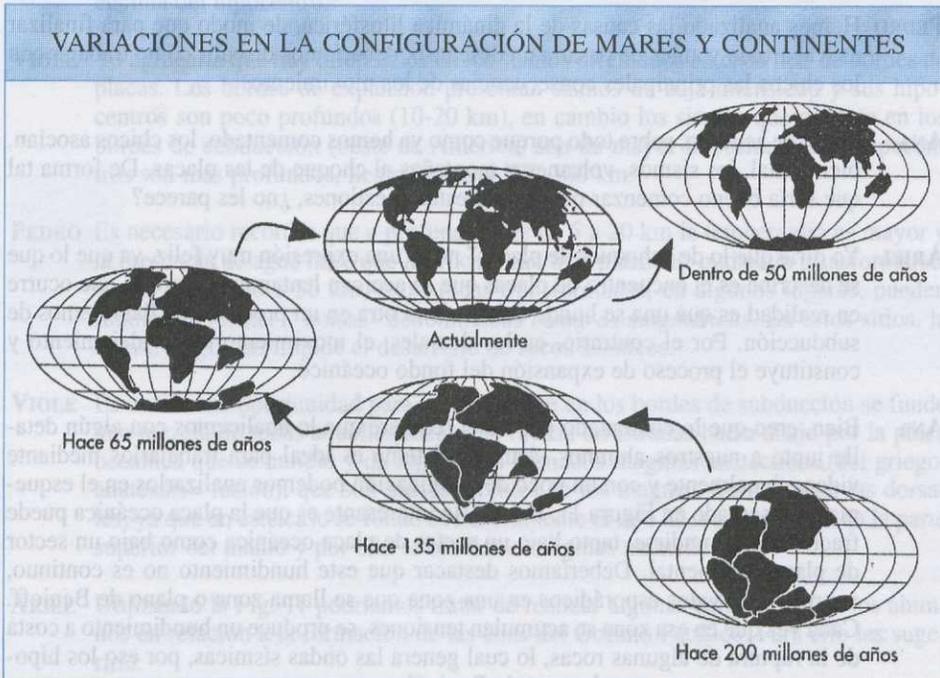
ARIEL Sería útil destacar que las placas no son continentes. Como se ve en la figura 4, algunas tienen una parte continental y otra oceánica y otras son sólo oceánicas. Además, se ve que la placa sudamericana tiene un borde en el medio del océano y el otro coincide con la costa del continente.

VIOLE Deberíamos agregar que se realizaron estudios paleomagnéticos en rocas volcánicas (de iguales edades), procedentes de distintos continentes. No entraremos en detalles pero comentemos que de esa manera se pudo conocer la posición del campo magnético existente en el momento que las rocas se formaron. Estos estudios son posibles debido a que el campo magnético queda registrado en la “memoria” de algunos minerales cuando están en la lava aún fundida y de esta manera, mediante instrumentos especiales, ese tipo de rocas son como brújulas que indican el norte.

PEDRO Efectivamente, ha sido muy curioso. Comparando rocas de unos 230 Ma, provenientes de América, África y Australia, se observó que sus respectivos “nortes magnéticos” apuntaban en diferentes direcciones, lo cual llevaba a la conclusión absurda de la existencia de varios polos norte para un mismo momento. Esta paradoja se resolvió como en un puzzle, “reubicando” los continentes, de modo que las rocas de cada uno apuntaran a un único norte. De este modo se logró determinar la configuración de mares y tierras en diferentes etapas de la historia de la Tierra. Además, como ahora conocemos la dirección y velocidad del movimiento de las placas, es posible predecir la posición futura de los continentes, por ejemplo dentro de 50 Ma, tal como puede verse en la Fig. 10.

ARIEL Me parece necesario comentar que, en el tratamiento de todos estos aspectos referidos a la dinámica litosférica, los videos son materiales auxiliares muy valiosos siempre que podamos contar con ellos y siempre que los usemos convenientemente, es decir, presentarlos de modo que planteen interrogantes, estimulen la explicitación de las ideas previas y orienten a los estudiantes en la observación y en la

FIGURA 10



organización de un debate posterior que tienda a relacionar los aspectos discutidos previamente con los fenómenos observados.



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 6

1. ¿Cuáles fueron las novedades más importantes aportadas por el conocimiento de los fondos oceánicos?
2. ¿Cómo contribuyeron esas novedades a la aceptación de la expansión oceánica?
3. ¿Cuáles son las causas de la Deriva Continental?
4. ¿Cómo explicaría la existencia de procesos convectivos en la astenosfera?
5. ¿Cómo justificaría el hecho de que el planeta mantenga sus medidas, a pesar de ser cierto que en las dorsales se está creando nueva corteza?

2.6. RESULTADOS DE LA DINÁMICA LITOSFÉRICA

PEDRO Hemos analizado las causas de la dinámica litosférica, de modo que para finalizar este apartado y antes de pasar a un descanso, deberíamos discutir cómo trabajar con los chicos las principales consecuencias de los movimientos.

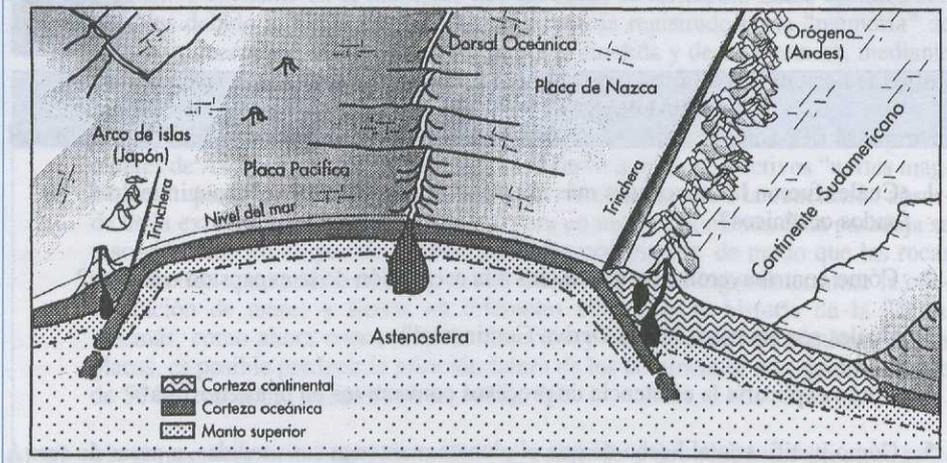
ANA Estoy de acuerdo, sobre todo porque como ya hemos comentado, los chicos asocian, bien y mal, los sismos, volcanes y montañas al choque de las placas. De forma tal que sería bueno comenzar por aclarar estas cuestiones, ¿no les parece?

ARIEL Yo diría que lo de “choques de placas” no es una expresión muy feliz, ya que lo que se describe es el encuentro de placas que se acercan lentamente, pero lo que ocurre en realidad es que una se hunde debajo de la otra en un proceso que llamaremos de subducción. Por el contrario, en las dorsales, el movimiento es de alejamiento y constituye el proceso de expansión del fondo oceánico.

ANA Bien, creo que lo comentado por Ariel requiere que lo analicemos con algún detalle junto a nuestros alumnos. Aunque el tema es ideal para trabajarlos mediante videos, igualmente y con un poco de imaginación podemos analizarlos en el esquema representado en Figura 11. En ella, lo interesante es que la placa oceánica puede fracturarse y hundirse, tanto bajo un sector de placa oceánica como bajo un sector de placa continental. Deberíamos destacar que este hundimiento no es continuo, ocurre a intervalos esporádicos en una zona que se llama zona o plano de Benioff. Cada vez que en esa zona se acumulan tensiones, se produce un hundimiento a costa de la ruptura de algunas rocas, lo cual genera las ondas sísmicas, por eso los hipocentros se encuentran en la zona de Benioff.

FIGURA 11

DIAGRAMA QUE MUESTRA COMO SE FORMA LA CORTEZA OCEÁNICA EN LAS DORSALES



ANA Deberíamos recordar que al hipocentro en algunos textos lo denominan foco y es el lugar donde ocurre un terremoto. Por el contrario, el epicentro es el punto de la

superficie terrestre más cercano al foco, es decir que se ubica verticalmente por encima del hipocentro.

VIOLE Yo agregaría que hay diferencias en los sismos originados en cada tipo de bordes de placas. Los bordes de expansión presentan sismos de baja intensidad y sus hipocentros son poco profundos (10-20 km), en cambio los sismos que ocurren en los bordes de subducción (oeste de América) son de mayor intensidad y los hipocentros son más profundos, llegando hasta 200-300 km.

PEDRO Es necesario recordar que a profundidades de 5 a 20 km la temperatura es mayor y la presencia de agua hace que las rocas sean más plásticas, pudiendo transformarse, y más abajo (20 a 50 km) estas rocas transformadas, en algunos lugares, pueden fundirse y formar "bolsas" denominadas *cámaras magmáticas*. En estos sitios, la escasa fragilidad impide el desarrollo de focos sísmicos.

VIOLE Es una buena oportunidad para comentar que en los bordes de subducción se funde una mezcla de todas aquellas rocas que fueron arrastradas hacia abajo por la placa oceánica que se hundió y da lugar a los llamados magmas anatéticos (del griego: *anatêksis*= fusión), que son muy diferentes de los magmas formados en las dorsales, ya que en este caso se funde exclusivamente el tipo de rocas que está en la parte superior del manto y por ello se los llama magmas mantélicos.

ARIEL Utilizando la Fig. 11 podríamos tratar de realizar algunas conjeturas con los alumnos en relación a la formación de las islas del Océano Pacífico. Para ello les sugeriría:

Observando el mapa con las Placas Litosféricas de la Fig. 4 y el corte vertical que se ve en la Fig 11, ¿se animan a explicar cuál es el origen de las islas de la Polinesia, Japón, etc?



Creo que con lo analizado hasta aquí y la información disponible sobre el vulcanismo en esa región, será posible relacionar la subducción al vulcanismo, y a éste con el crecimiento de volcanes que al emerger en forma alineada, forma los arcos de islas tan comunes en el Pacífico.

ANA De una forma similar a lo propuesto por Ariel, me gustaría evaluar el aprendizaje de los chicos mediante la siguiente pregunta:

¿Creen ustedes que sería posible la generación de terremotos en sectores profundos, de alta plasticidad?



ARIEL Espero que tengan en cuenta que ello no es posible porque este fenómeno requiere que las rocas se comporten frágilmente.

ANA Bien, creo que con lo dicho se favorecerán al menos algunos aprendizajes significativos, en el sentido de que la distribución de los volcanes y sismos no es azarosa y que es posible prever las regiones de mayor riesgo (aunque no el momento ni su intensidad).

VIOLÉ Estoy conforme porque creo que hemos ayudado a construir conocimientos significativos referidos a la dinámica de la litosfera y su influencia en los terremotos y volcanes, en la evolución de los océanos y continentes, el crecimiento de las islas y el origen de las montañas, todos los cuales pueden nacer, crecer, y desaparecer en el tiempo geológico. Aquí me vuelve la imagen de Mercedes Sosa, ¡¡Cambia... todo cambia!!



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 7

1. ¿Cómo justificaría la coincidencia superficial de sismos y volcanes?
2. ¿Cómo explicaría el origen de los procesos sísmicos?
3. ¿Qué entiende por hipocentro y epicentro?
4. ¿Cómo explicaría el origen de los procesos volcánicos?
5. ¿Qué características tienen las Placas Litosféricas (composición, espesores, bordes)?
6. ¿Qué diferencias hay entre el vulcanismo y los sismos que se producen en los bordes de expansión y de subducción? ¿Podría justificar las diferencias?
7. ¿De qué profundidades proviene el magma que alimenta los volcanes?
8. ¿Qué clases de magmas se mencionan y en qué se diferencian?

3. ROCAS Y MINERALES

PEDRO Hoy deberíamos organizar el tratamiento referido a rocas y minerales y me parece importante aclarar, desde el comienzo, cierta confusión que suele presentarse en la utilización de esos términos y en el de elemento químico. Por ejemplo,

¿Coinciden ustedes con las siguientes proposiciones?:

- a) *Bolivia es un país muy rico en minerales como el estaño y la plata.*
- b) *Granitos y lajas son la principal riqueza mineral de San Luis (Argentina).*



ANA La proposición "a", es un claro ejemplo de mezcla de conceptos que se ven incluso en los mapas mineros de muchos países. De igual modo, pienso que en "b" sería preferible hablar de riqueza minera (no mineral), ya que granitos y lajas son rocas, no minerales.

ARIEL Tenés razón. Al aludir a una mina, se indica que se trata, por ejemplo, de una mina de cinc, cuando en realidad lo que en ella encontramos es “una roca”, o sea, una asociación de “*varios minerales*”, uno de los cuales (en este caso) se denomina esfalerita. Este mineral está constituido por un “*compuesto químico*” (ZnS), en el que el cinc aparece combinado con azufre.

PEDRO Estoy de acuerdo con lo que decís, Ariel, pero hagamos la salvedad de que en unos pocos casos el nombre del elemento químico coincide con el del mineral. Me refiero a los elementos que comúnmente aparecen en estado puro y por ello se denominan elementos “nativos”. Algunos ejemplos son: oro, platino, mercurio, etc. En cambio otros, como la plata y el cobre, a veces se presentan como nativos, pero en general lo hacen combinados con otros formando sulfuros, carbonatos, óxidos, etc. Dicho sea de paso, podríamos comentar que, desde un ángulo económico, se denomina ley a la *proporción (expresada en porcentajes) de minerales de interés contenidos en una roca*.

ANA Lo comentado nos permitiría destacar que las actividades geológico- mineras involucran la búsqueda e investigación geológica de aquellos sitios donde podrían existir rocas de interés económico por sí mismas (revestimientos, construcción), o debido a cierto mineral o elemento químico contenido en alguno de sus minerales. Una vez encontrado un yacimiento y determinada su rentabilidad positiva, comienza la extracción de las rocas, que serán la materia prima para las industrias de transformación (moliendas, cortadoras) o para las plantas de tratamiento donde se separan los minerales útiles de las rocas que los contienen, y finalmente se separan el/los elementos químicos que se encuentran en los minerales.

VIOLE Lo que señala Ana me recuerda que al comienzo de esta unidad comentamos sobre las industrias extractivas y las de transformación y acerca de los peligros de una extracción irracional.

LUCIA Perdón, pero cuando se refieren a la actividad minera, no entiendo...

¿Cómo es posible que una actividad tan compleja y apasionante como la minería pueda desarrollarse de un modo irracional, acaso no hay profesionales idóneos?



VIOLE Los hay, pero en la pequeña minería y en aquella de tipo familiar y/o artesanal, casi no participan y por ello se carece de un conocimiento geológico del yacimiento. Esta circunstancia junto a tecnologías obsoletas y otras variables como costos y precios contribuyen a limitar la “vida útil de la mina”, o sea, el período durante el que puede explotarse con ganancias. Al finalizar ese período, desaparece la fuente de trabajo con todas las consecuencias laborales, sociales, familiares que ello tiene.

ANA Veo que vamos por buen camino, ya que apuntamos al hilo conductor de nuestra unidad: recursos y reservas naturales, mostrando además algunas relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. Para completar la caracterización de rocas, minerales y elementos químicos podríamos recordar que las rocas de interés minero son aquellas que pueden utilizarse: como revestimientos y decoración de paredes, pisos, etc. (por ejemplo granitos, travertinos, mármoles) o como materias primas de algunas industrias (por ejemplo, las calizas en la fabricación de cementos). En el primer caso se aprovechan las características físicas como dureza, color, tamaños de los granos, etc. y en el segundo las características químicas.

Añadamos que las rocas están constituidas por uno o, en general, varios minerales y que sus propiedades físico-químicas (en las que están basadas sus usos) dependen de los minerales que la integran, de sus proporciones, de las formas en que están unidos entre sí, etc. (hasta el punto de que la variación de cualquiera de estas características da lugar a rocas conocidas con distintos nombres).

PEDRO Volviendo a nuestra planificación considero que será ambicioso, para el tiempo que tenemos, tratar rocas y minerales de manera completa sin transformar la unidad en un catálogo de propiedades, adoptando involuntariamente, un modelo de enseñanza - aprendizaje por transmisión, cuyas deficiencias ya todos conocemos.

VIOLE Tenés razón, Ana. Recuerdo que el Dr. Luis Santaló decía: “enseñar es elegir”, y desde el momento que nos planteamos la selección de contenidos debemos tener presente nuestra visión del aprendizaje. Por lo tanto, si pensamos en contenidos conceptuales, es necesario optar por aquellos estructurantes que, no sólo les permitan a los estudiantes comprender los temas abordados, sino que también les brinden instrumentos para continuar construyendo conocimientos.

ARIEL Teniendo en cuenta lo que Violeta y Pedro comentaron, podríamos partir de las rocas, que junto a los minerales, son objetos de estudio de la geología más próximos al entorno físico cotidiano de los chicos. En particular se me ocurre proponerles la siguiente actividad:

Hagamos un listado de rocas y otro de minerales que vemos y usamos con mayor frecuencia, tanto en nuestros hogares como en el barrio.



PEDRO Me parece bien, aunque quizás deberíamos darles algunos días para que completen las listas y puedan averiguar nombres como: halita, talco, mica y amianto, en el caso de minerales, o nombres de rocas tales como: granito, mármol, pizarras, travertino, ónix, etc.

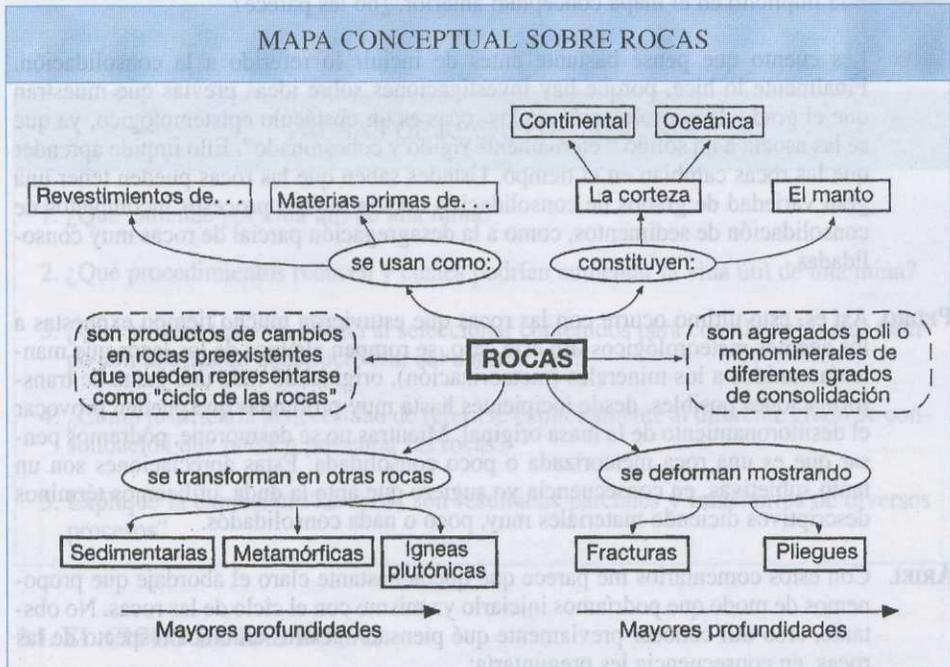
VIOLE Creo que sería conveniente abordar el estudio de las rocas mediante una metodología de tratamiento de problemas, iniciando las actividades tal como lo propuso Ariel, es decir, indagando las ideas que los chicos tienen acerca de las rocas y minerales. Si están de acuerdo, podríamos plantear una actividad referida a la búsqueda de rocas en el barrio, como motivación para una segunda salida en la cual se estudiarían rocas y minerales con mayor detalle, cuando los chicos posean los prerrequisitos necesarios. Así, en la primer salida propongo

Reconocer los materiales naturales y artificiales de revestimientos (paredes y pisos) de interiores y exteriores de la escuela y de edificios próximos a ella.



ARIEL Bien, opino que el reconocimiento podría incluir la descripción del tamaño y color de los componentes de las rocas, el dibujo de las diferentes clases y hasta podríamos ubicar cada lugar de observación en un plano hecho a una escala apropiada, aclarando que más adelante volveremos sobre el tema con mayor profundidad. Ahora, si estamos todos de acuerdo les propongo analizar el mapa conceptual que he preparado (Fig. 12).

FIGURA 12



PEDRO Me parece que en él están representados los principales conceptos que tendremos que tratar, pero sobre todo, me parecen importantes los vínculos que propones entre ellos. Particularmente coincido con tu visión, de no presentar a las rocas como productos finales y definitivos sino que, como leí en un artículo, "representan resultados transitorios y parciales de procesos geológicos que actúan y actuaron durante la evolución del Planeta". Así, las rocas son concebidas como parte de las cosas que cambian en el Planeta y ello da sentido al conocido modelo teórico del "ciclo de las rocas".

LUCIA ¿Cuál es el significado que le atribuyen ustedes a la expresión: "las rocas son resultados transitorios y parciales"? Me da la impresión que se trata de un enigma difícil de comprender.

PEDRO En realidad no es ningún enigma; el calificativo de transitorio obedece a que las rocas (y otros recursos naturales) no permanecen inmutables; no sólo son el resultado de cambios anteriores, sino que también hoy sufren cambios y probablemente cambiarán en el futuro. El concepto de parcial hace referencia a que en los sistemas terrestres, por tratarse de sistemas abiertos, es difícil pensar que una roca es "el efecto" de "una causa". Más bien deberíamos promover la idea que las rocas son uno de los tantos efectos de varias causas que sucedieron en el tiempo.

VIOLE Lo de parciales requiere de un ejemplo: el basalto no es el único efecto del vulcanismo submarino ya que además hay otros, como el aumento de temperatura en las aguas adyacentes y todas sus consecuencias en la vida submarina y hasta la forma-

ción de minerales. Además, como habrán observado, todo esto, de distintas formas, está implícito en el mapa conceptual anterior, ¿no les parece?

ARIEL Les cuento que pensé bastante antes de incluir lo referido a la consolidación. Finalmente lo hice, porque hay investigaciones sobre ideas previas que muestran que el grado de consolidación de las rocas es un obstáculo epistemológico, ya que se las asocia a un sólido “eternamente rígido y cohesionado”. Ello impide aprender que las rocas cambian en el tiempo. Ustedes saben que las rocas pueden tener una gran variedad de grados de consolidación debido tanto a procesos incompletos de consolidación de sedimentos, como a la desagregación parcial de rocas muy consolidadas.

PEDRO Así es, esto último ocurre con las rocas que estuvieron mucho tiempo expuestas a los agentes meteorológicos. En este caso, se rompen algunos de los lazos que mantenían unidos a los minerales (meteorización), originando toda una gama de transformaciones posibles, desde incipientes hasta muy profundas que pueden provocar el desmoronamiento de la masa original. Mientras no se desmorone, podremos pensar que es una roca meteorizada o poco consolidada. Estas apreciaciones son un tanto subjetivas, en consecuencia yo sugiero que ante la duda, utilicemos términos descriptivos diciendo materiales muy, poco o nada consolidados.

ARIEL Con estos comentarios me parece que queda bastante claro el abordaje que proponemos de modo que podríamos iniciarlo ya mismo con el ciclo de las rocas. No obstante, creo útil conocer previamente qué piensan nuestros alumnos respecto de las rocas, en consecuencia les preguntaría:

¿Saben ustedes dónde y cómo se han formado las rocas?



LUCIA ¿Será pertinente la pregunta? Es posible que los chicos no tengan ninguna idea al respecto.

ANA Yo no estaría tan segura. Hay investigaciones que establecieron que chicos entre 10-15 años son capaces de realizar conjeturas referidas a que algunas rocas se forman por el enfriamiento de la lava o por el “endurecimiento” de las arenas de los ríos, luego de quedar “enterradas”.

ARIEL Bien, de todos modos es positivo que los chicos formulen sus propias conjeturas y además, con nuestra orientación, que traten de reconocer y dibujar las diferencias entre las distintas rocas. Creo que estas actividades nos ayudarán a introducir el tema y despertar el interés de los estudiantes. Les propongo un descanso y luego continuar, ¿les parece?



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 8

1. ¿Qué entiende por vida útil de una mina?
2. ¿Qué procedimientos reducen y cuáles podrían aumentar la vida útil de una mina?
3. ¿Qué se debe tener en cuenta al seleccionar contenidos para conciliar el factor tiempo con una visión constructivista del aprendizaje?
4. ¿Cómo justificaría la necesidad de referirse explícitamente al diferente grado de consolidación que pueden presentar las rocas?
5. Explique la expresión “las rocas son resultados parciales y transitorios de diversos procesos”.

3.1. EL CICLO DE LAS ROCAS

PEDRO ¿Qué tal? ¿Con ganas de volver a trabajar? Bueno, creo que deberíamos partir proponiendo una síntesis de las actividades antes realizadas y retomar la idea de los cambios en la litosfera y particularmente en las rocas que la componen.

ANA Propongo que junto a los alumnos, recordemos los aspectos analizados en relación con el movimiento de las placas y recordemos la Fig. 11, que muestra cómo se forma la corteza oceánica en las dorsales y cómo se transforma al hundirse bajo otra placa continental u oceánica. Para orientar el análisis hacia el tema que nos ocupa, sugiero realizar la siguiente pregunta:

En la Fig.11, analicen los sitios donde ocurren los movimientos de expansión y subducción y propongan en cuál de ellos las rocas presentes podrían sufrir los mayores cambios. ¿Cuáles serían estos?



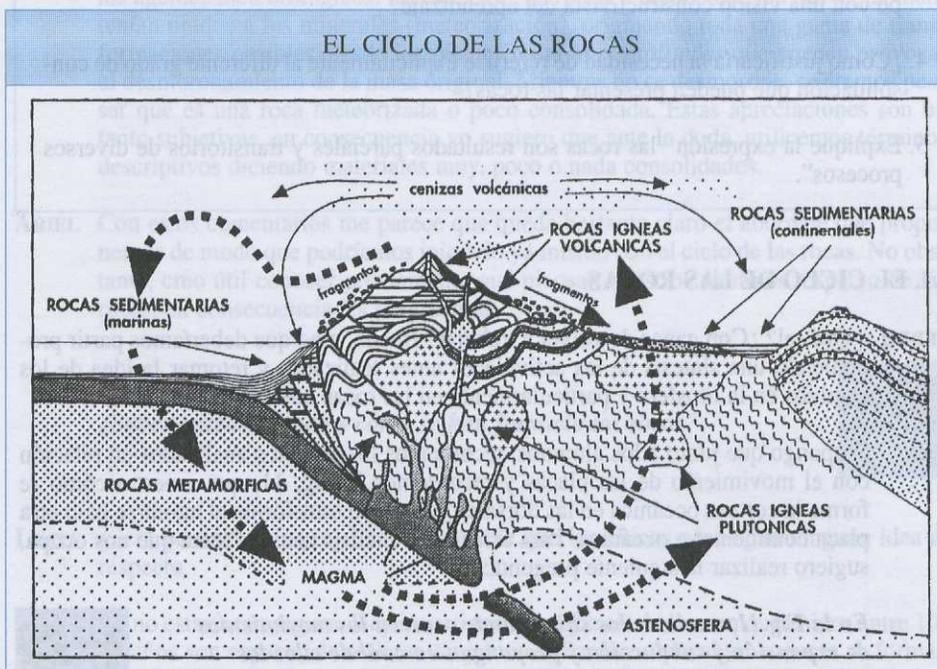
ARIEL En cuanto a la ubicación, pienso que no habrá dificultad y que harán referencia a los bordes de subducción. Sin embargo, en relación con los cambios creo que nosotros debemos plantear que para analizar con mayor detalle las transformaciones de las rocas, es necesario modificar la escala de observación de esta zona de interacción de dos placas. Para ello podríamos usar un gráfico (Fig. 13) donde podamos observar detalles que antes pasaban desapercibidos y, a la vez, que nos permita proponer a los alumnos el “ciclo de las rocas”. En realidad preferiría decir que es un ciclo de las transformaciones que sufren las rocas y que dichos cambios sólo son “visibles” en la escala del tiempo geológico.

PEDRO Efectivamente, incluso debemos recordar que se trata de un modelo teórico que tiene sentido con fines didácticos. En él se advierte que las rocas sedimentarias,

resultan de la acumulación de fragmentos (clastos) erosionados de regiones elevadas y su posterior consolidación sobre el continente o los océanos. Las rocas sedimentarias formadas en el océano son arrastradas junto con la placa que subduce y a medida que se hallan a mayor profundidad, el conjunto es sometido a transformaciones favorecidas por el aumento de la presión y la temperatura. Este tipo de cambios origina las rocas metamórficas (meta: cambio, morfo: forma), y suele ser tan intenso que llega a destruir las características originales de las rocas que vienen desde "arriba". Finalmente, y para concluir con el ciclo de las transformaciones, puede verse que a mayores profundidades, aún el calor reinante podrá fundir esas rocas y convertirlas en un magma de tipo anatéctico, como ya vimos en el apartado 2.2. Por otra parte, el magma al enfriarse forma las *rocas ígneas*.

FIGURA 13

EL CICLO DE LAS ROCAS



ANA Bueno, me parece útil reflexionar acerca de la feliz elección de la zona de subducción porque en ella es posible "ver" con claridad el uso del modelo y además que las rocas formadas en profundidad pueden emerger (orogenia), ser erosionadas y reincorporarse al ciclo.

PEDRO Veo que Ariel se ha esmerado en ese dibujo, ya que además del ciclo de formación de las rocas, pueden verse aspectos de las deformaciones. Estas *deformaciones son principalmente debidas a los esfuerzos producidos por las placas al acercarse*; pero la respuesta de las rocas depende de la profundidad y esto es lo que allí se ve, ¿no lo creen ustedes?

ARIEL Efectivamente, si bien no es un tema que podamos profundizar en esta oportunidad, vale la pena mencionar que el tipo de deformación depende de las temperaturas a

las que se encuentren las rocas. Como ya hemos comentado, las rocas más superficiales son frágiles y presentan *fallas o fracturas*, en tanto las más profundas se comportan plásticamente y se doblan originando *pliegues*. Y esto es lo que precisamente quise representar en la cordillera, desde la superficie hacia abajo. En realidad es un dibujo simplificado ya que sólo incluí rocas sedimentarias debido a que sus capas permiten visualizar muy bien esas deformaciones. Al respecto, sugiero preguntarles a los chicos:

Quando están de vacaciones en las montañas o en playas con acantilados, seguramente han visto rocas, ... ¿recuerdan ustedes si estaban “enteras”, rotas o dobladas?, ¿cómo se dieron cuenta?



De esta manera podríamos introducir la idea de fracturas y además crear nuevos interrogantes como por ejemplo: ¿siempre estuvieron así?, ¿por qué se rompieron?, ¿cómo, cuándo y dónde se rompieron?

3.2. LAS ROCAS ÍGNEAS

VIOLE Bien, yo comenzaría trabajando sobre el concepto de magma. Para ello usaría la Figura 13, donde puede verse que el magma está circunscripto a algunas regiones con forma de gotas; éstas son las llamadas *cámaras magmáticas*. Además, se advierte que a partir de un mismo magma pueden formarse distintos tipos de *rocas ígneas*: *plutónicas* en profundidad o *volcánicas* en la superficie. Es oportuno aclarar que ígneo es una voz de origen latino que significa fuego, y por esto se usó para estas rocas derivadas de materiales calientes.

PEDRO De acuerdo, yo agregaría que el magma *puede fluir* y llegar hasta la superficie debido a que es un líquido especial compuesto de una *fase fundida*, una *fase sólida* compuesta por fragmentos de rocas aún no fundidas y cristales en crecimiento, y finalmente una *fase gaseosa* compuesta por agua, cloro, azufre, etc. Esa movilidad se mantiene mientras sus temperaturas son elevadas (700 -1200°C), pero a medida que se enfría, aumentan de tamaño los cristales ya existentes y empiezan a crecer otros nuevos, quedando menos líquido. Por este motivo, el magma se hace más viscoso y reduce su movilidad hasta transformarse en una roca ígnea.

ARIEL De acuerdo, pero agregaría que el *crecimiento de los cristales depende de la velocidad con que se haya enfriado el magma*. Concretamente, si el enfriamiento es lento los cristales alcanzarán mayores tamaños que si es rápido y esta característica es fundamental para reconocer en qué lugar se ha formado una roca ígnea. Como una forma de interesar a los alumnos, me gustaría preguntarles:

¿Observando la Fig. 13, dónde creen ustedes que el enfriamiento será más rápido y dónde más lento? ¿Cómo será el tamaño de los minerales de las rocas que se forman en cada caso?



ANA Con respecto a la textura, creo posible que los chicos asocien el enfriamiento lento al magma que está dentro de la corteza y el rápido al que surge como lava a la superficie. De igual modo imagino que podrán relacionar los tamaños de los minerales con las rocas ígneas formadas en cada sitio.

VIOLE De acuerdo con todo lo que hemos conversado y con las actividades propuestas, pensaba que es muy importante relacionar este tema con los trabajados en el bloque IV, como cristalización, y les sugiero realizar la conocida experiencia de obtención de cristales de azúcar.

ANA Tenés razón, Violeta, creo que facilitará la comprensión tanto la formación de cristales a partir de un líquido, como la influencia de la velocidad de enfriamiento en la cristalización. Sería útil planteársela a los estudiantes, partiendo de los conocimientos trabajados en el bloque IV sobre solubilidad, soluciones saturadas y soluciones sobresaturadas. Propondría la actividad sugiriendo a los alumnos formar grupos para que cada uno elija las condiciones en las que será realizada, en especial, las temperaturas de partida y de finalización, así como el tiempo previsto. Incluso los estimularía a la discusión en torno a ellas para que luego comparen los resultados.

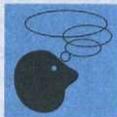
PEDRO Coincido con ustedes en plantear esta actividad, siempre que aclaremos que se trata de un modelo para analizar la relación entre la velocidad de enfriamiento con el tamaño de los cristales que se forman. ¿Qué les parece si la planteamos así?:

Obtener cristales de azúcar a partir de una solución acuosa de ella. Discutir las condiciones en que conviene realizarla y comparar los resultados de la aplicación de cada una de ellas.



VIOLE Quizás, podríamos relacionar los resultados con las condiciones de enfriamiento de los magmas y la formación de rocas volcánicas y plutónicas, aunque sobre éstas últimas me pregunto:

¿Cómo haremos para superar las dificultades que tienen los chicos para el reconocimiento del origen plutónico de las rocas?

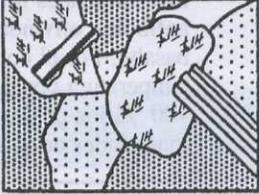
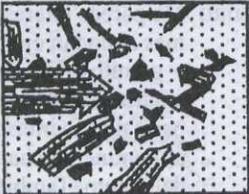


PEDRO Se me ocurre, por ejemplo, usar muestras o fotos de rocas plutónicas y volcánicas que permitan comparar sus características y relacionarlas con su formación.

ANA En el caso que los estudiantes muestren interés, podríamos explicitar algo más sobre las texturas de cada tipo de roca. Si así fuera, sugiero considerar una ficha que suelo utilizar (Fig. 14). Aquí tenéis.

ARIEL Estoy de acuerdo, pero me gustaría expresar una precisión sobre las rocas volcánicas debido a que lo característico de ellas es que poseen cristales grandes (1 a 10 mm), junto con otros de tamaño microscópico. Ello se podrá comprender, si advertimos que el magma en su recorrido ascendente se va enfriando a una cierta velocidad muchísimo más lenta que cuando sale a la superficie, pero más rápida que si aún permaneciera en la cámara magmática. Cuando está en la superficie, se escurre como lava y toda la fase fundida que aún posee, *se enfría rápidamente formándose vidrio volcánico, que une fuertemente los grandes cristales que ya se habían formado cuando aún el magma estaba aislado dentro de la cámara, junto con los otros pequeñísimos que se formaron mientras ascendía.*

FIGURA 14

TEXTURAS DE LAS ROCAS ÍGNEAS	
<p>ROCAS PLUTÓNICAS: presentan una llamada <i>textura granuda</i> caracterizada por minerales intercrecidos de una manera que tienen la apariencia de granos soldados entre sí. Sus tamaños varían entre 5 a 20 mm de diámetro y su crecimiento está favorecido por el enfriamiento lento debido al aislamiento del magma dentro de las cámaras magmáticas profundas.</p>	 <p>Ejemplo: granito</p>
<p>ROCAS VOLCÁNICAS: presentan una denominada <i>textura porfídica</i> cuya característica es el contraste de tamaños y formas de sus componentes. Es típica la presencia de cristales con formas geométricas evidentes, cuyos tamaños son de algunos milímetros y están aislados e inmersos en una <i>pasta</i> de grano tan fino que no se ve ni con lupa. Esa pasta posee pequeños cristales que ya venían formados desde “abajo” y sólo son visibles con microscopio.</p>	 <p>Ejemplo: basalto</p>

LUCIA Yo confundiré algunos términos, pero convengamos que ustedes también ayuden. En este caso, ¿por qué al magma, cuando sale a la superficie le cambian de nombre y le llaman lava? ¡Parece esas calles que al cruzar una avenida la bautizan con el nombre del benemérito del otro barrio!

VIOLÉ ¡Tenéis razón, che! Para aclarar esa diferencia entre magma y lava deberíamos aludir a las erupciones volcánicas que producen nubes de cenizas e incluso gases sulfurosos o de otro tipo, que son riesgosos para la salud. Es un tema interesante para sugerirle a los estudiantes que

Busquen artículos periodísticos sobre los impactos de las últimas erupciones de la Tierra e indiquen las características de las explosiones volcánicas, es decir, la intensidad y los productos eyectados.



ARIEL Sobre la base de la información aportada, deberíamos orientar el análisis a los materiales expulsados, incluyendo el vapor de agua. De este modo, destacaremos que esos productos formaban parte del magma pero pasaron a la atmósfera al emerger éste. En consecuencia, ya no se encuentran presentes en el fundido que se desplaza por la superficie y que llamamos lava.

VIOLÉ Creo que sería conveniente recordar que los colores de las rocas son rasgos importantes, que dependen de los minerales que las componen. Este aspecto es algo complejo ya que hay muchas variedades y cada roca posee una asociación de minerales

que depende tanto de los magmas de origen como de las temperaturas a las que se formaron los minerales que componen cada clase de roca.

ARIEL Efectivamente, creo que sería suficiente recordar los dos tipos de magmas antes mencionados y agregar a nivel informativo que en los magmas mantélicos se forman minerales a temperaturas de unos 1100 °C que son muy oscuros (piroxenos, anfíboles, olivinos, etc.) y por ello las rocas resultantes son casi negras, como es el basalto. Por el contrario, a partir de los magmas anatócticos (que funden a menor temperatura por la presencia de agua) se forman minerales a temperaturas de unos 700 °C los cuales son de colores más claros (cuarzo, ortosa, microclino etc.) en tonalidades de grises o rosados, como es el caso de las rocas graníticas.

VIOLÉ Todo lo mencionado hasta aquí me parece muy importante porque vemos que mediante observaciones apropiadas es posible conocer parte de la historia de las rocas ígneas (Fig. 15).

PEDRO Me parece interesante la mención de Ariel porque se ha referido a las dos rocas que más abundan en la litosfera y que tanto hemos mencionado anteriormente: basaltos y granitos. Esto es importante porque las rocas graníticas dominan en la corteza continental, y en cambio los basaltos, como ya hemos visto, constituyen la mayor parte de la corteza oceánica, aunque es justo mencionar que también aparecen sobre el continente cuando las fracturas profundas permiten la salida de esos materiales del manto. También me parece muy útil el cuadro que nos trajo Violeta, para advertir los rasgos que nos permiten conocer la historia de las rocas ígneas.

FIGURA 15



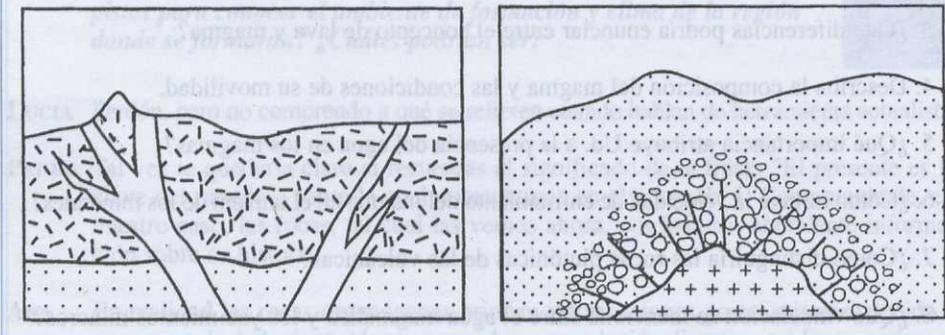
VIOLÉ ¿Qué pasa Ana?, hace rato que estás con la mirada perdida, ¿qué estás maquinando?

ANA Estoy pensando que antes de pasar a otro tema tendríamos que recordar un aspecto referido al agua presente en los magmas ya que al enfriarse en profundidad, por una

parte dará lugar a una roca plutónica y por la otra, el agua contenida pasará al estado líquido, siendo expulsada hacia “arriba”. Esas aguas, que aún están calientes (400 °C), contienen compuestos químicos en solución y al circular por las grietas y los poros de las rocas, se enfrían formando minerales que bien rellenan parte de esas grietas, formando *yacimientos vetiformes* (Fig 16a), o bien, quedan incluidos en los poros de las rocas formando *yacimientos diseminados* (Fig.16b).

FIGURA 16

YACIMIENTOS VETIFORMES (A) Y DISEMINADOS (B)



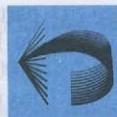
PEDRO Podríamos proponer a los alumnos que dibujen y coloreen una reproducción de la Fig 16 y además sugiero que conversemos acerca de

Cómo se podrían extraer los minerales de cada tipo de yacimiento, suponiendo que los minerales son de cobre (por ejemplo: malaquita, calcopirita, etc.).



ANA Pienso que los chicos podrán conjeturar que para extraer minerales de las vetas se requieren túneles, mientras que en los diseminados será necesario algún enorme pozo. Por otra parte, creo que se comprenderá la necesidad de conocer cómo se forman las rocas y dónde lo hacen, para así saber cómo buscar los tipos de yacimientos que nos interesan desde el punto de vista económico y cómo pueden ser explotados.

PEDRO Sí, por otra parte vale la pena mencionar que no todos los yacimientos se forman de este modo. Hay otros que se forman en la superficie o cerca de ella y que se forman por concentración del yeso, la sal, el carbón, el petróleo o incluso, las arenas y gravas. Todos ellos tienen que ver con los procesos sedimentarios y sus rocas, de manera que propongo tomarnos unos mates y luego continuar con las rocas sedimentarias, ¿no les parece?



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 9

1. Justifique la elección de bordes subductivos para hablar del ciclo de las rocas.
2. ¿Qué clases de deformaciones ocurren en las cordilleras? ¿En qué difieren?
3. ¿Qué diferencias podría enunciar entre el concepto de lava y magma?
4. Describa la composición del magma y las condiciones de su movilidad.
5. ¿Qué importancia atribuye Ud. a la presencia del agua en los magmas?
6. ¿Cómo influye la velocidad de enfriamiento del magma en el tamaño de los minerales?
7. ¿Cómo distinguiría las rocas plutónicas de las volcánicas?
8. ¿Qué vinculación se menciona entre el agua magmática y los yacimientos mineros?

3.3. LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

ANA Retomando el ciclo (Fig. 13), vemos que el empuje de las placas y la isostasia provocan el ascenso de las cordilleras y permiten que cualquiera de las rocas formadas en diferentes profundidades y momentos del ciclo queden expuestas en la superficie a merced de los agentes atmosféricos. Al respecto, me gustaría preguntar a los estudiantes:

¿Qué procesos podrían tener lugar por la acción de los agentes exógenos (agua, aire, hielo) sobre las rocas de la superficie?



PEDRO Creo que mencionarán la erosión, englobando en este término no sólo el arranque de las partículas, sino también su transporte y acumulación en otros lugares, por lo general más bajos que las áreas de procedencia. Por lo general no se tiene en cuenta el primer proceso provocado por estos agentes que es la meteorización o desagregación de las rocas en el lugar en que se encuentran.

ANA Estoy de acuerdo, pero aclaremos que te estás refiriendo a aquellas rocas sedimentarias clásticas. Al respecto, recordemos que el término *clasto*, significa fragmentos o trozos de otras rocas o de minerales y también se alude a ellos como detritos, granos, partículas o "piedritas".

VIOLE Así es, pero recordemos que además de ellas, también existen *rocas sedimentarias organógenas*, formadas por acumulación de restos de organismos (conchas, diato-

meas, vegetales) o por el crecimiento de colonias de organismos (corales), y las *rocas sedimentarias químicas* formadas por precipitación de sales en lagos sobresaturados. Pero convengamos en que sólo nos ocuparemos de las rocas clásticas, debido a que constituyen uno de los registros más importantes que la Tierra posee para conocer su historia. Me refiero tanto a las *fosilíferas* (que contienen fósiles), como a las *estériles* (que no los tienen) ya que ambas nos dan pistas sobre el ambiente físico y climático en el que se formaron. Al respecto, y como un procedimiento para reforzar y utilizar la “herramienta actualista” propongo indagar las ideas de los alumnos, planteándoles:

¿Creen que, efectivamente en las rocas sedimentarias existen pistas para conocer el ambiente de formación y clima de la región donde se formaron? ¿Cuáles podrían ser?



LUCIA Perdón, pero no comprendo a qué se refieren cuando hablan de herramienta actualista.

PEDRO Tal vez te quedaría claro si recuerdas el significado de la frase: “El presente es la clave del pasado”, sobre la cual comentamos en el apartado 1. Concretamente, en nuestro caso, las rocas, tal cual las vemos ahora, nos brindan abundante información sobre su historia.

ANA En realidad las rocas organógenas brindan informaciones por sí mismas, debido a que se puede deducir rápidamente que hay una relación directa entre los organismos y su hábitat, sean éstos marinos o continentales, en sus diferentes variedades. Al respecto podría hacerse un ejercicio considerando especies actuales de animales y/o vegetales tropicales y polares, marinas y terrestres.

ARIEL Estoy de acuerdo, se podrían promover aprendizajes significativos sobre las características de los ambientes marinos de continentales (ríos, lagos, desiertos, etc.) haciendo una lluvia de ideas sobre clases de organismos que pueden vivir y/o morir en ellos. Y si el grupo de alumnos es proclive, se le puede sugerir que hagan dibujos que representen sus ideas.

ANA Esto que propone Ariel me parece interesante porque podemos vincular los organismos con los fósiles y a éstos con el tipo de materiales que los sepultaron. Ello nos permitiría comenzar a tratar las características esenciales de las rocas clásticas. Estas rocas son las que más nos interesan ya que cubren como una alfombra casi toda la superficie del Planeta (continentes y océanos). No ocupan un volumen importante de la masa terrestre porque tienen poco espesor relativo (decenas a cientos de metros) pero son las que tenemos más a la vista y las que mejor reflejan los procesos en la superficie.

ARIEL Volviendo a los agentes que provocan estos procesos, me interesaría aclarar que, en general actúan en forma combinada, sin embargo siempre hay uno que predomina y este predominio depende de la zona climática en que nos encontremos. Por ello creo conveniente,

Mediante la consulta en algún atlas, repasar el origen y la distribución de las cuatro principales zonas climáticas en la Tierra. ¿Qué agentes exógenos serán los que predominen en cada una de las zonas climáticas?



VIOLE Espero que respondan que en las zonas *ecuatoriales* donde llueve tanto, el agua será el principal agente de transporte y de modelado del paisaje, al igual que en las zonas *templadas* aunque en éstas llueve menos. En cambio en las zonas *tropicales secas*, donde hay carencia de humedad, el agente de transporte y de modelado del paisaje es el viento. En las zonas *polares* el principal agente es el hielo.

ARIEL Por otro lado, deberíamos aclarar que los *procesos exógenos* a los que estamos haciendo referencia producen la destrucción o “desgaste” de las montañas, y simultáneamente la construcción de acumulaciones de fragmentos (clastos), formando en capas o *estratos horizontales* que luego se podrán reincorporar al ciclo, principalmente aquéllos formados en el mar (Fig 13).

ANA Me parece que tendríamos que avanzar hacia la formación de las rocas, pero me pregunto:

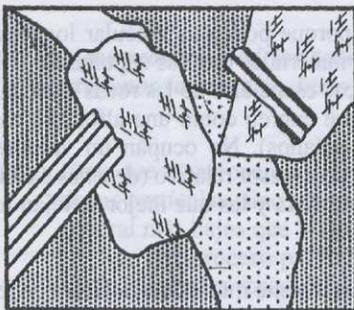
¿Cómo hacemos para desarrollar la idea de la transformación de los sedimentos no consolidados en rocas y lograr superar la dificultad que suelen tener los estudiantes para percibir este proceso?



VIOLE Se me ocurre que podríamos comparar estas rocas con las ígneas (fig. 17). En éstas, la consolidación es por enfriamiento del magma, mientras que en los sedimentos no interviene la temperatura sino la *compactación* producida por el peso de los estratos superiores y fundamentalmente la *cementación*. Este proceso se debe a la circulación de aguas subterráneas entre los fragmentos. Estas aguas, que poseen sales (silicatos, carbonatos o sulfatos de calcio) u otros compuestos químicos disueltos, pueden precipitarlos provocando la unión de las partículas.

FIGURA 17

DIFERENCIA TEXTURAL ENTRE GRANITOS Y CONGLOMERADOS



Granitos



Conglomerados

ANA Una imagen que se me ocurre para reconocer esas diferencias de un modo sencillo, apelando a las texturas, es pensar que los minerales de las rocas ígneas están “soldados” entre sí, lo que da idea de calor. Por el contrario, en las sedimentitas o rocas

sedimentarias, yo diría que las partículas están “amontonadas y pegadas” con cemento. Creo que estas imágenes sobre la consolidación serán útiles para diferenciar a simple vista un granito de un conglomerado (Fig. 17). Este último es una roca sedimentaria compuesta por fragmentos de tamaños medianos, con arena intersticial.

ARIEL Bien, concretamente el estudio de las rocas clásticas requiere del análisis de las características de las partículas en forma individual, pero, considerados en el conjunto de la roca. El tamaño de los clastos es el rasgo más importante ya que sirve para clasificarlas. En ese sentido me parece útil tener a mano una escala granométrica (Fig. 18), con el objeto de que cada vez que hablemos de los clastos podamos referirnos a un nombre específico. En esa escala se indican los nombres que reciben los granos en forma individual, cuando integran acumulaciones sueltas (no consolidadas), y además las denominaciones de las rocas compuestas por cada tamaño de grano.

FIGURA 18

ESCALA DE TAMAÑOS DE GRANOS (CLASES GRANOMÉTRICAS)					
milímetros:	0,004	0,062	2	20	256
GRANOS SUELTOS (sedimentos)	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Bloques
ROCAS (sedimentita)	Arcilitas	Limolitas	Arenisca	Conglomerados	Aglomerados

PEDRO Recuerdo que la primera vez que intentaron enseñarme esa clasificación, me formé la idea de que las rocas eran exclusivamente como allí se indica y luego me costó aprender que ello no es así. Por ello sugiero que pongamos énfasis en decir que *los límites son de la escala y no de las rocas*. Quiero decir que las sedimentitas, en general, poseen varias clases granométrica, y por ello, para ponerles nombre tenemos en cuenta el tamaño (clase) que domina (más de la mitad de sus partículas). Incluso normalmente hay rocas que parecen areniscas, pero tienen más del 20% de partículas del tamaño de las gravas. No por ello deja de ser una arenisca, pero podemos reflejar esta situación diciendo “arenisca conglomerádica” y si fuera a la inversa, diríamos “conglomerado arenoso”. En consecuencia, qué les parece si ponemos en juego estos aspectos, mediante una discusión con los estudiantes:

Deducir las relaciones que existen entre un determinado agente de transporte (viento, agua, hielo) y el tamaño de los clastos que cada uno es capaz de llevar.



ANA Bien, esto nos permitirá retomar las ideas acerca de la energía cinética ya desarrolladas en el Bloque 1. En particular se pondría de manifiesto la importancia de con-

siderar la densidad del agente en relación con la de los granos transportados. Para ello propongo hacer experiencias en clase con corrientes de agua o viento, para que los alumnos comprueben de modo cualitativo esas relaciones.

ARIEL También podríamos usar un modelo para simular lo que ocurre durante una crecida de río. Como ya sabemos, las crecidas se deben a lluvias torrenciales y transportan mayor cantidad de granos con tamaños más grandes que si la corriente fuera de agua límpida. Esos materiales son transportados mientras la velocidad del fluido y la pendiente del terreno lo permiten, pero, cuando la superficie se horizontaliza y/o la velocidad de la corriente decrece, los granos comienzan a sedimentar. Considerando lo anterior, la experiencia que sugiero requiere que los alumnos coloquen agua en un envase transparente y le agreguen un sedimento compuesto de 1/4 de arena de construcción gruesa y fina en partes iguales y 1/4 de "tierra" negra de un jardín. La propuesta es que los chicos observen y registren mediante dibujos la organización de los sedimentos en cada una de las etapas que lleven a cabo. Luego agitarán el recipiente durante unos segundos y nosotros preguntaremos:

¿Se producirá algún cambio en el ordenamiento de los granos una vez que el envase se apoye? En cualquier caso, las respuestas deberán argumentarse y compararse con las condiciones iniciales.



PEDRO Si todo funciona bien los alumnos verán que luego de la agitación, durante el reposo se van formando capas *horizontales* de tamaños de grano decrecientes hacia el techo. La experiencia mostrará lo que se denomina *estructura gradada*. Se trata del ordenamiento, decreciente hacia arriba, de los tamaños de los granos dentro de un estrato. Los resultados de esa actividad podrían relacionarse con vivencias personales, por ello preguntaría:

*¿Han estado frente a la barranca de algún río? ¿Pueden comentar cómo era la distribución de los granos en las capas?
¿Eran todos iguales o estaban ordenados de algún modo?
¿Podrían dibujar los que recuerdan?*



Creo que habrá que ayudarlos un poco para que surjan las ideas, sin embargo la mejor forma es planear esta actividad antes de un viaje de campo y no confirmar ni rechazar ninguna respuesta, tan sólo procurar que cada una de ellas tenga una argumentación. De este modo las respuestas podrían ser consideradas como hipótesis y las argumentaciones transformadas en experiencias a realizar. La salida puede sustituirse con diapositivas o fotos obtenidas en alguna salida previa al campo con el objeto de establecer analogías entre la experiencia que hicimos en clase, y los procesos naturales.

LUCIA Ya veo, querés decir que las barrancas de los ríos tienen sedimentos que fueron depositados por corrientes de agua que venían agitadas, y los dejaron allí donde hoy los vemos porque disminuyó la velocidad de esa corriente y entonces sedimentó la mezcla de clastos que era arrastrada.

ANA ¡Bravo Lucía!, has tenido un rapto de inspiración geológica admirable. Faltaría agregar que ello es "historia vieja", porque el río erosionó su propio cauce anterior, dejando a nuestra vista las barrancas y además, podríamos ubicar cada una de las

“crecidas” del viejo río, reconociendo estratos con estructura gradada. Pienso que con lo discutido podemos finalizar este tema, ¿no les parece?

ARIEL Sólo añadir que además del *tamaño*, deberemos tener en cuenta la *selección* y el *redondeamiento* de los granos, rasgos que en conjunto caracterizan lo que llamamos en estas rocas la *textura*. En resumen, la *textura* y la *composición* de los clastos son importantes para interpretar la historia de cada roca sedimentaria. Tengo una ficha con algunos datos, si les parece, luego les regalo una copia. (Figura 19)

FIGURA 19

CARACTERÍSTICAS DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

a) Los *tamaños* de las partículas y su variedad o *selección* dependen del agente que las ha transportado. El concepto de selección describe el grado de uniformidad de los tamaños de grano presentes en una roca.

EJEMPLOS (extremos): 1) Las arenas de los *médanos*, son representativas de una muy buena selección, porque la mayoría de sus granos son arenas finas y casi no hay de otros tamaños. 2) En el otro extremo se mencionan los depósitos de los *glaciares* o de las *avalanchas* de los ríos, que producen mezclas de sedimentos con muy mala selección de partículas cuyos tamaños pueden variar entre arcillas y bloques. 3) Una situación intermedia corresponde a los ríos, en donde según el régimen de flujo puede producir diferentes grados de selección.

b) El *redondeamiento* de los granos alude a la abundancia de aristas y vértices agudos presentes en los clastos. Este rasgo depende del agente de transporte pero fundamentalmente de las distancias recorridas. También influye el tamaño y la propia composición de las partículas. Un caso típico son los sedimentos fluviales ya que cerca de las montañas, los granos son angulosos, pero a medida que se alejan, no sólo son cada vez más redondeados, sino más pequeños.

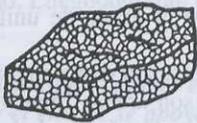
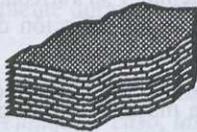
c) La *composición* de los granos puede ser muy variada. Se reconocen desde fragmentos de minerales hasta trozos pequeños de rocas. Depende de la variedad litológica de las áreas que aportan los clastos, también llamadas *Area Madre* o áreas de aporte.

3.4. LAS ROCAS METAMÓRFICAS

ARIEL Para analizar estas rocas, creo conveniente una reseña referida al marco global del ciclo de las rocas y al ambiente de esfuerzos compresivos típico de las áreas de subducción (Fig. 13). En ese contexto, queda claro que las rocas más profundas están sometidas a fuerzas intensas y pueden sufrir importantes transformaciones por aplastamiento e incluso por el reordenamiento de sus minerales y el crecimiento de otros como en el caso de las micas y los granates que son muy comunes en estas rocas. Lo importante es que *estos cambios ocurren en estado sólido*, sin fusión de las rocas previas.

PEDRO Estoy de acuerdo con mencionarlas, ya que algunas rocas metamórficas fueron de uso masivo desde la antigüedad hasta el presente. Me refiero a las rocas indicadas en el siguiente cuadro (Figura 20), en el cual, además, se indican sus principales características.

FIGURA 20

PRINCIPALES ROCAS METAMÓRFICAS REGIONALES			
	MÁRMOLES	PIZARRAS	ESQUISTOS
COLORES	en general claros: blanco, gris, rosado, etc	verdosos claros y oscuros, negro con brillo mate	gris - negro, con reflejos
RASGOS	pequeños granos de calcita visibles con lupa 10x	gran cantidad de láminas delgadas	abundante mica en pequeños cristales paralelos entre sí
ASPECTO EXTERNO			

ANA Por mi parte, quisiera destacar que en este caso no tiene sentido hablar de cómo se consolidan las rocas metamórficas, porque en realidad sus cambios ocurrieron en estado sólido y ya eran rocas cuando fueron transformadas. El cambio provocado por las presiones, como decía Ariel, a mí me gusta imaginarlo y contárselo a los alumnos como un “aplastamiento”, siguiendo el razonamiento que les conté antes. De esta manera les sugiero a los chicos:

“Hacer una roca” uniendo trocitos de plastilina de distintos colores, aplastarla en varias etapas y dibujar los productos que resultan en cada etapa, a medida que sufren mayor aplastamiento.



ARIEL Es una buena idea para relacionar los esfuerzos con la transformación de las rocas. Además, podría ponerse en evidencia el rol de la temperatura si la experiencia la realizan tres grupos, cada uno con plastilina a diferentes temperaturas. Estos cambios son promovidos por la influencia de la presión y la temperatura y ocurren en las raíces de los orógenos que ocupan grandes regiones, por lo cual se denominan procesos de metamorfismo regional. Por otra parte éstas y todas las rocas que están por encima sufren otro tipo de deformaciones por efecto de las fuerzas producidas durante la subducción.

ANA ¿Tienen ganas de pensar una actividad para integrar todo lo que vimos hasta aquí?

PEDRO Podría ser. Hemos desarrollado los conceptos más elementales con los cuales los chicos podrán comenzar a leer y entender los mensajes de los documentos geológicos: las rocas, y a través de ellos podrán interpretar partes de la historia de la Tierra.

3.5. LAS ROCAS DE MI BARRIO

VIOLE Yo creo que, llegados a este punto, estamos en condiciones de proponerles a los alumnos la actividad que había dejado pendiente desde el principio. Podríamos preguntar:

¿Pueden reconocer algunas de las rocas que ven a diario cuando se dirigen a la escuela?



ANA Tratando de ser optimista, en la ciudad veríamos tal variedad de rocas, que difícilmente podríamos verlas en el terreno. Por otra parte, por lo general están pulidas y ello permite desarrollar algunos contenidos procedimentales como por ejemplo,

Observar colores y “texturas” de las rocas. De acuerdo con ello deducir dónde se formaron las rocas observadas. Construir un plano de los alrededores de la escuela, e indicar con diferentes colores cada clase de roca.



ARIEL Yo hice algo parecido, para lo cual tuve que conseguir un atlas de rocas y con él, por comparación, los chicos diferenciaron todas las rocas observadas.

PEDRO Estoy de acuerdo con la actividad porque permite interesar a los chicos con una salida fuera de la escuela, trabajar con planos y practicar orientación en el terreno, pero además pueden valorar el patrimonio del barrio y no destruirlo a martillazos, con rayaduras ni inscripciones.



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 10

1. ¿Cuáles son los procesos exógenos que modelan el paisaje?
2. ¿Qué influencia tiene el clima en los procesos exógenos?
3. ¿Cuáles son los procesos que conducen a la formación de las principales sedimentitas?
4. ¿Cómo explicaría la consolidación de una sedimentita clástica?
5. ¿Qué rasgos de las rocas sedimentarias le permitirían conocer partes de su historia?
6. ¿Qué aspectos texturales se han mencionado y qué información aporta su estudio?
7. ¿Cómo plantearía la experiencia para simular la estratificación gradada?
8. ¿Cómo explicaría Ud. la formación de rocas metamórficas?

4. EL SUELO

VIOLÉ ¿Qué tal?, hoy debemos concluir el análisis del tema suelo, que es el último de los que nos propusimos desarrollar. Siguiendo el enfoque que dimos a los recursos mineros, me parece útil destacar que el estudio de los procesos formadores de suelos aporta herramientas para el desarrollo de una actitud crítica sobre el uso sostenible de estos recursos.

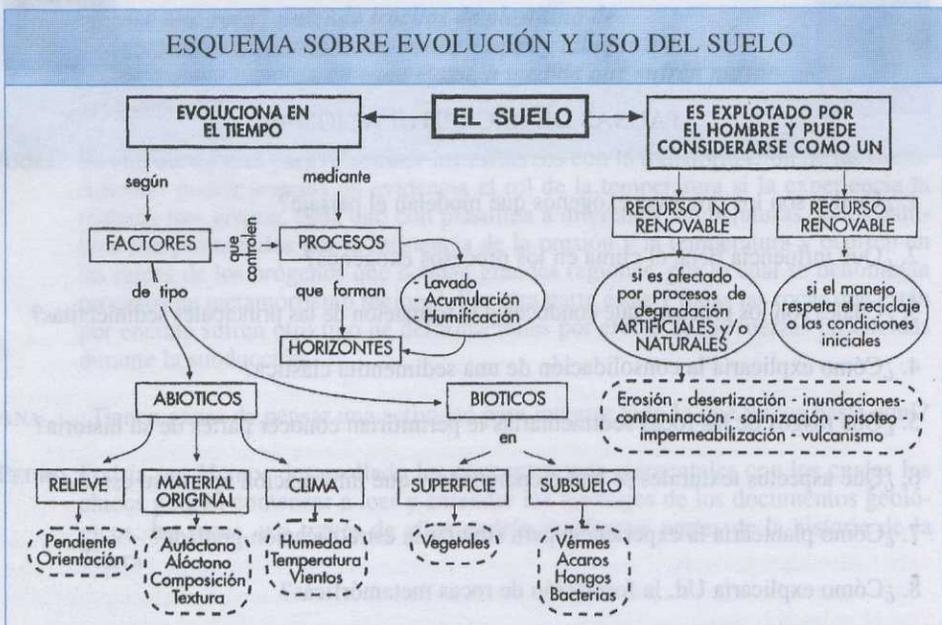
ANA Este aprendizaje lleva implícito la valoración del tiempo como condicionante de los cambios ocurridos en la historia geológica del Planeta. Junto con ello, habrá que considerar los daños derivados de las alteraciones humanas sobre los ciclos naturales de renovación de los suelos.

4.1. ¿ES SUELO TODO LO QUE PISAMOS?

VIOLÉ Me gusta que hayamos elegido este tema para cerrar nuestra unidad, ya que nos será de utilidad para integrar los contenidos de nuestro Bloque V, como así también de algunos otros. En ese sentido, me parece importante plantear de entrada la relación clima - suelo. De hecho, a finales del siglo XIX, edafólogos (del griego edaphos: suelo) rusos y americanos observaron que amplias regiones del Planeta, pese a tener diferentes rocas, poseían suelos similares y esto lo atribuyeron a que se encontraban en una misma zona climática.

ANA Desde hace un tiempo he venido pensando en un esquema (Fig. 21) que procura sintetizar los diversos aspectos que hay que tener en cuenta cuando hablamos de suelo ¿qué les parece?

FIGURA 21



VIOLÉ Me parece adecuado, en especial porque incluye los conceptos de “tiempo”, “factores” y “procesos”, facilitando así la comprensión sobre la gran variedad de suelos del Planeta.

ANA Antes de continuar, me gustaría que recordásemos que el término suelo deriva del latín (solum), que significa: “base, tierra en que se vive”. Sin embargo, desde el punto de vista científico, le damos un significado más restringido. Por eso, sugiero que los alumnos manifiesten sus ideas previas con el objeto de promover discusiones y aclaraciones que favorecerán aprendizajes significativos. Esto responde a la idea de Ausubel referida a la integración reconciliadora de los nuevos conceptos puestos en juego. ¿Están ustedes de acuerdo?

ARIEL Opino que será un lindo tema de debate. Sugiero que complementando la reflexión anterior propongamos a nuestros alumnos una pregunta como disparador, y después de un tiempo, una actividad de contrastación.

a) *¿Es suelo todo lo que pisamos?* b) *Buscar en cualquier diccionario, la/s acepciones que tiene esta palabra y decidir cuál es la que les parece que se utiliza más en el lenguaje popular u ordinario.*



LUCIA Con respecto a la primer pregunta, imagino que los chicos, recordando algún campamento, afirmarán que al sacarse la mochila la apoyan en el suelo, sin advertir que quizás estaban parados sobre rocas, o en las arenas de un río. Creo que esto nos pasa a nosotros también que muchas veces usamos inadvertidamente el término “suelo” en lugar de “piso” o “superficie”.

ANA En definitiva, lo que estamos haciendo es poner en evidencia que el término suelo es polisémico. Sin embargo, desde el punto de vista científico, posee un significado particular y ello nos exige cierto rigor conceptual. De todas maneras, propongo reflexionar junto con los alumnos que tendríamos que estar atentos al uso de dicho término con el significado correspondiente a cada ámbito, científico o familiar, y respetar las otras acepciones.

PEDRO Estoy de acuerdo con este modo de introducir el tema, porque así se pueden exponer preconceptos, muchos de los cuales son erróneos y derivan de una concepción estática de la naturaleza.

ARIEL Bien, pero deberíamos aclarar que desde el enfoque geocientífico, la palabra suelo hace referencia a *un sistema material compuesto por granos sueltos con materia orgánica, que cubre grandes superficies del planeta y representa el resultado (transitorio y parcial) de las interacciones entre algunos componentes esenciales de los cuatro subsistemas terrestres.*

PEDRO Coincido con ustedes en la importancia de plantear de entrada la relación clima - suelo que se pone de manifiesto en la frase “cada clima tiene su suelo”. Por ello, y para comenzar a desarrollar esas ideas, podríamos preguntar:

¿Cuáles son las características que permiten diferenciar a los climas ubicados en la zona ecuatorial de aquéllos que se encuentran en latitudes tropicales.



ARIEL Opino que en atlas, textos u otra bibliografía, los chicos hallarán valores de temperatura, precipitaciones, etc., con los cuales será visible la relación entre las latitudes y los climas.

PEDRO Con todas las ideas previas que se han puesto en juego deberíamos avanzar en el intento de vincular los suelos con los climas. Al respecto, creo que sería útil que acordemos la manera de presentar los diferentes elementos del esquema (Fig. 21).

4.2. PROCESOS FORMADORES DEL SUELO

ARIEL Bien, a mí me gustaría comenzar analizando muy brevemente los procesos que determinan el desarrollo de capas denominadas horizontes. Para ello diría que la superficie terrestre está expuesta a diferentes climas y que ello imprime un rasgo característico a cada región. Justificaría esa afirmación razonando que en las regiones de climas más húmedos, el agua tendrá una mayor influencia no sólo por su escurrimiento superficial, sino también respecto de su infiltración.

PEDRO De acuerdo, así podríamos decir que el agua que se infiltra “disuelve” o lava muy lentamente algunos minerales y “arrastra” partículas arcillosas hacia abajo, pero además y por tratarse de un proceso “clave”, pienso que se podría continuar con la actividad anterior y plantear el siguiente problema:

¿Qué diferencia existe en el “lavado” de una capa de sedimentos superficiales que se encuentra en un clima templado húmedo y otro similar, pero en un clima desértico?



ANA Así surgirán algunas explicaciones o hipótesis que aludirán a la lluvia, lo que podría constituir el comienzo de una investigación escolar. Podríamos sugerir el diseño de experiencias y su realización, para validar o no las hipótesis formuladas. Creo que de esta manera, los chicos se “engancharán” rápidamente. ¿Se les ocurre a ustedes alguna experiencia con relación al origen de los horizontes?

PEDRO Yo dejaría que los chicos propongan. Si finalmente tuviese que intervenir, sugeriría una experiencia que simule el efecto de la lluvia sobre la superficie y su infiltración. Concretamente, llevaría un sedimento preparado con un 80% de gravas finas y 20% de tierra de jardín, bien homogeneizado y un envase de gaseosa descartable, perforado en la base. A los chicos les propondría:

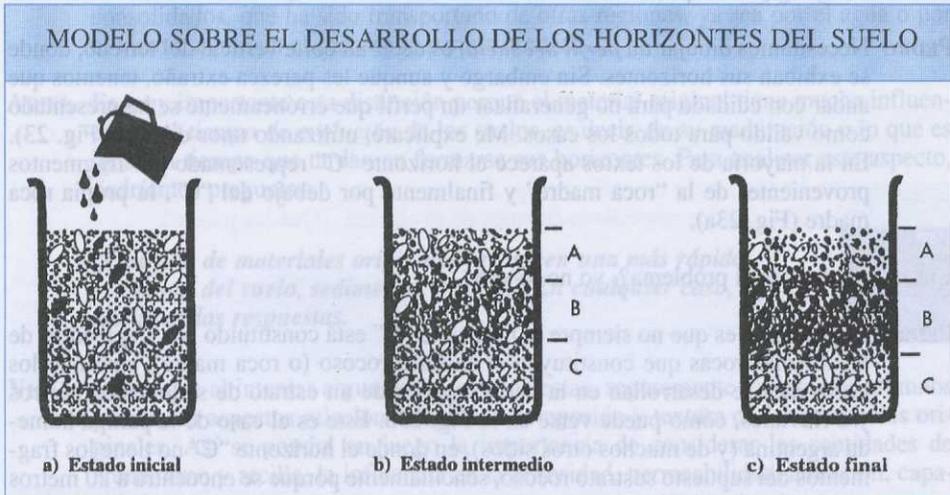
Colocar el sedimento y dibujar lo que observan a cada paso. En dos etapas, volcar 0,5 y 3 litros de agua desde unos 40 cm de altura, muy lentamente, simulando regiones climáticas con distinta pluviometría. Comparar y verificar las hipótesis formuladas.



VIOLE En definitiva, el resultado (Fig. 22), será que efectivamente hubo una extracción (lavado) de partículas en la parte superior y una acumulación en la inferior. Me parece muy bueno el modelo, porque partiendo de un *material original* constituido por un sedimento sin capas diferenciadas, por acción del agua descendente se desarrolla un *horizonte “A” de lavado* que se diferencia claramente del inferior u *horizonte “B” de acumulación*, de los materiales extraídos del “A”. Debemos aclarar que en este *modelo*, se han exagerado los tamaños de las partículas. En el suelo

“real” las partículas que se movilizan son de tamaño arcilla, y ésta es la que caracteriza a las acumulaciones del horizonte “B”.

FIGURA 22



PEDRO Así es, y si imaginamos lo que ocurre en la naturaleza, comprenderemos que este proceso, según el clima y las precipitaciones, tiene lugar hasta determinada profundidad, 1,5 a 2 m, más allá de la cual el material original ya no recibe las arcillas retenidas en “B”, quedando como horizonte “C”, a veces ni siquiera meteorizado. En otras palabras, podríamos decir que los materiales superficiales, antes que comience el lavado, podrían ser considerados “C”, pero luego, el horizonte “C” va desapareciendo de la superficie para permanecer sólo en profundidad, y quizás fuera de la visión del modelo.

ANA Nos estamos olvidando del llamado horizonte “O” (cero). Me gustaría comentar que es el más superficial y se origina por la acumulación de vegetales (hojarasca) y otros organismos muertos. Todo ello junto con las raíces y los pastos bajos, constituyen una capa de materia orgánica muerta que es la “materia prima” para la biodegradación y el posterior arrastre de una fracción minoritaria hacia el horizonte “A” donde son presa de la microflora y microfauna edáfica que luego formará el humus.

PEDRO Todo este proceso es denominado humificación, e involucra en forma conjunta, tanto a los procesos biológicos como a los fisicoquímicos que forman el humus que tiene la apariencia de un aceite oscuro que tiene poca movilidad. La acumulación del humus en el horizonte “A” da lugar a su color pardo-negro característico. Esta propiedad permite distinguirlo del horizonte “B” que en general es más claro porque ha recibido las arcillas y las sales extraídas desde arriba. De este modo el horizonte “A”, puede tener un 20 - 30% de materia orgánica total, mientras que el humus representa sólo la fracción transformada por procesos físico-químico-biológicos, que puede alcanzar valores del 2 - 3 %.

PEDRO Por supuesto, creo que es lo más adecuado. Como se ve en la Fig. 23, uno de ellos sería el tradicional, basado en la meteorización de una roca que se desarma en trozos que se van achicando, pero quedan en el mismo lugar y se lo considera un *materia original autóctono*. En el otro dibujo representaríamos un *materia original alóctono*, es decir que los suelos se desarrollan sobre un sustrato de sedimentos no consolidados, que ha sido transportado de otras regiones, ya sea por el agua o por el viento, como en el caso de la pampa húmeda.

ARIEL Es muy importante esta distinción porque el material original tiene mucha influencia en el *tiempo de evolución* de los suelos, es decir, de su maduración o lo que es igual, el tiempo que tardan en formarse sus horizontes. Para analizar este aspecto, podríamos preguntar:

¿Qué tipo de materiales originales favorecen una más rápida evolución del suelo, sedimentos o rocas? En cualquier caso, justificar las respuestas.



VIOLÉ Opino que al intentar argumentar las respuestas, seguramente los propios alumnos plantearán aspectos relacionados con la composición y textura de los materiales originales. Así se pondrá en juego la importancia de considerar las cantidades de arena, limo y arcilla, la influencia en la porosidad, permeabilidad, aireación, capacidad para retener agua, etc.

ANA Todos esos aspectos forman parte de los *factores abióticos* y son muy importantes para el desarrollo de los suelos. Pero tan importantes como ellos es el clima, ya que condiciona la meteorización de los materiales originales y el tipo de vida de una región. Esta última constituye los *factores bióticos* que contribuyen al desarrollo del suelo. Recuerdo que en climas templados, una hectárea puede contener unos 300 millones de invertebrados, arácnidos, miriápodos, insectos, etc., además de otros microorganismos sin los cuales no se transformaría el nitrógeno, el fósforo, el azufre, etc., en compuestos asimilables por las plantas y el suelo sería poco fértil.

PEDRO Si me permiten, quisiera sugerir que no olvidemos mencionar otro factor que a veces pasa desapercibido: el *factor estación*, que se refiere al sitio que consideremos. Si el terreno posee pendiente, la infiltración del agua será menor que si fuera horizontal. Además se refiere a la insolación sobre las superficies inclinadas.

LUCIA Entonces, ¿podría ser que el mismo factor tenga diferentes interpretaciones en cada hemisferio? A mí me parece que los terrenos del hemisferio sur que inclinan hacia el sur reciben anualmente menos insolación que aquéllos que inclinan hacia el norte, especialmente los de latitudes más altas (lejanas al ecuador), pero en el hemisferio norte es a la inversa.

ARIEL ¡¡Excelente razonamiento, Lucía!!, en ambos hemisferios, los terrenos que reciben menos insolación tienen mayor retención de agua (se evapora menos) y por ende los procesos formadores de suelos serán mas intensos. Este es un buen ejemplo para vincular al suelo con las características de la órbita terrestre, tratada en la Unidad 1 de este bloque pero..., sugiero que continuemos con los pies sobre la Tierra poniendo la mirada atenta en los primeros centímetros de los suelos.

PEDRO Creo que deberíamos realizar una síntesis sobre las etapas evolutivas de los suelos. Podría imaginarse un "ciclo del suelo", condicionado por el clima y que sería:

- 1) Colonización por vegetación herbácea, luego arbustiva y finalmente forestal.
- 2) Acompañando los cambios de las especies vegetales, se va desarrollando el perfil del suelo. Al principio, sólo se formará un horizonte A incipiente y con escasa cantidad de humus, por lo que el perfil tipo de un suelo inmaduro podría ser: O - A - C. Recién más tarde comienza a formarse el horizonte B y el perfil será O - A - B - C, indicando mayor madurez.
- 3) Al cabo de cierto tiempo se alcanza un equilibrio, que se mantendrá sobre la base de procesos que lo autorregulan. Esta etapa es denominada clímax del suelo.



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 11

1. ¿Cuál es el significado de suelo desde el enfoque de las geociencias?
2. ¿Por qué se afirma que el suelo es la síntesis de la interacción entre los subsistemas?
3. ¿Qué razones permiten sostener que el clima es el principal factor en el desarrollo del suelo?
4. ¿Cómo se originan cada uno de los horizontes del suelo?
5. ¿Qué es el humus, cuáles son sus características y su importancia?
6. ¿En qué horizonte se encuentra la principal concentración de humus?
7. ¿Qué materiales originales podrían estar representados en el perfil de un suelo?
8. Enumere los principales factores que influyen en la formación de suelos.
9. ¿Cómo explicaría Ud. la evolución de los suelos y el tiempo que tardan en formarse?

4.5. PERFILES DEL SUELO

ARIEL El estudio de los procesos y factores formadores de suelo nos ofrecen una primera escala de análisis sobre el desarrollo de un perfil de suelo, sin embargo creo necesario procurar la aplicación de estos conceptos al tratamiento de algunos problemas, con el objeto de promover aprendizajes significativos.

ANA Una cosa son las explicaciones que hemos desarrollado acerca de la formación de los horizontes del suelo, pero ahora, con vistas a realizar experiencias y/o resolver problemas, me parece que tenemos que definir qué es el *estudio del perfil del suelo*. Con estas finalidades, hay que reconocer al menos tres niveles de observación:

meso, macro y microscópico. El primer nivel permite diferenciar los horizontes, sus colores y espesores. El segundo se usa para reconocer la consistencia, texturas y estructura de cada horizonte, y el último, finalmente, se requiere para las muestras que se llevan al laboratorio y consiste en análisis mineralógicos y químicos.

LUCIA Todo está muy lindo, pero cuál sería el interés de los alumnos por aprender a realizar estudios más detallados del perfil de los suelos, ¿acaso ustedes se lo han preguntado?

ARIEL Tenés razón Lucía, no creo que los alumnos sean “pichones” de edafólogos, sin embargo el puro placer por el conocimiento permitiría proponerles algunas actividades de investigación escolar. En este momento se me ocurre pensar en la posibilidad de formular hipótesis acerca de las características de los suelos de su localidad y de otras regiones del país y por qué no del mundo. Luego tendrían que realizar sus propios análisis y contrastarlos con experiencias hechas por alumnos de otros sitios, aprovechando diferentes medios de comunicación, desde el correo postal hasta el electrónico, vía Internet.

PEDRO Por otra parte, las investigaciones escolares sobre los suelos, además de contenidos procedimentales como el que mencionó Ariel, permiten desarrollar actitudes referidas a la conservación y conceptos vinculados a la posibilidad concreta del reciclaje de los suelos. En fin, son infinitas las posibilidades de trabajo, pero, ahora me gustaría proponerles a los chicos que opinen,

Considerando los procesos y factores que influyen en la formación de los suelos, ¿qué características de los suelos creen ustedes que ayudan a su fertilidad, y cuáles atentan en su contra?



ANA Imagino que mayoritariamente opinarán sobre la cantidad de humus y el agua como factores benéficos y a la sequía y a las arcillas como perjudiciales. Sin embargo, esto es relativo ya que según el diagrama de la Fig. 24, las altas precipitaciones atentan contra el humus y por otra parte las arcillas juegan un rol fundamental en la formación del humus y en la retención del agua de los suelos.

VIOLE En el curso del debate promovido, creo que será conveniente introducir el concepto de *textura del suelo* referida a los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes y que caracterizan a cada horizonte. El conocimiento de la textura permite predecir tanto la capacidad de circulación de agua (permeabilidad) como la capacidad de retención (gracias a las arcillas).

ARIEL Otro concepto importante es el de *estructura del suelo* debido a que representa el grado de adherencia entre las partículas y ello condiciona tanto la capacidad de labranza, como la estabilidad frente a la erosión del viento y/o del agua. Por otra parte, sus propiedades cohesivas dependen de los procesos de formación de suelos que hayan tenido lugar.

VIOLE Considerando que tanto la textura como la estructura, son análisis macroscópicos que se realizan principalmente en el horizonte “A”, me parece que podríamos comenzar por el nivel mesoscópico y trabajar con los horizontes.

PEDRO De acuerdo, pero para ello, tendríamos que recordar con los estudiantes que cuando definimos la formación del “B”, nos referimos a la *acumulación de arcillas*.

Además de esta migración mecánica, existe una disolución y transporte químico (solución) de carbonato de calcio, que también se acumula en el "B". Ambos tipos de acumulaciones muchas veces coinciden e indican el mismo límite "A" - "B". Sin embargo, en regiones de altas precipitaciones la acumulación de carbonato ocurre por debajo del límite entre estos horizontes. Teniendo en cuenta el caso más común, les propongo que planifiquemos una salida de campo para realizar una experiencia que es muy linda.

Diferenciar los horizontes echando ácido clorhídrico al 15% sobre un perfil excavado ex-profeso o sobre una barranca, sacando previamente el polvo de la superficie.



Cuando comienza a burbujear, estamos en el "B", porque allí terminó el horizonte de lavado y comienza el de acumulación, ya que ese burbujeo nos indica la presencia de carbonato de calcio. Luego de realizada la experiencia tendríamos que plantear una discusión acerca de las razones del burbujeo y las sustancias que lo pueden originar. Por supuesto que en todo este trabajo es necesario integrar los contenidos trabajados en el Bloque IV.

4.6. ESTRUCTURA Y TEXTURA DE LOS SUELOS

ARIEL Habiendo aprendido a diferenciar horizontes, opino que podríamos completar el estudio de los suelos analizando algunas técnicas para determinar estructuras y texturas.

VIOLE Respecto a las estructuras, les propongo una técnica simple que nos permitiría un acercamiento a la clasificación de ellas. Se realiza en el campo y consiste en dejar caer una palada del horizonte "A", desde unos 80 cm de altura. Así se reconocen las estructuras más débiles de otras más fuertes, según los tamaños en que se desmenuce el terrón del suelo al caer. Podríamos mencionar que algunas estructuras se denominan *sueitas*, *migajosa* (con muchos poros), *granular* (trozos pequeños con pocos poros), *poliédricas* (trozos en forma de bloques angulosos), etc.

ANA Para trabajar aspectos macroscópicos en el aula o en el laboratorio, podríamos introducir el concepto de textura relacionado con los porcentajes de arena y limo que constituyen el esqueleto del suelo, para lo cual conviene que recordemos la escala granométrica que presentamos en la Fig. 18, donde diferenciábamos por el tamaño de sus partículas, arena, limo y arcilla.

ARIEL Con relación a la sugerencia de Ana...

¿Qué opinan Uds. acerca de la presencia de arcilla en los suelos?



PEDRO Creo que son imprescindibles, y que deberíamos "destronar" el viejo mito que dice que la arcilla es "veneno" en los suelos. Este concepto se reproduce frecuentemente en los manuales tradicionales y es fruto de una transposición incorrecta del con-

cepto textural de los suelos. Si les parece, podríamos investigar qué piensan los estudiantes acerca de estas cuestiones preguntándoles

¿Qué tipos de suelos conocen y cuáles creen que son mejores?



ARIEL Es interesante, las veces que lo intenté, los chicos respondían que los suelos, o son arenosos (los buenos), o son arcillosos (los malos), lo cual implica la concepción perjudicial acerca de la arcilla. Por ese motivo deberíamos mencionar explícitamente que *la presencia de arcillas es indispensable en todo suelo, porque ayuda a formar el humus y permite retener la humedad que necesitan las raíces*. Por supuesto, aclarando que los excesos (más del 40%) son perjudiciales.

VIOLE Me gustaría sugerir una experiencia que es simple y, hasta puede resultar divertida. Para ello podríamos presentar una clasificación textural simplificada, en la que se agrupan por un lado las arenas y por el otro, los limos más las arcillas. (Figura 25)

FIGURA 25

CLASIFICACIÓN TEXTURAL SIMPLIFICADA		
clase\granometría	ARENA	LIMO + ARCILLA
ARENOSO	>del 80 %	< del 20 %
LIMOSO	80 a 65 %	20 a 35 %
ARCILLOSO	< del 40 %	> del 60%

Teniendo en cuenta esta información, el procedimiento consiste en

Construir bastones (o "viboritas") de barro, amasando el suelo con un poco de agua hasta formar una pasta que no se pegue en las manos.



Entrando en el detalle, les cuento que se procura hacer unos bastoncitos de 8 a 10 cm de longitud, unos con 3 mm de diámetro y otros de 1 mm (valores aproximativos), y luego tratar de juntar los extremos como un anillo. Mediante esta experiencia se evalúa la facilidad para lograr cada objetivo y en función de ello se obtiene una clasificación textural cualitativa de los suelos, como la del siguiente cuadro: (Figura 26).

FIGURA 26

CLASIFICACIÓN TEXTURAL CUALITATIVA DE LOS SUELOS				
Tipo de suelos/ bastones	Bastones de 3 mm		Bastones de 1 mm	
	¿Se hacen?	¿Se doblan?	¿Se hacen?	¿Se doblan?
SUELO ARENOSO	NO	no tiene sentido intentarlo		
SUELO LIMOSO	SI	NO	SI	NO
SUELO ARCILLOSO	SI	SI	SI	SI

PEDRO Yo agregaría que como toda clasificación, hay que “tomarla con pinzas” ya que es muy posible que se nos presenten casos concretos que no “caigan” en las casillas correspondientes. En estos casos se establecen clases intermedias como pueden ser: suelos areno - limosos o limo arenosos, según que las características de nuestro suelo se aproximen más a uno que a otro, pero que no sea claramente ninguno de los dos. ¿Les parece bien que adoptemos este criterio? Podríamos destacar algunas propiedades de las clases texturales de los suelos, por ejemplo, yo suelo utilizar la siguiente ficha: (Figura 27)

FIGURA 27

PROPIEDADES DE LAS CLASES TEXTURALES DE LOS SUELOS			
TEXTURA ARENOSA	TEXTURA LIMOSA	TEXTURA ARCILLOSA	TEXTURA EQUILIBRADA (o franca)
Suelos bien aireados, fáciles de trabajar, en razón de la alta permeabilidad; resultan suelos pobres en reservas de agua y en nutrientes.	El exceso de limo y la insuficiencia de arcillas pueden favorecer la precipitación de cementos minerales y la pérdida de porosidad y aireación para el desarrollo de la actividad microbiológica.	Suelos químicamente ricos pero con malas propiedades físicas, por ser algo impermeables y mal aireados. Esto es un obstáculo para la penetración de las raíces. Son suelos difíciles de trabajar porque son plásticos cuando están húmedos y muy compactos cuando son secos.	Son suelos que poseen las mejores condiciones para el cultivo porque reúnen las cualidades de las tres clases anteriores. Así, se ha comprobado que la distribución granulométrica óptima es la siguiente: 40-50% de arena, 30-35% de limo y 20-25% de arcilla.

VIOLE Me parece conveniente mencionar que con prácticas adecuadas, en alguna medida pueden corregirse las propiedades negativas de las texturas menos apropiadas. Por otra parte, hay tal gama de variedades que, salvo casos extremos, es posible realizar cultivos apropiados en suelos que no sean “francos”, aunque el rendimiento de los cultivos sea menor.

4.7. RECURSO RENOVABLE: ¿CUÁNDO? ¿CÓMO? ¿DÓNDE?

ANA Además de tomar conciencia, es importante subrayar que los suelos son recursos naturales, que son parte de la vida y que facilitan otras formas vivientes, en particular son necesarios para alimento y protección de la especie humana. Por lo tanto creo necesario promover una reflexión adicional referida al uso y abuso de los suelos. ¿No les parece que ésta es una cuestión de vital importancia?

VIOLE Estoy de acuerdo, en especial creo que cuando nos referimos a la producción agropecuaria debemos tener conciencia de que se trata de una industria extractiva, en el sentido de que se “sacan” nutrientes del suelo y éste se va empobreciendo. En ese sentido pueden discutirse varias cuestiones referidas a abonos orgánicos, químicos, rotación de cultivos, etc., todas las cuales podrán ser evaluadas desde diversas perspectivas. Pero, además, nosotros podríamos introducir un elemento de conflicto mediante el planteo de

- a) *¿Es posible reponer los nutrientes extraídos del suelo?
¿Qué nutrientes? ¿Cómo reponerlos?*
- b) *¿Podría ser que esperásemos un reciclaje mediante la evolución natural del suelo?*



PEDRO También a mí me parece esencial una reflexión en ese sentido. Si efectivamente los alumnos lograron construir aprendizajes significativos sobre los tiempos que demoran en formarse los suelos, y sobre los factores promotores y limitantes, opino que con ello habrán desarrollado una actitud crítica y se habrán apropiado de fundamentos para razonar que el suelo sólo es renovable si es objeto de un manejo adecuado. De igual modo podrán comprender críticamente los cambios en las economías de algunas regiones, donde hubo suelos que “fueron” renovables, pero ya no lo son.

ANA Bien, creo que esto nos lleva a una conclusión importante y es que *para usar racionalmente cualquier recurso tenemos que considerar los tiempos geológicos que demanda su formación*. Además, cuando evaluamos la posibilidad de usar alguno de ellos, no debemos descuidar la escala de tiempo que corresponde usar en cada caso.

VIOLE Me parece que deberíamos destacar que las pérdidas de suelos pueden ser producidas por fenómenos naturales como inundaciones, avalanchas, vulcanismo, etc. Sin embargo, en alguna medida estos riesgos son previsibles y no tenemos otra salida que convivir con ellos del mejor modo posible. Digo esto para que ofrezcamos una visión global del problema y no nos quedemos sólo en la degradación antrópica, es decir, producida por el hombre.

ANA Estoy cansada y creo que con lo discutido hasta aquí y con el enfoque con el que hemos trabajado, los alumnos podrán construir conceptos incluso que podrán

profundizarse, y que serán útiles para que en el futuro sean ciudadanos críticos, con fundamentos para opinar sobre el uso público y privado de los recursos naturales, considerándolos patrimonio de la humanidad.



PAUSAS DE RECAPITULACIÓN 12

1. ¿Qué entiende por perfil de un suelo?
2. ¿Cómo podría identificar los horizontes O, A y B ?
3. ¿Qué entiende por estructura y texturas de los suelos? ¿Cómo las determinaría?
4. ¿Cuál es la importancia de la presencia de arcillas en los suelos?
5. ¿Qué clases texturales de suelo conoce?
6. ¿Por qué se menciona que la explotación del suelo es una actividad extractiva?
7. ¿Cómo debería explotarse el suelo para que pueda ser considerado un recurso renovable?

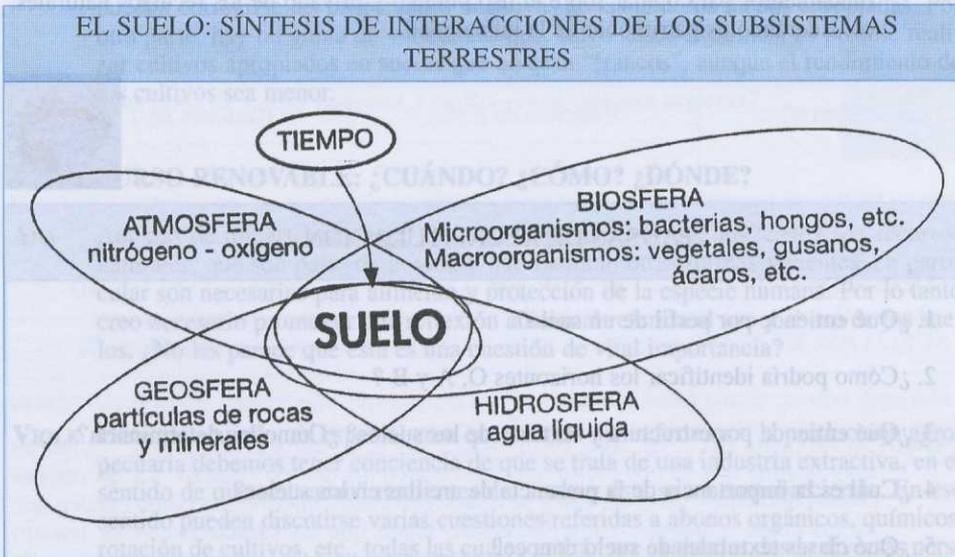
PEDRO Yo creo que quedó más o menos redondeado el tema suelo. Pero, ¡atención!, que dije redondeado y no terminado ni cerrado. Sabemos que el conocimiento está en permanente evolución y, por lo tanto, podemos darnos por contentos si logramos despertar en los estudiantes intereses que los impulsen a seguir investigando y brindarles instrumentos que posibiliten su educación permanente.

VIOLE Estoy de acuerdo con vos, Pedro, pero como la finalización de nuestra unidad marca también la culminación de nuestro bloque, creo que merece una pequeña evaluación, no sólo en cuanto a lo conceptual y procedimental sino también a lo actitudinal.

ANA Creo que, tal cual se planteó en la introducción del bloque, la Tierra constituye un sistema en evolución, a través de las interacciones entre la biosfera y los subsistemas terrestres que fueron analizados en las unidades : *atmósfera, hidrosfera y litosfera*. Por otra parte, el tipo de esas interacciones, su intensidad, etc, están fuertemente reguladas por las características de la Tierra en el *Sistema Solar*, analizado en el comienzo del bloque. En consecuencia, este bloque creo que ayuda a comprender las singularidades de nuestro Planeta, dentro de la diversidad de aspectos que dentro de él tienen lugar. Se me ocurre que el suelo representa una posible síntesis de todo lo dicho:

10. ¿Cómo cuestionaría las ideas que justifican el origen de las montañas por el enfriamiento y contracción de la Tierra?

FIGURA 28



ARIEL Pienso que los contenidos abordados y el enfoque adoptado para su tratamiento, permiten tener un conocimiento de nuestro planeta que espero que sea de utilidad para nuestros colegas del Bloque VI, que son los encargados de estudiar a los seres humanos y al cuidado de su salud, temas íntimamente relacionados con los ya vistos.

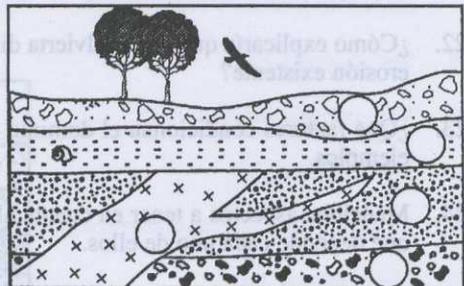
VIOLE Quisiera destacar que esta forma de trabajo me enriqueció enormemente. El aporte de todos nuestros compañeros, tanto de sus conocimientos como de sus experiencias, me significó mucho.

PEDRO Eso nos sucedió a todos y esperemos que les ocurra a los colegas que trabajen este material. Realmente me parece que se hizo realidad una frase que leí en algún momento, creo que es de Paulo Freire y, palabras más, palabras menos dice así: *"Nadie educa a nadie, nadie se educa solo, los hombres se educan entre sí, mediatizados por el mundo"*.

ANA Estoy cansada y creo que con lo discutido hasta aquí y con el enfoque con el que hemos trabajado, los alumnos podrán construir conceptos inclusivos que podrán

II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. Justifique la elección del estudio de los recursos y reservas naturales como hilo conductor de esta unidad.
2. Compare los enfoques sistémico y analítico planteados para esta unidad. Señale ventajas y dificultades que puede presentar cada uno de ellos.
3. ¿Cree usted que el conocimiento de los ciclos naturales promueve un uso sustentable de los recursos naturales? ¿Por qué?
4. ¿Cuáles son las dificultades que pueden plantearse al abordar el estudio del tiempo geológico con niños de 10-14 años?
5. Explícite criterios para determinar la edad relativa de una roca sedimentaria. Fundaméntelos.
6. A partir de los criterios mencionados para calcular edades de una roca sedimentaria, analice la siguiente figura y numere los estratos y el filón según el orden cronológico de formación.



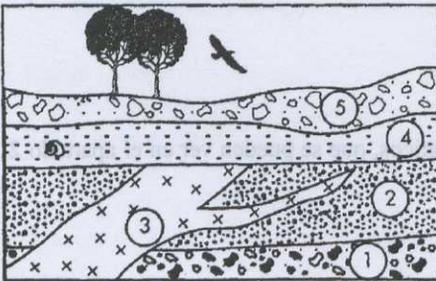
7. ¿Qué contenidos se pueden abordar al encarar, con una estrategia de investigación grupal el estudio de la evolución de las ideas geológicas?
8. Explique la frase "El presente es la clave del pasado".
9. Explícite las razones por las cuales la explicación de los fenómenos sísmicos y volcánicos, plantea la necesidad de estudiar la estructura interna de la Tierra.
10. ¿Cómo cuestionaría las ideas que justifican el origen de las montañas por el enfriamiento y contracción de la Tierra?

11. ¿Considera que las objeciones hechas al modelo que presentaba a las montañas como "arrugas" en la superficie fueron superadas por la teoría de los Geosinclinales? Justifique su respuesta.
12. A partir de un análisis de la teoría del Geosinclinal, señale los avances que representa la misma, aspectos de ella que aún hoy siguen vigentes aunque sea parcialmente, y dificultades que planteó para avanzar en el conocimiento de la dinámica litosférica.
13. Explícite las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad planteadas al discutir la evolución de las ideas sobre la deriva continental.
14. Relacione los procesos sísmicos con los volcánicos.
15. ¿En qué forma los contenidos construidos acerca de las rocas y minerales apuntan al hilo conductor de esta unidad?
16. Relacione los conceptos de rocas, minerales y elementos químicos.
17. Justifique la elección de tratar contenidos relativos a las rocas antes de abordar el estudio de los minerales.
18. Ubique bordes de subducción y de expansión en la Fig. 11. ¿Cómo se relaciona la formación y transformación de las rocas con las características de estas zonas?
19. Señale semejanzas y diferencias entre magma y lava.
20. ¿Cómo distinguiría una roca volcánica de una plutónica? Justifique su respuesta.
21. Explique cómo se forman los yacimientos vetiformes.
22. ¿Cómo explicaría que no se advierta disminución en la altura de Los Andes, pese a la erosión existente?
23. ¿Qué factores condicionan el dominio de los diferentes agentes exógenos? Proponga ejemplos.
24. Mencione aspectos a tener en cuenta al caracterizar una roca sedimentaria. Señale de qué depende cada uno de ellos.
25. ¿Cómo determinaría, a partir del estudio de una roca sedimentaria, el ambiente físico y climático en que se formó?
26. ¿Podría reconocer sedimentos acumulados por acción del viento y del hielo?, ¿cómo?, ¿por qué?
27. Trate de explicar con sus palabras y alguna experiencia, los rasgos de los sedimentos fluviales.
28. Justifique los procesos metamórficos en función de los factores que intervienen en ellos, teniendo en cuenta la zona en los que se producen.

29. ¿Qué aportan las geociencias al desarrollo de una actitud crítica frente a los recursos naturales?
30. Explique la frase “cada clima tiene su suelo”.
31. Describa los procesos que determinan el desarrollo de los horizontes.
32. Relacione la textura de un suelo con su permeabilidad.
33. ¿Cómo rebatiría las ideas que presentan a la arcilla como veneno para los suelos?
34. Caracterice las clases texturales de suelo que conoce.
35. ¿Cómo intervienen los factores bióticos y abióticos en la formación de suelos?
36. ¿Cuál podría ser el perfil de un suelo inmaduro? ¿Por qué?
37. ¿Considera al suelo un recurso renovable? Fundamente su respuesta.

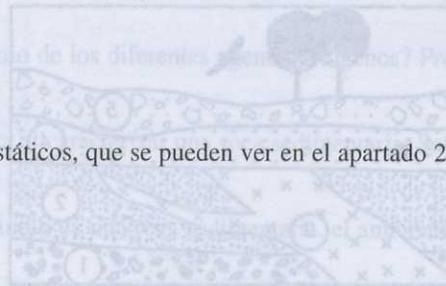
RESPUESTAS A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. Ver apartados 1.1 y 1.3.
2. Ver apartado 1.2.
3. Ver apartados 1.1, 1.3 y 4.7.
4. Ver apartado 1.4.
5. Ver apartado 1.5.
- 6.



7. Se pueden citar a modo de ejemplos: *Contenidos conceptuales*: ideas acerca de los fenómenos geológicos, su relación con el marco social en el que se construyeron. *Contenidos procedimentales*: formulación de preguntas; selección, recolección y organización de la información; comunicación e intercambio de los resultados de una investigación. *Contenidos actitudinales*: valoración del trabajo cooperativo y solidario; reflexión crítica sobre el propio trabajo; reconocimiento del carácter constructivo del conocimiento científico.

8. Ver apartado 1.6.
9. Ver apartado 2.1.
10. Ver apartado 2.3.
11. Ver apartado 2.3.
12. Ver apartados 2.3 y 2.4.
13. Los avances tecnológicos permitieron acceder a los fondos oceánicos. La Segunda Guerra Mundial absorbía los recursos económicos que, de esa forma, no podían aplicarse a la investigación científica. Comunicar Estados Unidos y Europa (necesidad social), a través de un tendido de cables submarino (aportes tecnológicos), permitió el conocimiento científico (investigación científica).
14. Ver apartado 2.5.
15. Ver apartado 3.1.
16. Ver apartado 3.1.
17. Ver apartado 3.1.
18. Las zonas se corresponden con la parte central de la Fig. 11, bordes de expansión y, a su izquierda y a su derecha, las regiones donde se hunde la corteza oceánica (bordes de subducción). Ambas zonas tienen relación con la formación y transformación de rocas debido a los procesos que tienen lugar en ellas. En las dorsales se construye corteza oceánica por la lava que, cada tanto, emerge por el valle medio. En las zonas de subducción, se hunde corteza oceánica permitiendo que las rocas, al variar las condiciones de presión y temperatura, se transformen.
19. Ver apartado 3.3.
20. Ver apartado 3.3.
21. Ver apartado 3.3.
22. Se explica por los movimientos isostáticos, que se pueden ver en el apartado 2.3.
23. Ver apartado 3.4.
24. Ver apartado 3.4.
25. Ver apartado 3.4.
26. Es posible reconocerlos fundamentalmente en función del tamaño de sus partículas y de la variedad o selección de los mismos. En el primer caso se distinguirá una gran mayoría de arenas finas, no existiendo casi partículas de otros tamaños. En el segundo caso se puede observar una mezcla con mala selección de partículas, porque van desde arcillas hasta bloques. Además, los granos transportados por el viento resultan muy redondeados (sin aristas), en cambio los transportados en el seno del hielo, no sufren mayor desgaste y presentan aristas y vértices agudos.



27. Ver apartado 3.4.
28. Ver apartado 3.5.
29. Las geociencias aportan herramientas conceptuales y metodológicas para la comprensión de los procesos que originaron los recursos naturales renovables y no renovables de la Tierra, y que aún actúan sobre ellos.
30. Ver apartado 4.1.
31. Ver apartado 4.2.
32. La textura de un suelo se refiere a los porcentajes de arena, limo y arcilla que lo constituyen. La diferencia entre estos tres componentes es el tamaño de sus partículas. Cuanto mayor sea éste, mayor será la permeabilidad, ya que será mayor la cantidad de poros conectados que permitan el flujo hídrico.

33. Ver apartado 4.6.
34. Ver apartado 4.6.
35. Ver apartado 4.3.

36. Ver apartado 4.4.
37. Ver apartado 4.7.

	<u>Pág.</u>
1. Introducción al conocimiento del planeta Tierra	87
1.1. Introducción geológica	88
1.2. Las ideas también cambian	88
2. Viaje al centro de la Tierra	89
2.1. Fijistas y movillistas	90
2.2. La movilidad de la litosfera	90
2.3. Resultados de la dinámica litosférica	90
3. Rocas y minerales	91
3.1. El ciclo de las rocas	91
3.2. Las rocas ígneas	91
3.3. Las rocas sedimentarias	92
3.4. Las rocas metamórficas	93
3.5. Las rocas de mi barrio	93
4. ¿Es suelo todo lo que pisamos?	94
4.1. La formación del suelo	94
4.2. Perfiles del suelo	95

III. PROGRAMAS DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

UNA PROPUESTA ABIERTA PARA EL TRABAJO CON LOS ALUMNOS

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN AL CONOCIMIENTO DEL PLANETA TIERRA

	<u>Pág.</u>
<i>Comentario inicial. Se contextualiza esta unidad dentro de los subsistemas terrestres ya estudiados, con el fin de aclarar nuestro objeto de estudio. La finalidad es que los alumnos puedan relacionar los contenidos de esta unidad con los de las unidades anteriores y así facilitar la toma de decisiones, para tender "puentes" entre los diversos contenidos desarrollados.</i>	
1. Introducción al conocimiento del planeta Tierra	87
1.1. Tiempo geológico	88
1.2. Las ideas también cambian	88
<i>A.1. ¿Por qué viajar al centro de la Tierra? ¿Qué crees que constituya el Planeta Tierra?</i>	89
2.1. Fijistas y movilistas	90
2.2. La movilidad de la litosfera	90
<i>A.2. ¿Por qué viajar al centro de la Tierra? ¿Qué crees que constituya el Planeta Tierra?</i>	90
2.3. Resultados de la dinámica litosférica	90
<i>Comentarios A.1 y A.2. Se sugiere iniciar la actividad con grupos pequeños, registrando las ideas de los alumnos y luego discutir y debatir las ideas más interesantes.</i>	
3. Rocas y minerales	91
3.1. El ciclo de las rocas	91
3.2. Las rocas ígneas	91
3.3. Las rocas sedimentarias	92
<i>A.3. Diferenciar las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Se sugiere utilizar fotografías de rocas reales. Se sugiere utilizar fotografías de rocas reales.</i>	93
3.4. Las rocas metamórficas	93
3.5. Las rocas de mi barrio	93
<i>Comentarios A.3. Se sugiere utilizar fotografías de rocas reales. Se sugiere utilizar fotografías de rocas reales.</i>	
4. ¿Es suelo todo lo que pisamos?	94
4.1. La formación del suelo	94
4.2. Perfiles del suelo	95

El aprendizaje de los procesos de formación de los recursos y reservas naturales, plantea como prerequisite el estudio del tiempo geológico, que podría parecer alejado del interés de los estudiantes. Por esta razón, se requiere de un trabajo previo, que apunte a mar-

2. VIAJE AL CENTRO DE LA TIERRA

1.1. TIEMPO GEOLÓGICO

Esta unidad abarca numerosos temas, variados y complejos. Todos ellos, están relacionados entre sí por constituir elementos del Sistema Tierra. Por esta razón, esta propuesta de actividades es abierta y susceptible de ser modificada y enriquecida, no sólo por el docente y su grupo de alumnos, sino también por intercambios entre grupos de educadores. Se destaca la importancia de estimular, en todo momento, el establecimiento de relaciones entre las actividades a través de un registro de los resultados que se logren en ellas. Ello facilitará retomarlas, para tender "puentes" entre los diversos contenidos desarrollados.

1. INTRODUCCIÓN AL CONOCIMIENTO DEL PLANETA TIERRA

Comentario inicial. Se contextualiza esta unidad dentro de los subsistemas terrestres ya estudiados, con el fin de aclarar nuestro objeto de estudio. La finalidad es que los alumnos construyan conocimientos sobre los procesos de formación de los recursos y reservas naturales, de modo tal que les permitan analizar críticamente el uso que se hace de ellos, marcando las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad.

A.1. *¿Qué elementos abióticos y bióticos, creen ustedes que constituyen el Planeta? ¿En qué parte de él se encuentran?*

A.2. *¿Por qué creen Uds. que puede resultar de interés estudiar la geosfera?*

Comentarios A.1 y A.2. Se sugiere iniciar la actividad con grupos pequeños, registrando sus resultados en pliegos de papel, y luego promover una discusión general procurando que se reflexione sobre la utilidad de los elementos citados en A.1, que unida a su localización, harán aportes a A.2 y apuntarán al hilo conductor de esta unidad.

A.3. *Diferenciar los conceptos de recursos y reservas naturales. Según sus características, agrupar los resultados de A.1 en esas dos categorías.*

Comentarios A.3. Analizar los recursos naturales es un modo de relacionar esta unidad con conceptos y experiencias de la vida cotidiana. Por ello, es deseable que se manifiesten particularmente las ideas sobre los recursos naturales no renovables y que surjan conflictos cognitivos entre la escala de tiempo humana y geológica, para reflexionar sobre el reciclaje tan lento de dichos recursos. Se sugiere destacar que, en la categorización de los recursos, influye el uso que haga el hombre de ellos.

El aprendizaje de los procesos de formación de los recursos y reservas naturales, plantea como prerequisite el estudio del tiempo geológico, que podría parecer alejado del interés de los estudiantes. Por esta razón, se requiere de un trabajo previo, que apunte a mar-

car la necesidad de su abordaje. Proponemos abordarlo tomando conciencia sobre los cambios que ocurren en ámbitos próximos a nuestra percepción.

1.1. TIEMPO GEOLÓGICO

A.4. ¿Qué tipos de cambios pueden modificar los paisajes? Describanlos. ¿Podrían mencionar ejemplos indicando la época en que se produjeron los cambios aludidos?

A.5. ¿Qué aportes puede brindar el conocimiento de la época en que se produjeron los cambios que se mencionan en A4?

Comentarios A.4 y A.5. Los cambios geológicos actuales (y los pasados), en general son muy lentos, por ello, en general son inadvertidos por el hombre. Sin embargo, hay cambios “rápidos” que se pueden percibir y comparar entre las condiciones previas y posteriores. Tal es el caso de los sismos, vulcanismo e inundaciones. Por otra parte, la valoración y comprensión del tiempo geológico promueve una resignificación de las actitudes en relación al uso sustentable de los recursos naturales.

A.6. Organicen en forma cronológica la formación de los estratos y filones que aparecen en el dibujo de la fig.3a-b.

Comentarios A.6. La interpretación de edades relativas es una manera de iniciar a los alumnos en el uso de magnitudes del tiempo geológico por medio de su materialización en afloramientos de campo o en su lugar en fotos o dibujos. Proponemos que se realice en grupos y se dé importancia a la discusión de los resultados y a la justificación de cada uno de ellos. Finalmente, el representante de un grupo podrá presentar y defender las conclusiones frente al conjunto de la clase.

1.2. LAS IDEAS TAMBIÉN CAMBIAN

A.7. Enuncien aquellos fenómenos geológicos sobre los que desean rastrear las explicaciones que se dieron a través de la historia.

A.8. Construir un esquema de la evolución de las ideas geológicas, a partir de la lectura del siguiente texto (ver pág. 22).

A.9. Observen, anoten y dibujen las características de los materiales que aparecen en el lecho de un río y cotejen con los que aparecen en las barrancas del valle.

Comentarios A.7, A.8 y A.9. Estas actividades permitirán: a) Reconocer el paralelismo existente entre las ideas intuitivas de los alumnos y las vigentes en otras épocas. b) Evidenciar la evolución de las respuestas a los fenómenos geológicos, desde aquellas de tipo mítico-religiosas hasta otras con bases empíricas y científicas. c) Valorar los aportes al conocimiento científico, realizados desde distintas épocas y posturas. d) Detectar los obstáculos que debieron superarse para que la comunidad científica aceptara las nuevas propuestas. A.7 y A.8 presentan dos formas de abordaje; se sugiere que A.7 se realice como una investigación grupal y quizás sea necesario ayudar a organizar entrevistas (formulación de preguntas, registro de las respuestas, etc.), trabajar en clase con textos (ubicación de los temas de interés en ellos, fichaje, etc.) y orientarlos para la visita a una biblioteca. A.9 se plantea como aplicación del método actualista, pero resulta interesan-

te relacionarla con las edades relativas. Se sugiere retomarla al estudiar rocas sedimentarias.

2. VIAJE AL CENTRO DE LA TIERRA

Comentario inicial. El concepto de litosfera involucra tanto las características morfológicas de la superficie como la composición y la dinámica de las placas litosféricas. Estos últimos atributos responden esencialmente a procesos endógenos cuya comprensión requiere de conocimientos acerca de la composición y estructura interna de la Tierra. Estos temas están alejados del interés de los estudiantes y por ello se comienza con actividades referidas a volcanes y terremotos, que son manifestaciones externas de procesos que tienen lugar en el interior de la Tierra y ayudan a plantear la necesidad de su estudio.

A.10. *¿Cuáles son las consecuencias provocadas por las erupciones volcánicas y por los terremotos? ¿Cómo se origina cada uno de estos fenómenos?*

A.11. *Indiquen sobre el planisferio los sitios donde, con mayor frecuencia, ocurren fenómenos volcánicos y sísmicos (un símbolo para cada uno). Describan los rasgos de esta distribución.*

Comentarios A.10 y A.11. Se sugiere que grupos pequeños de estudiantes expliciten sus opiniones y que planteen preguntas acerca de estos fenómenos. Estas pueden surgir del cotejo de los resultados de cada grupo o de la discusión generalizada de los mismos y pueden actuar como un verdadero “motor” del aprendizaje. En algunos casos pueden quedar pendientes para retomadas, cuando se cuente con nuevos conocimientos que permitan responderlas. Se considera de utilidad enriquecer esta actividades con el análisis de artículos periodísticos o videos.

A.12. *Hagan dibujos representando a la Tierra por dentro, indicando el nombre de sus partes, todo de acuerdo con sus propias ideas.*

Comentarios A.12. Se pretende consolidar las nociones sobre representaciones bi y tridimensionales así como visualizar el carácter “epidémico” de la litosfera, en relación a los mayores espesores de los otros subsistemas. En caso de aparecer, permitirá erradicar mitos como el que alude a una corteza flotando sobre un “mar de roca fundida”, o al que presenta a la Tierra con un núcleo hueco.

A.13. *¿Creen ustedes que actualmente se están formando montañas? Imaginen cómo se habrán formado las que conocemos y luego hagan uno o varios dibujos que les ayuden a explicar sus ideas.*

A.14. *¿Qué significado tiene la distribución concéntrica de áreas de igual elevación en el mapa de Escandinavia?*

Comentarios A.13 y A.14. Las actividades apuntan a reflexionar sobre el origen de las montañas, debido a que pueden ser elementos cotidianos y por ende significativos para los alumnos. Ellos, seguramente reproducirán algunas de las explicaciones históricas ya mencionadas en el texto, pero es posible que incorporen conceptos más actuales. En cualquier caso, habría que controlar la coherencia de cada proposición y analizar su vínculo con el conocimiento actual. Conviene destacar que son varios los procesos formadores de montañas y que estas difieren entre sí.

2.1. FIJISTAS Y MOVILISTAS

A.15. *¿Tendrán los continentes algún otro movimiento diferente de los isostáticos?*

Comentarios A.15. Las ideas primigenias (fijistas - verticalistas) sobre la dinámica cortical, aún perduran en el saber popular y coexisten con ideas (movilistas) introducidas por los medios de comunicación masiva: "las placas que chocan". Sin embargo los conocimientos construidos suelen ser confusos y superficiales, ya que se limitan a describir resultados, pero adolecen de nociones básicas acerca de los procesos. Es de esperar que surjan respuestas distintas, aunque mayoritariamente se inclinen por postular como únicos los movimientos verticales. Es de fundamental importancia pedir a los estudiantes que justifiquen sus respuestas, a través de fundamentaciones o, cuando no las tengan, citando las fuentes de las mismas. Este tipo de trabajo nos permitirá conocer la estructura de los conocimientos previos y seleccionar estrategias adecuadas para estimular su superación.

2.2. LA MOVILIDAD DE LA LITOSFERA

A.16. *Dibujen un perfil de cómo imaginan el fondo del Atlántico.*

A.17. *Si es cierto que en las dorsales se está creando nueva corteza y si ello provoca la expansión del fondo oceánico, entonces, ¿el Planeta estará agrandándose como un globo que se infla?*

Comentarios A.16 y A.17. El estudio de la litosfera y su dinámica cobró un gran impulso a partir del conocimiento de las características de los fondos oceánicos. Así, surgen paradojas cuyo tratamiento resulta tanto motivador como aleccionador respecto de los diversos elementos (CTS) que contribuyeron a la construcción del conocimiento científico que actualmente se acepta. Es útil abordar estas actividades como lluvia de ideas, anotándolas a medida que surgen. Se sugiere no cuestionarlas en un primer momento, para no inhibir su libre expresión. Después de que los estudiantes hayan opinado, serán los pares quien primero cuestionen. El docente orientará el debate mediante datos o preguntas que evidencien semejanzas y diferencias entre las posturas adoptadas. Puede optarse por un trabajo grupal antes de generalizar la discusión.

2.3. RESULTADOS DE LA DINÁMICA LITOSFÉRICA

A.18. *Observen el mapa con las placas litosféricas de la fig.4, y el corte vertical que se ve en la fig.11, ¿se animan a explicar cuál es el origen de las islas de la Polinesia, Japón, etc.?*

A.19. *¿Creen ustedes que sería posible la generación de terremotos en sectores profundos, de alta plasticidad?*

Comentarios A.18. y A.19. En estas actividades se pretende hacer converger los conocimientos tratados en relación a la estructura interna de la Tierra y a los procesos que tienen lugar en ella, para enriquecer las explicaciones de sus manifestaciones externas, como lo son los volcanes y terremotos. Las conclusiones de estas actividades permiten promover reflexiones acerca de su importancia para conocer fenómenos similares del pasado a través de sus resultados, poniendo en juego el principio del actualismo. Así, se introducen metodologías habituales en las geociencias como son el actualismo y la bús-

queda y representación de información. Se sugiere retomar en este momento A.10 y A.11 para enriquecer sus resultados en función de los nuevos aportes. Se recomienda tener en cuenta estas actividades al tratar el apartado 3, por cuanto constituyen prerrequisitos para el estudio de las rocas.

3. ROCAS Y MINERALES

A.20. *Hagamos un listado de rocas y otro de minerales que vemos y usamos con mayor frecuencia, tanto en nuestros hogares como en el barrio.*

A.21. *Reconocer los materiales naturales y artificiales de revestimientos (paredes y pisos) de interiores y exteriores de la escuela y de los edificios próximos a ella.*

A.22. *¿Saben ustedes dónde y cómo se han formado las rocas?*

Comentarios A.20 a A.23. Se inicia el tratamiento conceptual con una selección de contenidos, sobre los cuales se procura que los alumnos pongan en juego sus ideas previas. Para ello se parte del entorno cotidiano, para luego contextualizar su origen en un sistema más amplio. Para desalentar la idea de eternidad, se enfatiza la idea de que las rocas son "resultados parciales y temporarios". El desgaste (mecánico y/o químico) en pisos y revestimientos refuerza la idea acerca del equilibrio precario de las rocas en el tiempo geológico.

3.1. EL CICLO DE LAS ROCAS

A.23. *En la Fig.11, analicen los sitios donde se manifiestan los movimientos de las placas e imaginen en cuál de los bordes podrían producirse los mayores cambios y cuáles serían éstos.*

A.24. *Cuando están de vacaciones en las montañas o en playas con acantilados, seguramente han visto rocas,... ¿recuerdan ustedes si estaban "enteras", rotas o dobladas? ¿Cómo se dieron cuenta?*

Comentarios A.23 y A24. Se sugiere encarar estas dos actividades como recapitulación de los temas del apartado 2, para permitir una integración de los nuevos conocimientos a los ya construidos.

La idea de que las rocas son resultados parciales y temporarios resulta casi obvio al considerar el modelo del "Ciclo de las Rocas", en las regiones de subducción en donde es muy claro el movimiento y cambio de los materiales.

Habiendo mencionado la existencia de diferentes rocas, se propone iniciar la construcción de conocimientos acerca del crecimiento de minerales. Para ello se sugiere el uso de modelos analógicos y material audiovisual, con el objeto de facilitar la comprensión acerca del juego de las variables: espacio - tiempo - temperatura.

3.2. ROCAS ÍGNEAS

A.25. *Observando la fig.13, ¿dónde creen ustedes que el enfriamiento será más rápido y dónde más lento? y ¿cómo será el tamaño de los minerales de las rocas que se forman en cada caso?*

A.26. *Obtener cristales de azúcar a partir de una solución acuosa de ella. Discutir las condiciones en que debe realizarse y comparar los resultados de la aplicación de cada una de ellas.*

Comentarios A.25 y A.26. Para relacionar la formación de cristales con la velocidad de enfriamiento preparar una solución, con 300 grs de azúcar en 250 cm³ de agua. Se calienta, agitando hasta disolución. Al enfriarse, verter el líquido en varios frascos y en cada uno poner un botón colgado de un hilo sujeto a un lápiz cruzado en la boca. El azúcar cristalizará sobre el cordón y el botón. La velocidad de enfriamiento se puede variar colocando los frascos dentro de hielo o arena caliente.

A.27. *Busquen artículos periodísticos sobre los impactos de las últimas erupciones de la Tierra e indiquen las características de las explosiones volcánicas, es decir, la intensidad y los productos eyectados.*

Comentarios A.27. Conviene analizar artículos referidos a distintas erupciones y comparar diferentes versiones sobre mismo caso a fin de enriquecer la información y detectar posibles discrepancias que impulsen a investigar los fundamentos de cada postura. Pueden analizarse las diferencias entre los textos utilizados y las ideas científicas, en relación con la estructura, vocabulario, destinatarios, etc.

A.28. *¿Cómo se podrían extraer los minerales de cada tipo de yacimiento, suponiendo que los minerales son de cobre (por ejemplo malaquita, calcopirita, etc.)?*

Comentarios A.28. Dado que los procesos magmáticos suelen asociarse sólo a rocas ígneas, se propone ampliar el concepto partiendo del reconocimiento del rol del agua en los magmas. Ello "abre" nuevos horizontes conceptuales para evaluar el grado de explosividad de las erupciones volcánicas, como así también el rol de las soluciones hidrotermales en la formación de muchos yacimientos. Estos son conceptos estructurantes que luego favorecerán la comprensión de los criterios usados para buscar yacimientos y para estimar la potencialidad minera de una región.

3.3. LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

A.29. *¿Qué procesos podrían tener lugar por la acción de los agentes exógenos (agua, aire, hielo) sobre las rocas de la superficie?*

A.30. *¿Creen que efectivamente en las rocas sedimentarias existen pistas para conocer el ambiente de formación y clima de la región donde se formaron? ¿Cuáles podrían ser?*

A.31. *Mediante la consulta a algún atlas, repasar el origen y la distribución de las cuatro principales zonas climáticas en la Tierra. ¿Qué agentes exógenos serán los que predominen en cada una de ellas?*

A.32. *Deducir las relaciones que existen entre un determinado agente de transporte (viento, agua, hielo), y el tamaño de las partículas que cada uno es capaz de llevar.*

A.33. *¿Se producirá algún cambio en el ordenamiento de los granos una vez que el envase se apoye? (ver diálogos del apartado 3.3). En cualquier caso, las respuestas deberán argumentarse y compararlas con las condiciones iniciales.*

A.34. *¿Han estado frente a la barranca de algún río? ¿ Pueden comentar cómo era la distribución de los granos en las capas? ¿Eran todos iguales o estaban ordenados de algún modo?*

Comentarios A.29 a A.34. Las actividades propuestas sirven para plantear metodologías de resolución de problemas, dentro de un enfoque sistémico. Así, la textura y composición de las rocas sedimentarias sólo adquieren significado si se los relaciona con otros sistemas de rocas (de igual jerarquía) que constituyen sus fuentes de aporte. Se logra una mayor significación conceptual considerando además las interrelaciones con otros sistemas de mayor jerarquía como la litosfera (procesos geotectónicos), la atmósfera (zonas climáticas) y la biosfera (fósiles). En consecuencia, el tratamiento de estos sistemas materiales, constituye un medio insustituible para la comprensión de principios y conceptos elementales de la Geología. Se sugiere, al tratar A.34, retomar A.9 y, comparando los resultados, tratar de discutir posibles explicaciones de los mismos.

3.4. LAS ROCAS METAMÓRFICAS

A.35. *“Hacer una roca” uniendo trocitos de plastilina de distintos colores, aplastarla en varias etapas y dibujar los productos que resultan en cada etapa, a medida que sufren mayor aplastamiento.*

Comentarios A.35: Estas rocas son las de mayor volumen en la corteza continental, pero están ocultas por las extensas cubiertas sedimentarias de las plataformas o de suelos recientes. A diferencia de las volcánicas y las sedimentarias, son rocas cuyos procesos de formación están muy alejados de la experiencia humana. Sin embargo, es necesario analizarlas para una mejor comprensión del ciclo de las rocas, ya que estas rocas constituyen un estado intermedio entre las rocas sólidas y los fundidos magmáticos de los orógenos. La formación de estas rocas no involucran fenómenos catastróficos y por lo tanto no movilizan emociones motivadoras como en otros. Por ello, sugerimos reconocer y valorizar el uso de estos recursos porque han acompañado al hombre desde sus orígenes: v. gr.: pizarras y mármoles.

3.5. LAS ROCAS DE MI BARRIO

A.36. *¿Pueden reconocer algunas de las rocas que ven a diario cuando se dirigen a la escuela?*

A.37. *Observar colores y texturas de las rocas. De acuerdo con ello deducir dónde se formaron las rocas observadas. Construir un plano de los alrededores de la escuela, e indicar con diferentes colores cada clase de rocas.*

Comentarios A.36 y A.37. Se propone el conocimiento de los materiales naturales usados en la construcción de revestimientos (pisos y muros) con el objeto de motivar al estudio de sus orígenes, y para el desarrollo de procedimientos y actitudes relacionadas con la investigación y el uso de los recursos naturales. Estas actividades son investigaciones escolares, que comienzan con la formulación de hipótesis y continúan con el diseño y ejecución de las experiencias de “campo” que permitirán validar algunas de las hipótesis formuladas. Finalmente, se discutirán y elaborarán conclusiones que podrán ser comunicadas. También se consideran valiosas estas propuestas para sintetizar e integrar los contenidos abordados. Por esta razón puede ser de utilidad revisar los registros que se hayan

hecho de las actividades 20, 21 y 22, para cotejarlos con las conclusiones obtenidas en esta ocasión y realizar eventuales modificaciones.

4. ¿ES SUELO TODO LO QUE PISAMOS?

A.38. a) *¿Es suelo todo lo que pisamos?*, b) *Buscar en cualquier diccionario la/s acepciones que tiene esta palabra y decidan cuál es la que les parece que se utiliza más en el lenguaje popular u ordinario.*

A.39. *¿Cuáles son las características que permiten diferenciar a los climas ubicados en la zona ecuatorial de aquéllos que se encuentran en latitudes tropicales?*

Comentarios A.38 y A.39. Suelo es un vocablo tan común que se emplea frecuentemente con variadas acepciones. Por tal motivo, se propone la explicitación del significado que se le da en un uso corriente con el objeto de diferenciarlo de aquél con el que se lo utiliza desde una perspectiva científica. La A.39 constituye un prerrequisito para la comprensión de la influencia de la temperatura y la precipitación en el desarrollo y evolución de los suelos.

4.1. LA FORMACIÓN DEL SUELO

A.40. *¿Qué diferencia existe en el “lavado” de una capa de sedimentos superficiales que se encuentra en un clima templado húmedo y otro similar, pero en un clima desértico?*

A.41. *Colocar el sedimento y dibujar lo que observan a cada paso. En dos etapas, volcar 0,5 y 3 litros de agua desde unos 40 cm de altura, muy lentamente, simulando regiones con distintas precipitaciones. Comparar y verificar las hipótesis formuladas.*

Comentarios A.40 y A.41. Se prefiere la expresión: “desarrollo de los horizontes”, antes que “formación de horizontes”, por cuanto posee connotaciones evolutivas que son las que nos interesa resaltar. Por otra parte, “formación” también se lo emplea para estratos sedimentarios en donde existe una superposición temporal en la cual el superior es el más joven. Ello evitará la consolidación de un error conceptual que asimila los horizontes del suelo con los estratos sedimentarios. En realidad, temporalmente hablando, podría decirse que los horizontes evolucionan, desarrollándose en el siguiente orden: “C”, “A” y “B”.

El desarrollo de los horizontes del suelo, responde a la interacción entre los subsistemas terrestres. En particular, el clima determina no sólo la humedad y temperatura, como parámetros físicos, sino que influye sobre las características de la vida y de la meteorización. Se enfatiza el rol de la lluvia pero no deben descuidarse el tratamiento de los restantes factores. Luego de haber discutido los procesos y su relación con los climas y la biosfera de un modo general, se procura analizar con mayor detalle algunos de los condicionantes de la evolución de dichos procesos.

A.42. *¿Qué tipo de materiales originales favorecen una más rápida evolución del suelo, sedimentos o rocas? En cualquier caso justificar las respuestas.*

A.43. *¿Qué significado tiene el hecho de que las líneas de tiempo de cada tipo de material original estén separadas y a qué se debe el zig zag en cada una de ellas?*

Comentarios A.42 y A.43. Se ha enfatizado el reconocimiento de materiales alóctonos y autóctonos, con el objeto de desmitificar la idea “lineal” de la “roca madre” omnipresente y desarrollar el concepto estructurante de “materiales parentales” que luego permitirá comprender los diversos tiempos de evolución de los suelos y los riesgos de su mal uso. Mediante la consideración de algunos factores limitantes o promotores de la “edafización” y su posterior ampliación a otros factores, entendemos que será posible lograr conocimientos significativos acerca de por qué y cómo preservar el suelo mediante su uso sustentable. Es conveniente orientar la lectura de la Fig. 23, ya que los estudiantes suelen tener dificultades para la interpretación de este tipo de diagramas.

4.2. PERFILES DEL SUELO

Comentario inicial. El análisis de un suelo debe realizarse necesariamente en el terreno. Por ello, se sugiere reconocer los alrededores de la institución o ubicar campos cercanos donde sea posible realizar experiencias en el terreno. Se propone la reflexión sobre algunos problemas relacionados con productividad de los suelos. Un primer nivel de estudio del perfil de un suelo es la diferenciación de horizontes; en un segundo nivel de aproximación, se pueden reconocer su estructura y su textura.

A.44. *Considerando los procesos y factores que influyen en la formación de los suelos, ¿qué características de los suelos creen ustedes que aumentan su fertilidad y cuáles la perjudican?*

Comentarios A.44. Las ideas que surjan en esta actividad con relación a la cantidad de humus y de agua, y a los perjuicios de la sequía y las arcillas deben ser discutidas detenidamente, teniendo en cuenta el diagrama de la Fig. 24

A.45. *Diferenciar los horizontes echando ácido clorhídrico al 15% sobre un perfil excavado ex-profeso o sobre una barranca, sacando previamente el polvo de la superficie.*

Comentarios A.45. Al trabajar con ácido, es necesario tomar precauciones para evitar quemaduras. Se recomendará el uso de guantes de goma y, ante cualquier accidente lavar la zona afectada con una corriente abundante de agua fría.

A.46. *¿Qué tipos de suelos conocen y cuáles creen que son mejores?*

A.47. *Construir bastones (o “viboritas”) de barro, amasando el suelo con un poco de agua hasta formar una pasta que no se pegue en las manos.*

Comentarios A.46 y A.47. Esta actividad puede plantearse acorde con la metodología de resolución de problemas y permite la integración entre el trabajo previo de aula, experiencias de campo y de laboratorio, sobre muestras reales obtenidas por los estudiantes. Se sugiere retomar en este momento A.44, comparando las conclusiones de ella con los nuevos conocimientos trabajados.

A.48. *a) ¿Es posible reponer los nutrientes extraídos del suelo?, ¿qué nutrientes?, ¿cómo reponerlos? b) ¿Podría ser que esperásemos un reciclaje mediante la evolución natural?*

Comentarios A.48. Esta actividad resulta muy interesante para plantear un debate, donde se presenten distintas posturas, cuyo análisis crítico permita considerar las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad e integrar distintos contenidos de esta uni-

dad. Se sugiere retomar A.2 y A.3 con el objeto de evaluar, junto con los estudiantes, si se ha respondido a los intereses planteados y si se han modificado en alguna medida sus concepciones acerca de los recursos y reservas naturales.

4.2. PERFILES DEL SUBEQUATORIAL EN CLIMAS SUBTROPICALES Y ECUATORIALES

A.39. ¿Cuáles son las características que permiten diferenciar a los climas subtropical y ecuatorial?

Comentarios: El perfil de un clima de un país se define por la combinación de sus características climáticas. En el caso de los climas subtropical y ecuatorial, se debe tener en cuenta la presencia de una zona de alta presión y una zona de baja presión, así como la presencia de una zona de alta presión y una zona de baja presión.

A.40. ¿Qué diferencia existe en el "lavado" de una capa de sedimentos superficiales que se encuentra en un clima subtropical y uno ecuatorial?

Comentarios: En un clima subtropical, el lavado de una capa de sedimentos superficiales se produce por la acción de las lluvias y el viento. En un clima ecuatorial, el lavado de una capa de sedimentos superficiales se produce por la acción de las lluvias y el viento.

A.41. Calcular el volumen de agua que se evapora en un día en un clima subtropical y uno ecuatorial.

Comentarios: El volumen de agua que se evapora en un día en un clima subtropical y uno ecuatorial se puede calcular a partir de la ecuación de balance de masa.

A.42. Diferenciar los horizontes de un suelo en un clima subtropical y uno ecuatorial.

Comentarios: Los horizontes de un suelo en un clima subtropical y uno ecuatorial se pueden diferenciar a partir de sus características físicas y químicas.

A.43. ¿Cuál es el efecto de la actividad humana en el clima subtropical y uno ecuatorial?

Comentarios: La actividad humana puede tener un efecto significativo en el clima subtropical y uno ecuatorial, especialmente a través de la emisión de gases de efecto invernadero.

A.44. Construir un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial.

Comentarios: Un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial puede ser construido a partir de la ecuación de balance de masa y la ecuación de balance de energía.

A.45. Construir un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial.

Comentarios: Un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial puede ser construido a partir de la ecuación de balance de masa y la ecuación de balance de energía.

A.46. Construir un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial.

Comentarios: Un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial puede ser construido a partir de la ecuación de balance de masa y la ecuación de balance de energía.

A.47. Construir un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial.

Comentarios: Un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial puede ser construido a partir de la ecuación de balance de masa y la ecuación de balance de energía.

A.48. Construir un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial.

Comentarios: Un modelo de un clima subtropical y uno ecuatorial puede ser construido a partir de la ecuación de balance de masa y la ecuación de balance de energía.

IV. RECAPITULACIÓN DE PROBLEMAS DIDÁCTICOS

NOTA: En todo el tratamiento de esta unidad se ha hecho referencia implícita o explícitamente a una cantidad de aspectos didácticos tratando de destacar la íntima relación que existe entre el "qué" enseñar y el "cómo" hacerlo, en función del objetivo que pretendemos alcanzar y de la visión del aprendizaje que adoptemos. Este anexo pretende lograr una recapitulación de los aspectos más destacados, a criterio del grupo de profesores que ha tenido a su cargo la preparación de esta unidad. Sin embargo, se considera imprescindible que el docente que trabaje con ella realice, a partir de una reflexión sobre su propia práctica, una selección personal de aquellas cuestiones que le hayan resultado más interesantes, sea porque respondan a problemas que se le hayan planteado en su quehacer cotidiano, o porque los considere oportunos e innovadores. Es de esperar que este tipo de trabajo estimule a seguir investigando ya que, seguramente, aparecerán dudas o aspectos que se considera necesario profundizar.

* Se han planteado reiteradamente situaciones de trabajo grupal, no sólo en actividades para clase, sino también en el quehacer docente. Esto se debe a que consideramos que el aprendizaje sólo es posible en interacción con el otro, requiriendo esta interacción una coordinación entre el propio punto de vista y el de los demás, en situaciones de auténtica cooperación (cooperar lo entendemos como pensar con el otro). De esta forma, acercamos el aprendizaje de las ciencias a las características del trabajo científico.

Al abordar este tipo de actividades con los estudiantes, es importante estimularlos a reflexionar no sólo sobre el "qué" tienen que hacer, cómo lo han hecho y los resultados alcanzados, sino también, y muy especialmente sobre la forma en que han "funcionado" como equipo (¿se han sentido cómodos?, ¿han podido todos los integrantes expresar libremente sus opiniones?, ¿se han manifestado disidencias?, ¿cómo fueron tratadas?, ¿se las superó?, etc.)

* En el tratamiento de la unidad se han presentado, en varias ocasiones, más de una opción para abordar un tema o presentar una actividad. Es bastante conocida por los docentes la situación de fracaso de una serie de estrategias que sin embargo, con otros grupos de la misma edad, habían tenido éxito. Esto nos lleva a decir muchas veces: en educación no hay "recetas". Por esta razón, se deja planteada la posibilidad de elegir alguna de las opciones presentadas o de elaborar una nueva, según las características de la situación. A modo de orientación para esta elección, queremos rescatar la importancia de una evaluación continua del proceso de enseñanza. El docente ha de tener en cuenta, en todo momento, las concepciones de los estudiantes acerca de un determinado tema y los prerequisites necesarios para abordarlos, tratando de cerciorarse de que los posean, como así también los inte-

reses y necesidades no sólo del grupo, sino también del medio social. Esta tarea, que podríamos llamar diagnóstica, no debe limitarla a su propio accionar, sino compartirla con otros colegas que le pueden aportar elementos de juicio.

* Se han presentado muchos trabajos prácticos, para hacer en clase, destacándose en todos ellos la importancia de la forma en que se las encara para no caer ni en un modelo de enseñanza por transmisión, cuando los experimentos son diseñados únicamente por el docente (para verificar lo que él ya adelantó por ser el "poseedor" del conocimiento que deben "recibir" sus alumnos), ni en el otro extremo de pretender un trabajo completamente autónomo de los estudiantes, que puede conducir a una visión distorsionada de la metodología científica.

Creemos que otorgar un rol protagónico al alumno como constructor del conocimiento no significa dejarlo librado a sus propias fuerzas. Acercando nuestro modelo de enseñanza de las ciencias al trabajo científico pretendemos propiciar situaciones tales como: planteamiento de problemas, emisión de hipótesis y discusión de las mismas, diseño de los experimentos, contraste de los resultados con las predicciones hechas, detección de posibles errores y formas de superarlos, comunicación de los resultados y confrontación de los mismos con los de otros grupos y con los de la comunidad científica. En todas estas actividades el docente asumirá el rol de coordinador y orientador de equipos de "investigadores noveles".

* Las referencias a la evolución de las ideas acerca de los fenómenos geológicos abundan y persiguen, entre otras cosas, destacar el carácter constructivo del conocimiento científico, y poner de manifiesto la íntima relación que existe entre Ciencia - Tecnología y Sociedad.

* En varias oportunidades se ha hecho referencia a algunas concepciones espontáneas de la ciencia, con el objeto de proponer algunas estrategias para superarlas.

- Guía Didáctica

- Unidad 1.1. La energía: La invención de un concepto científico

- Unidad 1.2. Aspectos históricos y vinculaciones entre Ciencias de la Tierra y Ciencias de la Vida

- Unidad 1.3. ¿Cómo se transmite la energía? Introducción a la geotermia

Bloque I. Ciencias de la Tierra y Ciencias de la Vida

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

Los contenidos conceptuales desarrollados en esta unidad, se encuentran, con diverso nivel de complejidad, en libros de texto orientados a los primeros años de la enseñanza de la Geología en la Universidad. Los contenidos didácticos específicos aún muestran un desarrollo incipiente, por lo que se recomienda consultar las publicaciones periódicas que se mencionan.

* Publicaciones didácticas periódicas sobre Geociencias

Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, *Teaching Earth Sciences* y *Journal of Geoscience Education*. Son las tres publicaciones de mayor difusión, que ofrecen trabajos referidos tanto a los aspectos conceptuales de las geociencias como a su didáctica, incluyendo frecuentes sugerencias para el trabajo en el aula.

Sugerimos la consulta de *Enseñanza de las Ciencias*, *Investigación en la Escuela* y *Alambique*, debido a que suelen incluir trabajos sobre geociencias, y además presentan investigaciones didácticas en general y sobre otras disciplinas científicas.

* Litosfera, Rocas, Minerales y Suelos

Hay varios textos actualizados y con muy buen nivel académico, útiles para profundizar los contenidos de esta unidad. En particular nos referimos a *Historia de la Tierra* de F. Anguita, (Ed. Rueda, Madrid, 1988), que constituye un excelente texto, tanto por la profundidad de los conceptos como por el enfoque y la amenidad de su tratamiento. Otros textos que abordan la diversidad temática en su conjunto son *Geología* (Ed. Rueda, Madrid, 1983. Agueda Villar, J. F.; Anguita V.; V. Araña S. J. López R.; L. Sanchez de la T.) *Procesos Geológicos Internos*. (Ed. Rueda, Madrid, 1991) y *Procesos Geológicos externos* y *Geología Ambiental* (Rueda, Madrid, 1993) ambos de Anguita, F. y Serrano F.

Además, hay otros como *Introducción a las Ciencias de la Tierra*, de Gass, I.G.; Smith, P.J. y Wilson, R.C.L. (Ed. Reverté, 1978) que ofrece un tratamiento detallado de algunos temas, o *Geología*, de Meléndez, B. y Fuster, J.M., (Ed. Paraninfo, 1982), cuya consulta es interesante sobre todo en los aspectos paleontológicos y de la geología histórica. El libro *Geografía Física* de Strhaler, A.N., (Ed. Omega, 1986), posee excelentes ilustraciones y un tratamiento exhaustivo sobre aspectos de la dinámica exógena, particularmente climas, geomorfología y suelos, por lo que se recomienda su consulta. Respecto de la temática referi-

da a suelos, se recomienda la consulta del libro *Manual de Edafología*, Duchafour, Ph. (Ed Masson, S.A. Barcelona, 1987) que es muy claro en los aspectos generales aunque trata aspectos sistemáticos que quedan fuera de nivel para nuestros propósitos.

* Aspectos históricos y vinculaciones entre Ciencia Tecnología y Sociedad

Con referencia a los aspectos históricos, sugerimos la consulta de *Grandes Controversias Geológicas*, de A. Hallam (Ed. Labor, 1983), en donde se hace un tratamiento muy ameno de las ideas acerca del origen de las rocas comparando los puntos de vista de las escuelas neptunistas, vulcanistas, y plutonistas. El problema del tiempo y los procesos geológicos se pone de manifiesto en el tratamiento de las ideas de catastrofistas y uniformitaristas. De igual modo presenta un análisis histórico de la deriva de los continentes y su implicancias epistemológicas.

Algunos aspectos sobre CTS, pueden consultarse en el libro *Costos sociales y riesgos políticos de la indiferencia geológica* de HLacreu (Ed. Univ. Nac. de San Luis, 1990). Se trata de un texto de carácter divulgativo accesible a lectores sin estudios geológicos previos. Si bien los temas tratados se refieren prioritariamente a la problemática minera, se considera recomendable su lectura en relación a los siguientes aspectos: 1) Planteamiento de cuestiones sociales, políticas y económicas relacionadas con la Geología. 2) Caracterización de la investigación geológica. 3) Presentación de la Geología como una disciplina científico-tecnológica, íntimamente relacionada con los fenómenos sociales.

* Ideas y esquemas previos de los estudiantes en Geociencias y barreras que plantean para un aprendizaje significativo

Resulta interesante comparar las investigaciones hechas por A. Granda Vera acerca de los esquemas conceptuales previos de los alumnos de Geología (*Enseñanza de las ciencias*, 1988 6 [3]: 239-243) y J. Lillo Beviá, (*Enseñanza de las ciencias*, 1994. 12 [1]: 39-44), con el trabajo de Pedrinacci E. acerca de las concepciones acerca del origen de las rocas (*Investigación en la Escuela*, 1993. [9] 89-103), donde se analiza la evolución histórica de las concepciones acerca de las rocas y se señalan posibles obstáculos para su tratamiento en el aula.

Materiales impresos del “Curso de Formación de Profesores de Ciencias” (FORCIENCIAS)

- Guía Didáctica
- Unidad Introdutoria

Bloque I. *Comprender y orientar los cambios de la materia*

- Unidad I.1. La energía: La invención de un concepto fructífero
- Unidad I.2. Cambios en la energía de los sistemas
- Unidad I.3. ¿Cómo se transmite la energía? Introducción al estudio de las ondas
- Unidad I.4. Usos de la energía: Papel de la energía en nuestras vidas
- Unidad I.5. Fuentes de energía: Problemas asociados a su obtención y uso

Bloque II. *Los sistemas ecológicos*

- Unidad II.1. Ecología: Todo está enlazado
- Unidad II.2. Población: Un nivel estructurante
- Unidad II.3. La Biosfera: El ecosistema mayor
- Unidad II.4. Ecología y sociedad: Integración para una gestión sustentable

Bloque III. *Seres vivos*

- Unidad III.1. Diversidad y unidad de los seres vivos
- Unidad III.2. De la célula a los organismos
- Unidad III.3. Necesidad de ordenar la diversidad
- Unidad III.4. El mundo vegetal
- Unidad III.5. El mundo animal

Bloque IV. *Propiedades y estructuras de la materia*

- Unidad IV.1. Aire, agua, tierra: Un modelo para la materia
- Unidad IV.2. Los materiales en la vida cotidiana: Sus propiedades y usos
- Unidad IV.3. Combustiones y corrosiones
- Unidad IV.4. Naturaleza eléctrica de la materia
- Unidad IV.5. Los ácidos y las bases: Sustancias contrapuestas

Bloque V. *Estudio de algunos sistemas materiales: La Tierra como medio físico de la Biosfera*

- Unidad V.1. La Tierra en el Universo. El Sistema Solar
- Unidad V.2. La Atmósfera y el aire
- Unidad V.3. La Hidrosfera
- Unidad V.4. La Litosfera. Rocas y minerales. Suelos

Bloque VI. *El cuerpo humano y la salud*

- Unidad VI.1. Las funciones de nuestro cuerpo. La nutrición
- Unidad VI.2. La función de relación. El ser humano como ser social
- Unidad VI.3. La sexualidad y la reproducción humana
- Unidad VI.4. Hacia una sociedad saludable



Ministerio de Educación y Cultura de España

en coproducción con

Ministerio de Cultura y Educación (Argentina)

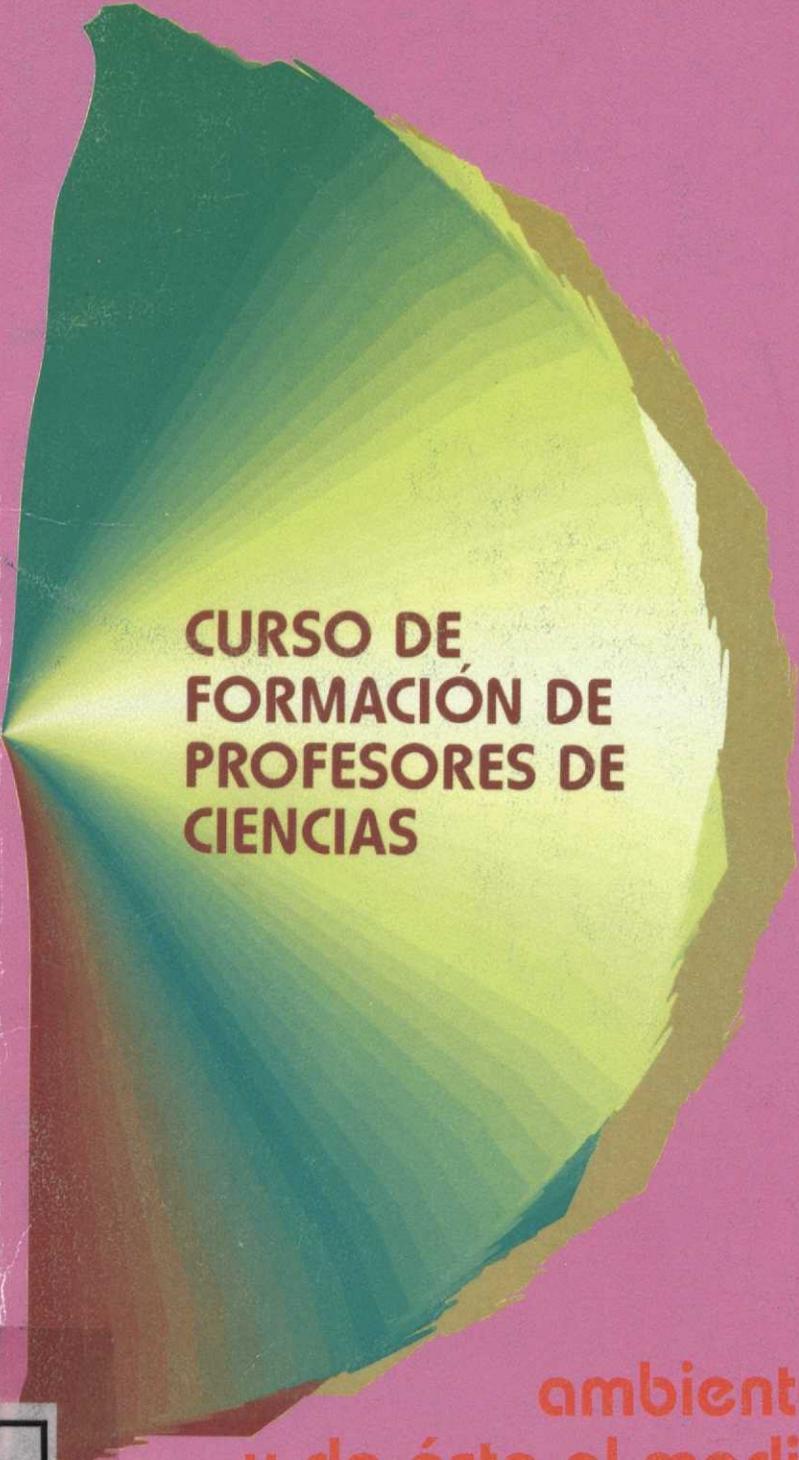
Ministerio de Educación (Cuba)

Ministerio de Educación / U.P.E.L. / U.C.V. / (Venezuela)

Universidad Autónoma de Barcelona (España)

Televisión Educativa Iberoamericana

VI
El cuerpo humano y la salud



CURSO DE FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS

1.
Del medio ambiente a la célula y de ésta al medio ambiente. Funciones nutricionales

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD VI.1

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

Autores:

Natalia Campuzano Sentí

Dirección Provincial de Educación

Ciudad de la Habana

Dirección y coordinación general:

Antonio Gutiérrez Martín

Cristina Sanz Alves

MEC - España

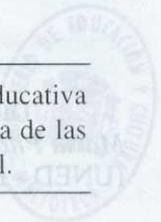
Dirección científica y didáctica:

Daniel Gil Pérez (Universitat de València - España)

Dirección de la producción audiovisual:

Enric Pérez i Obiol (UAB - España)

Este curso de enseñanza a distancia para la Televisión Educativa Iberoamericana se compone de 28 unidades didácticas, cada una de las cuales consta de material impreso y de un programa audiovisual.



CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

Equipo coordinador del proyecto en Cuba:

Francisco Trápaga Mariscal (Cinematografía Educativa)

Virginia Martín-Viaña Cuervo (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas
Ministerio de Educación)

Reinaldo Forcade Rábago (Ministerio de Educación)

Luis Suárez Moya (Cinematografía Educativa)

Diseño metodológico para la educación a distancia:

María Pilar González, Soledad Esteban Santos, Carlos Romera Carrión
(UNED - España)

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

AGRADECIMIENTOS
Agradecemos a todos los colaboradores que han contribuido a la realización de este curso. En particular, queremos agradecer a los profesores de la Universidad de Valencia, especialmente a los de la Facultad de Educación, por su colaboración en la realización de este curso. También agradecemos la colaboración prestada por María Rodríguez-Núñez, María Jesús López, Lucía Pérez, María González-Arecedo, María E. Duany Alayo, Ángel García Castañeda y Luis Bestard Cruz, dibujantes de la Editorial Paidós y Educación, que con sus ilustraciones han contribuido a hacer este manual más atractivo. No podemos olvidar el apaciguado trabajo que en la reproducción del material han realizado Blanca Raga Vázquez y María Carmen Balmori (Cinebi). Un agradecimiento especial al colega Valeriano Gavilán, por el aporte de valiosas ideas para la confección del Programa de actividades. Por último, nuestro agradecimiento a los compañeros del Departamento de Ciencias del Banco Nacional de Cuba, por las facilidades que nos han brindado para el envío de los materiales.

I. INTRODUCCIÓN AL BLOQUE "EL CUERPO HUMANO" 12
II. DEL MEDIO AMBIENTE A LA CÉLULA Y DE ÉSTA AL MEDIO AMBIENTE. FUNCIONES NUTRICIONALES 24
III. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN 41
IV. PROGRAMA DE ACTIVIDADES DIDÁCTICAS 55
V. RECAPITULACIÓN DE ACTIVIDADES DIDÁCTICAS 67
VI. BIBLIOGRAFÍA 71

UNIDAD VI.1

**DEL MEDIO AMBIENTE A LA CÉLULA
Y DE ÉSTA AL MEDIO AMBIENTE.
FUNCIONES NUTRICIONALES**

Autores:

Natalia Campuzano Sentí
Dirección Provincial de Educación
Ciudad de la Habana
Jorge L. Hernández Mujica
Instituto Superior Pedagógico "Enrique J. Varona"
Ministerio de Educación - Cuba

Revisión Científica y Didáctica del texto:
Daniel Gil Pérez
(Universitat de València - España)

R. 136.438



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los colegas que han contribuido con sus acertadas críticas y sugerencias a enriquecer esta obra. En particular queremos destacar la lectura cuidadosa de los textos y la participación en discusiones colectivas de Virginia Martín-Viaña Cuervo (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas); Ana T. Carrillo Arango u Oilda Abreu Alfonso (Instituto Pedagógico "Enrique J. Varona") y Manuel Acosta Cao (Cined).

También agradecemos la colaboración prestada por Martha Rodríguez Nuñez, Martha Tresancos Espín, Lucrecia Arnaiz Pérez, Marta González Arencibia, Marfa E. Duany Alayo, Angel García Castañeda y Luis Bestard Cruz, dibujantes de la Editorial Pueblo y Educación, quienes con sus ilustraciones han contribuido a realizar este material.

No podemos olvidar el abnegado trabajo que en la reproducción del material han tenido Blanca Raga Vázquez y Martha Carbonell Balsinde (Cined).

Un agradecimiento especial al colega Valentín Gavidia, por el aporte de valiosas ideas para la confección del Programa de actividades.

Así mismo, nuestro agradecimiento a los compañeros del Departamento de Correos Internacional del Banco Nacional de Cuba, por las facilidades que nos han brindado para el envío de los materiales.

Por último, agradecemos también la fructífera colaboración que la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando, en las personas de M^º José García Sípido y Salvador Muñoz, en la implantación del proyecto en los países participantes.

Autores:

Natalia Campuzano Serró
Dirección Provincial de Educación

Ciudad de la Habana

Jorge L. Hernández Mujica

Instituto Superior Pedagógico "Enrique J. Varona"

Ministerio de Educación - Cuba

Equipo de revisión científica y didáctica del texto:

Francisco Trápaga Mariscal (Ministerio de Educación)

Virginia Martín-Viaña Cuervo (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas)

Ministerio de Educación)

© Fernando Forcade Rabuga (Ministerio de Educación)

Ministerio de Educación y Cultura (España)

Universidad Autónoma de Barcelona

ISBN: 84-369-2802-4 (Obra completa)

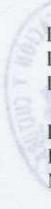
ISBN: 84-369-3008-8 (Unidad VI.1)

Depósito legal: M-18936-1997

Diseño de cubierta: Dpto. Dibujo UNED

Imprime: Din Impresores

Marqués de San Gregorio, 5 - 28026 Madrid



Handwritten signature: FERRER, JOSÉ A.

ÍNDICE
L INTRODUCCIÓN AL BLOQUE
"EL CUERPO HUMANO Y LA SALUD"

	<i>Pág.</i>
I. INTRODUCCIÓN AL BLOQUE «EL CUERPO HUMANO Y LA SALUD».....	9
II. DESARROLLO DE LA UNIDAD	21
1. Introducción	21
2. ¿Sabemos alimentarnos?	24
3. Antes de asimilados, deben ser digeridos	41
4. Del intestino hasta cada célula del organismo	55
III. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	67
IV. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE	71
V. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS.....	83
VI. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA	85

ROSA En los bloques anteriores se han creado las condiciones para este estudio, pues hemos tratado las bases del intercambio entre el hombre y el medio ambiente, y cómo en este intercambio podemos modificar muchos factores a nuestro favor, aunque a veces provocamos cambios que van en contra de nuestro bienestar inmediato y, sobre todo, a medio y largo plazo.

ALINA Entonces, reflexionemos acerca de:

¿Cómo lograr que nuestros escolares infieran en qué somos iguales y en qué nos diferenciamos con respecto a los otros organismos?

ROSA Yo ampliaría esta reflexión al considerar:

I. INTRODUCCIÓN AL BLOQUE “EL CUERPO HUMANO Y LA SALUD”

ABEL Hasta aquí hemos dirigido nuestra atención fundamentalmente a la naturaleza: la energía; los ecosistemas; los seres vivos; las propiedades y la estructura de la materia, así como algunos sistemas materiales. Ahora la centraremos en nosotros mismos: el cuerpo humano y la salud, por la importancia que tiene esta temática.

ALINA Sí, como bien ustedes han dicho, en los otros bloques hemos abordado básicamente la naturaleza, desde los puntos de vista físico, químico y biológico, claro, con sus implicaciones en la vida humana. En estos momentos estamos en condiciones de ocuparnos de los humanos, de la esencia humana y, por tanto, con un enfoque no sólo biológico, sino también social, al constituir, en el contexto del mundo animal, unos organismos especiales.

ROSA En los bloques anteriores se han creado las condiciones para este estudio, pues hemos tratado las bases del intercambio entre el hombre y el medio ambiente, y cómo en este intercambio podemos modificar muchos factores a nuestro favor, aunque a veces provocamos cambios que van en contra de nuestro bienestar inmediato y, sobre todo, a medio y largo plazo.

ALINA Entonces, reflexionemos acerca de:

¿Cómo lograr que nuestros escolares infieran en qué somos iguales y en qué nos diferenciamos con respecto a los otros organismos?



ROSA Yo ampliaría esta reflexión al considerar:

¿Cómo es nuestro cuerpo, cómo funciona, en qué radica nuestro comportamiento y cómo podemos cuidar nuestra salud?



ABEL Estamos pensando en los contenidos, pero debemos tener en cuenta:

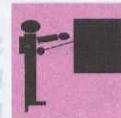
¿Qué actividades programar para iniciar el estudio del cuerpo humano y la salud?



ROSA Estimo que debemos partir de qué les interesa a los estudiantes.

ALINA Es acertado lo que dices. Para provocarles una adecuada motivación, y que nos sirva como "termómetro" del grado de interés hacia un conjunto de temas relacionados con el cuerpo humano y la salud, pudiéramos orientarles que, de manera individual, puedan:

Expresar sus inquietudes acerca del cuerpo humano y la salud.



ROSA Me ha dado buenos resultados utilizar un cuadro como éste:

Lo que sé de mi cuerpo	Lo que desearía conocer de mi cuerpo

ABEL Y se pudiera elaborar, en colectivo, un listado de los temas que más inquietan e interesan a ellos.

ROSA Me gusta la idea. Sin dejar de cumplir los objetivos propuestos para este bloque, con esta actividad tomamos muy en cuenta el criterio de los estudiantes.

ALINA Y, con sus criterios, adecuamos el programa de actividades.

ABEL Pero, con cualquier variante didáctica que adoptemos a partir de los resultados obtenidos de esta actividad, es fundamental que provoquemos un debate entre los escolares sobre:



Las personas somos iguales y diferentes a la vez.



ROSA Es algo interesante. Aunque aparentemente hay una contradicción “insalvable” y en los alumnos pueden suscitarse situaciones problemáticas a resolver.

ALINA Esta contradicción permite a los alumnos y a las alumnas reflexionar sobre:

- somos semejantes, ya que tenemos muchas cosas en común que nos diferencian del resto de los animales;
- somos diferentes, porque hay diferentes razas, diferentes sexos, diferentes tallas, etcétera.

ROSA Quizás algunos consideren que todos los humanos no nos comportamos de igual manera y es posible que se refieran a diferentes tradiciones, costumbres, etcétera.

ABEL Para indicar en qué somos semejantes todos los seres vivos y, por tanto, también los seres humanos, ya los alumnos tienen elementos suficientes, tratados en el bloque III. Pudieran mencionar, por ejemplo, que todos realizamos funciones como: alimentación, transporte, respiración y excreción. También se pueden referir a que todos intercambiamos sustancias con el medio ambiente y que nos reproducimos.

ROSA Y que todos estamos constituidos por células, entre otros argumentos.

ALINA Las diferencias de los animales (y, dentro de éstos, de los seres humanos) con otros organismos, como las plantas, las conocen los alumnos.

ABEL Y, dentro del reino de los animales, saben que todos somos organismos pluricelulares con locomoción (aunque sea en alguna etapa del desarrollo) y nutrición heterótrofa ingestiva, y que nuestras células son eucariotas sin pared celular.

ROSA Con el bloque III concluyó otro ciclo de conocimientos biológicos para los estudiantes, que en este bloque profundizaremos en algunos aspectos, como al analizar el metabolismo, al estudiar la regulación de las funciones, entre otros.

ABEL Sin embargo, existen otras características que hacen semejante al humano al resto de los animales e incluso, al resto de los organismos. Pero:

¿Qué actividades proponer a los estudiantes para que evidencien las semejanzas que, en cuanto a su origen, tienen los seres humanos con los otros animales?



ROSA Me ha dado buenos resultados pedirles:

Comparar los organismos de diversos vertebrados con el organismo humano (esqueleto, tamaño del cerebro, forma de locomoción, ...)



ALINA De esta comparación pueden evidenciar semejanzas sorprendentes, y confirmar el origen común de los animales, incluyendo al ser humano.

ROSA Pero también destacarán diferencias.

ABEL Eso es importante, Rosa, y sobre todo, destacar las características que hacen al ser humano excepcionalmente diferente del resto de los animales.

ALINA Ya sé, te refieres a las características que se sustentan en el gran desarrollo alcanzado por la corteza cerebral humana, de la que se ha dicho que “constituye la expresión más compleja de materia existente”, y que se manifiestan en la capacidad de pensar y expresar las ideas mediante el lenguaje, en la posibilidad de aprendizaje, en la actividad volitiva...

ABEL Exactamente. Yo las califico como características de “segunda generación” en la filogenia, relacionadas con otro nivel de intercambio con el medio ambiente, que sobrepasa lo físico, lo químico y una parte de lo biológico...

ROSA ¿Te refieres al ambiente social?

ABEL Así es, son características comunes a todos los humanos y, a la vez “determinadoras” de un aspecto importantísimo de su diversidad: los diferentes comportamientos, que no se ciñen a la “rigidez” genética, porque tienen la posibilidad de la ductilidad.

ALINA Tiene razón; en su interacción con el medio ambiente cultural y social en que se desenvuelve, cada mujer y cada hombre pueden diferenciarse de los demás al manifestar disímiles comportamientos, diferentes estilos de vida y... ¿por qué no?... también mediante esta interacción el ser humano puede buscar y encontrar un estilo de vida saludable.

ROSA Muy buena idea; ya se conocieron como seres biológicos, ahora que se conozcan como seres sociales...

ABEL Entonces, sin más dilación, propongo que de inicio le orientemos actividades cuyo objetivo sea profundizar en las diferencias entre el humano y los otros seres vivos al sugerirles:

Relacionar actividades que realizan los seres humanos y que los otros organismos no pueden hacer.



ROSA Sin lugar a dudas, diría que todas las seleccionadas pudieran agruparse entre las que se derivan de la actividad nerviosa superior característica del humano.

ALINA De seguro en sus debates destacarán el aprendizaje, el lenguaje, la inteligencia, como características humanas; incluso, algunos hablarán de la posibilidad de transformar la naturaleza, aunque, quizás, con otras palabras. En fin, poco a poco podemos lograr que enumeren las características que distinguen al ser humano de los demás organismos.

ABEL Es cierto que todos los humanos presentamos esas características distintivas; sin embargo, la expresión de ellas en el contexto social nos hace diferentes unos de otros.

ROSA Claro, estas diferencias se evidencian en innumerables ejemplos, pero considero que sólo debemos destacar aquellos que pueden conducir a los estudiantes a seleccionar un estilo de vida saludable.

ALINA Muy bien, mas no olviden que para eso debemos lograr en ellos y ellas la autorreflexión, la autovaloración y la autoestima.

ABEL Alerto sobre algo: para alcanzar esto, no podemos prescribir modelos de vida, ni recetas de “buena conducta social”. Puede haber muchos “estilos de vida saludables”, en plural, todos igualmente válidos y adecuados.

ROSA ¡Un momento, no corras! Es posible que antes surjan dudas sobre algunos animales que ellos conciben que tienen “inteligencia”, como los delfines; u otros que aparentemente viven en “sociedad”, como las abejas, etc. Esto servirá para motivarlos en el estudio posterior de las unidades del bloque.

ALINA Pero desde ahora debe quedar claro que, aunque los objetivos que se tra-

ces de trazarlos, lo que no ocurre en el resto de los animales y, mucho menos, en los demás organismos.

ROSA Se me ocurre orientarles con la siguiente actividad:

Expongan y debatan sus ideas acerca de por qué se puede afirmar que, aunque las abejas construyen panales que pueden superar a los contruidos por varios obreros, el peor maestro de obras aventaja a la mejor abeja.



ABEL La discusión permitirá establecer cómo nosotros, a diferencia de cualquier otro animal, proyectamos "en nuestro cerebro", antes de ejecutar cualquier acción. Sólo los individuos de la especie humana somos capaces de trazarnos objetivos.

ROSA Por lo expuesto hasta aquí, podemos afirmar que todos los hombres y las mujeres que hoy vivimos en nuestro planeta pertenecemos a una misma especie: *Homo sapiens*.

ABEL Y es más, actualmente todos somos *Homo sapiens sapiens*.

ALINA Lo que se puede comprobar al comparar el cráneo, el cerebro, las extremidades (con manos bien desarrolladas), la posición erecta, la frente elevada, la estructura común de los órganos del habla, la presencia de 46 cromosomas en nuestras células, y hasta los grupos sanguíneos. ¡Ah!, y algo que me faltaba: todos nos podemos entrecruzar y dejar descendencia fértil.

ABEL Se te olvidó un elemento importante: todos llegamos a establecer relaciones sociales y... en fin, las variaciones que tenemos son sólo una diferenciación de una especie única.

ALINA En eso estamos de acuerdo, pero:

¿Podemos hablar de razas humanas? ¿Por qué se habla de ellas?



ROSA Esto es importante y para que los alumnos y las alumnas se adentren en esta temática, podemos solicitarles:

Colectar fotografías y recortes de revistas donde se observen personas con rasgos anatómicos muy diferentes, y que las clasifiquen a partir de criterios que adopten.



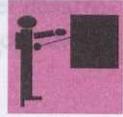
ABEL Me gusta esa actividad, para que se den cuenta de que los criterios pueden variar. Se deben analizar los resultados de estas clasificaciones y orientarles:

Establece o propone una afirmación o hipótesis que puede ser verificada o refutada.
Conjeturar acerca de cuántos grupos bien definidos pueden confeccionar.



Y entonces pedirles:

Conjeturar acerca de si se puede hablar de que cada uno de los grupos formados constituye una raza.



ALINA Con estas actividades, los alumnos comprenderán la dificultad de hablar de razas, dada la gran variabilidad entre cada grupo.

ROSA Y se acercarán en algo al trabajo de los científicos. Más bien se puede hablar de grupos raciales, teniendo en cuenta ciertos rasgos anatómicos característicos de las personas que habitan determinadas áreas geográficas.

ALINA Las razas humanas (surgidas hace aproximadamente unas 1500 generaciones), en opinión de muchos antropólogos, consisten actualmente en tres grandes razas o troncos raciales, cada uno de los cuales está dividido en cierto número de pequeñas razas. Estas últimas se dividen nuevamente; por ejemplo, la europoide se divide por el color del cabello, los ojos y la piel, en: nórdica (rubia), meridional (morena) y centroeuropea (color intermedio).

ABEL Pero existen expertos que llegan a establecer otros grupos. Todo depende del criterio de los diversos autores.

ALINA Es más, incluso hay algunas corrientes que cuestionan el mismo concepto de "raza". Nosotros aquí no entraremos en esta polémica. Aceptaremos que existen distintos grupos raciales, eso sí, dejando claro que se trata de la variedad que hay dentro de una única y sola especie, el *Homo sapiens sapiens*.

ROSA Eso sí, todos los especialistas están de acuerdo en que las diferencias surgieron como adaptación a las condiciones del medio ambiente cuando los grupos humanos se distribuyeron por los distintos territorios. Así, por

ejemplo, la pigmentación oscura de la piel se considera una adaptación a la intensidad de los rayos solares.

ALINA ¿Y en el caso de los europeos nórdicos, por ejemplo?

ROSA La piel blanca es una adaptación que permite el paso de los rayos ultravioletas con mayor facilidad en zonas europeas, donde las radiaciones son débiles y limitadas en ciertas épocas del año.

ABEL En relación con esto:

¿Podemos afirmar que hay razas puras?



ROSA No hay delimitación rigurosa entre las razas, pues todas pasan de unas a otras por cambios imperceptibles y forman grupos intermedios que presentan combinaciones de los rasgos.

ALINA Está claro eso. En países como Cuba, Brasil y México, se observa mestizaje en la mayoría de la población. Han sido tantas las migraciones por la colonización y la trata de esclavos, entre otras causas, que no se pueden caracterizar muchos países por individuos de una raza determinada.

ABEL Un aspecto que no debemos dejar de abordar es aquél vinculado con las concepciones de razas superiores y razas inferiores:

¿Cómo demostrar que no hay razas superiores y razas inferiores?



ALINA Pienso que debemos orientarles:

Observar fotografías de hombres y mujeres ilustres con características raciales diferentes, como: Ho Chi Min (patriota vietnamita), Nicolás Guillén (poeta negro cubano), Antonio Maceo (patriota negro cubano), Indira Gandhi (política india), Alicia Alonso (bailarina blanca cubana), Rigoberta Menchú (indígena guatemalteca, Premio Nobel de la Paz), Benito Juárez (patriota indígena mexicano), entre otros, y alegar conclusiones sobre la relación de las razas con la grandeza de las personas.



ROSA Pero sería necesario dirigir la atención de los alumnos hacia las causas que enmascaran la igualdad de potencialidades entre los humanos.

*Establecer conjeturas al analizar la situación siguiente:
Gabriel García Márquez, Premio Nobel de Literatura,
tiene mayor desarrollo intelectual que un determinado
indio amazónico. ¿Esto implica que uno de ellos pertenece
a una raza superior a la del otro?*



ALINA Actividades como las anteriores permiten comprender que no existen diferencias innatas en la capacidad intelectual y el razonamiento, y que, por lo tanto, todas las razas son biológicamente equivalentes; el desarrollo de las capacidades depende de las posibilidades que cada sociedad le brinde a sus miembros.

ROSA Además, hemos de hacer notar que, de igual modo, existen ciertas habilidades y capacidades que el indio amazónico tiene y que ni Gabriel García Márquez ni nosotros tendremos jamás.

ABEL Desde luego, por eso no podemos dejar de tratar la importancia de la existencia de las razas humanas, y para ello les podemos proponer:

Indagar acerca de las ventajas de la biodiversidad y, en especial, de ésta en la especie humana.



ALINA Para ello, deben basarse en lo que conocen de especies animales y vegetales, hacer consultas bibliográficas, etcétera.

ROSA Se debe resaltar la diversidad existente entre las personas como un elemento positivo a respetar y preservar, diversidad que sólo puede resultar beneficiosa para el progreso cultural de nuestra especie, igual que antaño resultó beneficiosa para su progreso biológico.

ALINA Tienes razón, esto me hace pensar...

*¿Qué habría sido de la población humana si no hubiese
tenido la posibilidad de los intercambios genéticos entre
grupos humanos de diferentes regiones y alejados entre sí?*



ABEL Desde luego, que hoy no podríamos hablar de una especie humana única, porque precisamente la selección, junto con la migración, han sido fac-

tores unificadores de nuestra especie; por esto, todos los humanos en el mundo, con independencia del lugar donde habitemos, seguimos perteneciendo a la misma especie desde hace aproximadamente unas 10 000 generaciones.

ALINA Vinculado con la diversidad de la especie humana y su importancia en la supervivencia de la propia especie, sería conveniente considerar cuestiones actitudinales en relación con la xenofobia y el racismo, males que crecen actualmente en numerosos países.

ABEL Tienes razón. No podemos dar la espalda a estos problemas, que afectan a la humanidad. Me gustaría proponerles:

Indaguen acerca de la etimología de las palabras xenofobia y racismo.



ROSA ¿Y eso solamente?

ABEL Espérate. A partir de esta actividad, es importante que:

Busquen actitudes racistas que se produjeron a lo largo de la historia y también que observan ahora en la vida cotidiana, y después debatan sobre ellas.



Una vez realizada esta actividad podrían también:

Montar exposiciones con composiciones que presenten títulos así : “¿Cómo puedo luchar contra la xenofobia y el racismo?”



ROSA Con esto podemos “cerrar” estas temáticas introductorias. Ya estamos en condiciones de estructurar una propuesta de contenido del Bloque.

ALINA Con lo tratado hasta ahora se hace una buena introducción al estudio del cuerpo humano, con la que los estudiantes pueden ubicarse en las relaciones de *Homo sapiens sapiens* con organismos de otras especies en su origen, así como en la importancia de su diversidad.

ABEL ¡Espera! ¿Y qué de la salud humana?

ROSA Bueno, yo pensaba que eso estaba implícito en todo lo analizado, pero tienes razón: puede que sea una buena idea darle un tratamiento especial, y propongo que dediquemos una unidad a su estudio.

ALINA Ahora me pregunto:

¿Cómo organizar el estudio del cuerpo humano y la salud?



2. ¿QUÉ ENSEÑAR ACERCA DEL CUERPO HUMANO Y LA SALUD?

ROSA Lo tratado hasta aquí nos permite llegar a una proposición del contenido y la estructura en unidades de este bloque.

ABEL El contenido puede estructurarse como lo concebí:

1. Del medio ambiente a la célula y de ésta al medio ambiente. Funciones nutricionales.
2. El organismo detecta los cambios en el medio interno y en el medio ambiente. Funciones de relación.
3. La reproducción humana y la sexualidad.
4. Hacia una sociedad saludable.

ALINA Creo que es adecuado. Explícame por qué primero las funciones nutricionales y no las de relación.

ABEL Es un criterio, aunque pudiera ser de otro modo. Lo hice así porque consideré que las funciones de relación humana implican características únicas de nuestra especie, mientras que las funciones de nutrición son similares a las de los animales, ya estudiados por los alumnos.

ROSA Me doy cuenta que, como tercera unidad, propones la reproducción y la sexualidad humanas, porque aunque muy importantes para la existencia de la especie, no son vitales en un organismo específico.

ALINA ¿Y por qué una unidad sólo dedicada al estudio de la salud? ¿No sería mejor que la salud se tratara en cada unidad, en relación con los sistemas de órganos que se tratan?

ABEL Pudiera ser así, pero de este modo no se concibe la salud fragmentadamente. Ello no quiere decir que no se aborde la salud también en las unidades 1, 2 y 3, en las cuales se deben tratar aspectos específicos, y en la unidad 4, aspectos generales de la población humana.

ROSA Si estamos todos de acuerdo, ¿qué vamos a esperar? Comencemos con la primera unidad.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 1

1. ¿Qué importancia tiene comenzar el estudio de este bloque a partir de los intereses de los estudiantes?
2. Mencione actividades que pueden organizarse para resolver problemas que se deriven de la contradicción “las personas somos iguales y diferentes a la vez”.
3. ¿Por qué se puede afirmar que los organismos de la especie humana nos diferenciamos radicalmente del resto de los seres vivos?
4. Mencione actividades que pueden organizarse con los alumnos para mostrar en qué nos diferenciamos los humanos del resto de los organismos.
5. Ejemplifique actividades para que los alumnos lleguen a conclusiones sobre:
 - si hay razas superiores y razas inferiores;
 - en qué consisten la xenofobia y el racismo, y cómo pueden combatirse.
6. Describa qué estructura se propone para el bloque.

II. DESARROLLO DE LA UNIDAD “DEL MEDIO AMBIENTE A LA CÉLULA Y DE ÉSTA AL MEDIO AMBIENTE. LAS FUNCIONES NUTRICIONALES”

1. INTRODUCCIÓN

ALINA Considero que para introducir a los estudiantes en esta temática, debemos partir de la premisa siguiente: todos los organismos se caracterizan por realizar funciones vitales.

ROSA Claro, ellas y ellos conocen que decir ser vivo, decir organismo, equivale a pensar en funciones nutricionales, de relación, y también en la capacidad de reproducirse.

ABEL Entonces, para seguir la estrategia trazada, pregunto:

¿Qué actividades propondremos para interesar e introducir a los estudiantes en esta temática?



ALINA Aunque con anterioridad les pedimos que determinaran semejanzas y diferencias entre el ser humano y el resto de los animales, me gustaría matizar aún más en la unidad de lo vivo, al pedirles:

*Establecer semejanzas entre los organismos siguientes:
una planta de maíz, una ameba, una seta, un caballo y un ser humano.*



ROSA De nuevo les obligas a señalar las características esenciales de lo vivo. El concepto organismo abarca cada vez más variantes, y esta última también les incluye.

ALINA Ahora bien, después de activar esos conocimientos tan generales, encuentro oportuno dirigirlos hacia las funciones nutricionales, al pedirles: *¿ganas que se intenten?*

ABEL Podría ser así, pero de este modo no se concibe la salud frágil...
Analizar la afirmación siguiente: "Todos los organismos intercambian sustancias con el medio ambiente".



ABEL Cuando los equipos hagan su puesta en común, no faltarán, entre otras, las palabras "clave": alimentos, dióxígeno, dióxido de carbono, orina y heces fecales.

ROSA Tienes razón. En conclusión, sus respuestas les conducen a dos cuestiones: los organismos toman sustancias del medio ambiente y, a la vez, le ceden otras. Ahora, debemos considerar:

¿Qué orden establecer en el tratamiento de los contenidos que se relacionan con las funciones nutricionales?



ABEL Como primera actividad, se impone indagar qué conocen ellos y ellas sobre este aspecto.

ALINA He obtenido buenos resultados con un juego que llamo "El rompecabezas nutritivo"...

ROSA ¡Ay, Alina! Siempre con algo novedoso. Expíciate, anda.

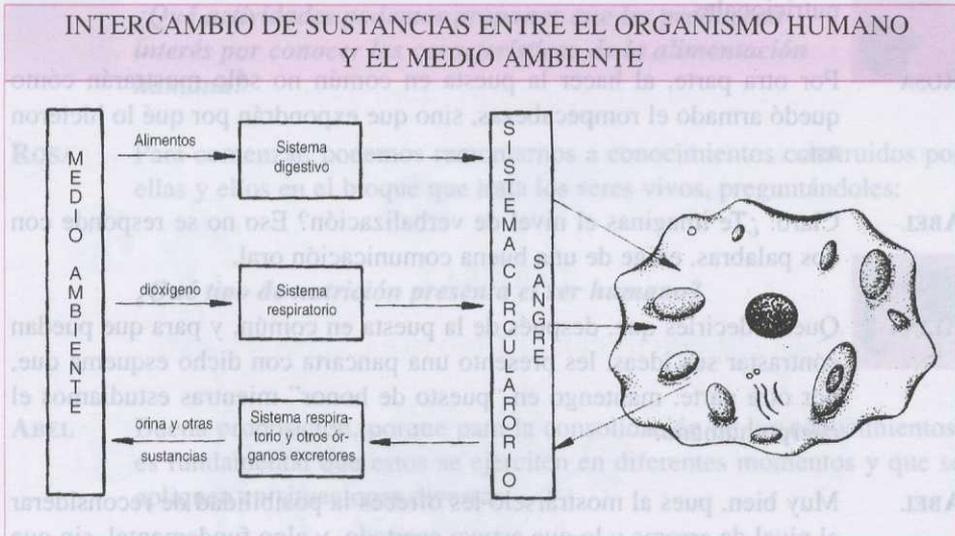
ALINA Para el juego parto de este esquema (figura 1) que, como ven, establece el intercambio de sustancias entre el organismo humano y el medio ambiente, es decir, sintetiza las funciones nutricionales.

ROSA Me gusta, porque en él aparece lo esencial y prevalece un enfoque fisiológico.

ABEL Y se concretan e interrelacionan los componentes básicos de las funciones nutricionales: alimentación, transporte y metabolismo, sin obviar la función respiratoria y la excretora.

ALINA Me alegra que les guste. Como observarán, este esquema puede ser seccionado en diferentes módulos.

FIGURA 1



ROSA Comprendo. Independizas en tarjetas al medio ambiente, a cada uno de los sistemas de órganos y a la célula...

ALINA ¡Anjá!, pero también lo hago con las saetas, al igual que con las sustancias que se incorporan al organismo, así como con las excretadas por éste. Lo demás es preparar tantos juegos del esquema “desarticulado”, como equipos de trabajo se constituyan entre los estudiantes, entregárseles y orientarles:

Armen el “Rompecabezas de la nutrición” al establecer el orden que consideren lógico.



ROSA ¡Es una sugerente forma de detectar ideas previas y de introducir a los estudiantes en esta temática!

ALINA ¿Se imaginan cuántas ideas son expresadas? Desde luego que todas no son acertadas; no obstante, son globalizadoras, pues generalizan conocimientos, conformándolos con coherencia, al formar las interrelaciones medio ambiente-sistema de órganos-célula.

ABEL Muy atinado tu razonamiento. Además, establecer esas relaciones, desligadas de términos y descripciones anatómicas, puede ser una estrategia

- ALINA para que los estudiantes comiencen a conocer la esencia de las funciones nutricionales.
- ROSA** Por otra parte, al hacer la puesta en común no sólo mostrarán cómo quedó armado el rompecabezas, sino que expondrán por qué lo hicieron así.
- ABEL** Claro. ¿Te imaginas el nivel de verbalización? Eso no se responde con dos palabras, exige de una buena comunicación oral.
- ALINA** Quería decirles que, después de la puesta en común, y para que puedan contrastar sus ideas, les presento una pancarta con dicho esquema que, por otra parte, mantengo en "puesto de honor" mientras estudiamos el cuerpo humano.
- ABEL** Muy bien, pues al mostrárselo les ofreces la posibilidad de reconsiderar el nivel de errores y lo que estuvo acertado, y algo fundamental, sin que se lo impongas, pues a partir de sus procesos mentales los estudiantes ajustan el esquema a su estructura cognitiva.
- ALINA** Exacto, considero muy significativo esto que dices. Al incorporar el esquema a su intelecto, el 50% del terreno está arado y ya hemos tratado la idea general; lo demás será matizar algunos aspectos de los alimentos y su digestión, así como el transporte de las sustancias asimilables y del dióxígeno hasta las células.
- ROSA** Debemos tomar el esquema (Figura 1), como factor esencial en la estrategia a seguir. Es decir, considerarlo como elemento rector que nos posibilite articular las actividades en una secuencia lógica, capaz de despertar el interés en los estudiantes y de conducirlos a la construcción de conocimientos significativos.
- ABEL** De acuerdo, entonces focalicemos la atención en las sustancias que tomamos del medio ambiente, específicamente en los alimentos.

2. ¿SABEMOS ALIMENTARNOS?

- ALINA** Muy bien, a diferencia de la entrada del dióxígeno, que es totalmente involuntaria, en el ser humano la ingestión de alimentos, a más de ser voluntaria, implica la selección de estos entre una gran gama y no siempre ésta resulta saludable. Me pregunto:

¿Qué actividades podemos proponer que les produzcan interés por conocer las características de la alimentación humana?



ROSA Para comenzar, podemos remontarnos a conocimientos construidos por ellas y ellos en el bloque que trata los seres vivos, preguntándoles:

¿Qué tipo de nutrición presenta el ser humano?



ABEL Buena proposición, porque para la consolidación de los conocimientos, es fundamental que estos se ejerciten en diferentes momentos y que se apliquen en situaciones diversas.

ALINA Por otra parte, al considerar que los conocimientos deben presentarse de forma funcional, es decir, en el momento oportuno, creo adecuado comenzar a intercalar algunas ideas acerca del *Sistema osteomioarticular*...

ROSA Adivino, te refieres a que la nutrición heterótrofa ingestiva exige, en la mayoría de los animales, la búsqueda, obtención, y por último el acercamiento de los alimentos a los orificios por donde penetran al organismo...

ALINA Pues adivinaste, está claro que los movimientos, tanto de locomoción o de desplazamiento de algunas estructuras corporales, son fundamentales en los organismos con este tipo de nutrición. Esto fue tratado en la unidad 5 del bloque III.

ABEL Entonces llevemos estas preocupaciones a actividades, con el propósito de que los estudiantes reflexionen. Al respecto les mostraría estos dibujos proponiéndoles:

Conjeturar qué debe hacer el niño representado (figura 2) para ingerir los alimentos deseados.



ROSA Desde luego que la palabra movimiento se mencionará tantas veces como puestas en común hagan los equipos. Cabe entonces pedirles:

*Mencionar qué estructuras consideran como
posibilitadoras de esos movimientos.*



ALINA Muchos hablarán de las piernas, las manos o los brazos, y, tal vez, algunos mencionarán huesos y músculos...

FIGURA 2

¿QUÉ HA DE HACER EL NIÑO PARA ALIMENTARSE?



ABEL Pero de seguro no lo harán con relación a las articulaciones ni a estructuras nerviosas, aunque estas últimas no debemos tratarlas por el momento.

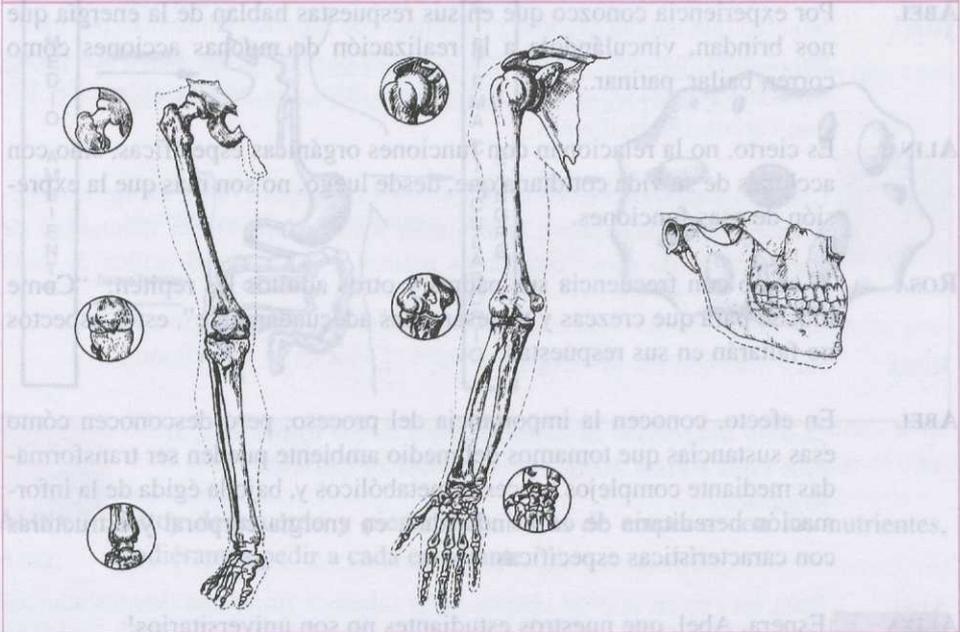
ROSA Estoy de acuerdo, es más, sin entrar en detalles podemos mostrarles ilustraciones como éstas (figura 3) y discutir someramente su importancia en la realización de movimientos, como aquellos imprescindibles en la obtención e ingestión de los alimentos.

ABEL No sólo en esos; ¿qué me dices de los que suponen, por ejemplo, la búsqueda, transporte, almacenamiento y elaboración de ellos?

ALINA Esa es la cosa, que los estudiantes relacionen huesos, músculos y articulaciones con la forma de nutrición y con la función trófica del humano. ¿Qué les parece si a continuación les pidiéramos...?

FIGURA 3

IMPORTANCIA DE LAS ARTICULACIONES Y DE LA ESTRUCTURA ÓSEA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS NECESARIOS PARA LA OBTENCIÓN E INGESTIÓN DE LOS ALIMENTOS



Esquematizar cadenas de alimentación en las que incluyan al ser humano.



ROSA En sus puestas en común vincularán la forma de nutrición heterótrofa ingestiva, característica de nuestra especie, con la función de consumidor en las relaciones tróficas...

ABEL Sí, sí, les aseguro que en las diferentes cadenas que presenten coincidirán en la función trófica del humano, mas en algunas ocuparemos una posición de consumidor primario, en otras la de secundario y también la de consumidor terciario...

ALINA ...Y reafirmarán el por qué somos omnívoros. En fin, a partir de las ideas que formaron durante el estudio de los ecosistemas, poco a poco se les hace pensar en los alimentos que consumen, momento propicio para orientarles:

Hacer conjeturas con relación a la importancia de la alimentación.



ABEL Por experiencia conozco que en sus respuestas hablan de la energía que nos brindan, vinculándola a la realización de muchas acciones como correr, bailar, patinar...

ALINA Es cierto, no la relacionan con funciones orgánicas específicas, sino con acciones de su vida cotidiana que, desde luego, no son más que la expresión de esas funciones.

ROSA Y, como con frecuencia sus padres y otros adultos les repiten: “Come mucho para que crezcas y te desarrolles adecuadamente”, estos aspectos no faltarán en sus respuestas.

ABEL En efecto, conocen la importancia del proceso, pero desconocen cómo esas sustancias que tomamos del medio ambiente pueden ser transformadas mediante complejos procesos metabólicos y, bajo la égida de la información hereditaria de cada individuo, en energía corporal y estructuras con características específicas.

ALINA ¡Espera, Abel, que nuestros estudiantes no son universitarios!

ABEL No temas, pensaba en voz alta... Por supuesto que desconocen la función de los ácidos nucleicos...

ROSA Sin embargo, tienen algunas nociones acerca del metabolismo celular. En la unidad 2 del bloque III las iniciaron.

ALINA Entonces... si desgajamos de nuestro esquema rector (Figura 1), lo relacionado específicamente con la alimentación nos quedaría en este nuevo esquema. (Figura 4)

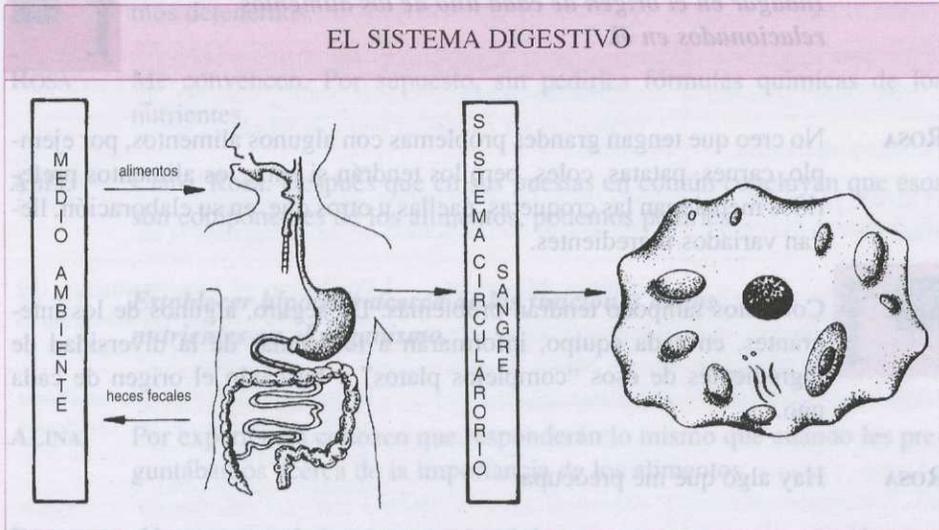
ABEL Así es, fíjense que en él se representan cuatro aspectos fundamentales que los estudiantes, en general, relacionan bien, mas lo hacen muy superficialmente.

ROSA Por esto, nuestra función inmediata será:

Buscar actividades que les motiven y les conduzcan a construir conocimientos, con relación a las funciones de los nutrientes en el organismo.



FIGURA 4



ALINA Estoy de acuerdo y pienso que, antes de empezar con los nutrientes, pudiéramos pedir a cada estudiante:

Confeccionar un listado con los alimentos de su preferencia.



El objetivo de esta actividad es utilizar los listados como elemento básico en la realización de otras actividades.

ROSA Claro, con él pueden indagar en el origen de los alimentos.

ABEL Sí, también puede tomarse como punto de partida para que analicen el nutriente que predomina en cada uno.

ROSA ...Y algo importante: a partir de su listado, cada estudiante puede valorar si sus gustos alimentarios les posibilitan una dieta balanceada.

ALINA Un momento. Vayamos por partes, que todavía no hemos sembrado la planta y ya queremos comer los frutos...

ABEL Está bien, creo que para llevar a la práctica la estrategia propuesta con el "famoso listado", convendría proponer a los estudiantes:

Indagar en el origen de cada uno de los alimentos relacionados en él.



ROSA No creo que tengan grandes problemas con algunos alimentos, por ejemplo, carnes, patatas, coles, pero los tendrán si entre los alimentos preferidos mencionan las croquetas, paellas u otros que, en su elaboración, lleven variados ingredientes.

ABEL Con estos tampoco tendrán problemas. De seguro, algunos de los integrantes, en cada equipo, informarán a los demás de la diversidad de ingredientes de esos “complejos platos” y buscarán el origen de cada uno.

ROSA Hay algo que me preocupa:

¿Cómo acercarlos al conocimiento de los nutrientes, si aún ellos y ellas no tienen nociones de química orgánica?



ABEL Pues no veo en ello un obstáculo, si sabemos hacer actividades adecuadas. ¿Qué crees al respecto, Alina?

ALINA Rosa, podemos acercarlos a esta temática si inicialmente les proponemos:

Buscar información y establecer el significado de los vocablos alimento y nutriente, así como los distintos tipos de nutrientes que existen.



De seguro, después de la puesta en común, en la que participaremos, llegarán a comprender que:

Los alimentos son productos orgánicos de origen animal, vegetal o industrial que, al consumirlos, aportan al organismo los nutrientes necesarios. Cada alimento contiene muchos nutrientes, aunque en general predomina uno de ellos.

Los nutrientes son componentes de los alimentos que el organismo utiliza en la realización de las funciones vitales. Ellos son las proteínas, los glúcidos o carbohidratos, los lípidos, las vitaminas y el agua, de los que

sin duda habrán oído hablar, pero en cuya somera caracterización debemos detenernos.

ROSA Me convencen. Por supuesto, sin pedirles fórmulas químicas de los nutrientes.

ABEL Claro, Rosa. Después que en sus puestas en común concluyan que esos son componentes de los alimentos, podemos pedirles:

Establecer hipótesis acerca de las funciones de los nutrientes en el organismo.



ALINA Por experiencia conozco que responderán lo mismo que cuando les preguntábamos acerca de la importancia de los alimentos.

ROSA ¡Un momento! Aunque sea igual la respuesta, esta corresponde a un nivel superior de conocimientos, puesto que comienzan a aplicar el concepto nutriente.

ABEL Así es, aunque desconocen sus funciones específicas.

ALINA Para que las conozcan, podemos entregar a cada equipo una tabla similar a esta (figura 5), pidiéndoles:

Contrastar sus hipótesis al analizar la siguiente tabla: (figura 5)



ROSA Espera. Déjame pensar. De acuerdo; al analizarla comprueban hasta dónde sus hipótesis son válidas. Además, por vez primera se acercan a considerar la función reguladora de las vitaminas y las sales minerales.

ABEL Por otra parte, les permite ampliar la relación alimento-función importante en el organismo, formada a partir de sus vivencias y de la escuela.

ALINA Es cierto, así le incorporan un nuevo eslabón a esa relación alimento-nutriente-función, importante en el organismo.

ROSA También ese análisis les conducirá a establecer que las funciones de los alimentos difieren en dependencia del nutriente que predomine en ellos, oportunidad propicia para pedirles:

FIGURA 5
PRINCIPALES NUTRIENTES DE ALGUNOS ALIMENTOS Y SUS FUNCIONES

TIPO DE ALIMENTOS	NUTRIENTE QUE PREDOMINA	FUNCIÓN EN EL ORGANISMO
Leche y derivados	Proteínas	Construir y reparar el organismo. (función plástica)
Carnes, pescados, huevos	Proteínas	
Verduras	Vitaminas, Minerales	Posibilitan el funcionamiento del organismo y la utilización de otros nutrientes. (función reguladora)
Frutas	Vitaminas, Minerales	
Cereales y derivados	Carbohidratos	Proporcionan la energía necesaria en la realización de las funciones del organismo. (función energética)
Aceites y grasas	Lípidos	
Legumbres Frutos secos	De todo un poco	Las tres funciones.

Indicar, teniendo en cuenta la tabla, los nutrientes predominantes en los alimentos de su preferencia.



ABEL Buena idea. Esto les encamina a conocer si sus preferencias alimenticias se corresponden con los requerimientos orgánicos.

ROSA Aciertas. Ahora bien, cuando analicen en la tabla los diferentes grupos de alimentos, ajustarán esta nomenclatura tan genérica (por ejemplo, carnes, pescados y huevos), sólo a los que ellos acostumbran a consumir.

ABEL Tienes razón, para ellos las carnes son las de vacuno, de cerdo o de aves domésticas, aquellas que, por tradición cultural, acostumbran a comer.

ROSA Me parece conveniente que les hagamos pensar en esto, al proponerles:

Exponer sus conjeturas al analizar la afirmación siguiente: “Al igual que las carnes de vacunos y cerdos, también son ricas en proteínas, entre otras, las carnes de los perros y los cocodrilos, así como los saltamontes y las orugas”.



- ALINA** ¡Me imagino los comentarios iniciales! Les resultará difícil sustraerse de los cánones que la cultura occidental nos impuso...
- ABEL** Querrás decir de los cánones que la cultura occidental actual nos impone, porque: ¿acaso las costumbres alimentarias de nuestros bisabuelos y otros ascendientes son iguales a las actuales?
- ROSA** Por supuesto que no, entonces no existían las posibilidades que hoy brinda la refrigeración, no contaban con una industria conservera desarrollada.
- ALINA** Y, por suerte para ellos, tampoco existía la llamada “comida basura”; aunque no soy de las que dicen que “cualquier tiempo pasado fue mejor”, sin embargo, me horrorizo con el olvido en que en la actualidad hemos echado, por ejemplo, a las legumbres, aportadoras de numerosos nutrientes, dando preferencia a esa comida inventada...
- ABEL** Como son las “Mc Donald’s” y las llamadas “pizzas tecnológicas”. Por cierto, leí un artículo muy interesante acerca de estas últimas que, entre otras cosas, decía que actualmente el 70% de las calorías consumidas por los norteamericanos, tienen su origen en estos inventos alimentarios...
- ALINA** Sí, sí. En ellos se sustituyen quesos, embutidos y pasta de tomate, por sustancias similares en sabor, olor y textura, elaborados a partir de trigo, soya y caña de azúcar.
- ROSA** Así es, pero lo terrible de todo esto es que al someter a esos vegetales a complejos procesos tecnológicos que alteran su estructura molecular, los productos resultantes no tienen los valores nutricionales de aquellos con los que tradicionalmente se elaboran las pizzas...
- ALINA** Por suerte son muchos los llamados de alerta que se hacen, basados en estudios que concluyen en lo beneficioso que resulta para el organismo la inclusión en la dieta de legumbres, verduras y frutas...
- ABEL** A propósito, la propuesta vegetariana se “reverdece” en la actualidad...
- ROSA** Es verdad, porque aunque muchas proteínas vegetales carecen de ciertos aminoácidos esenciales, si se combinan en la dieta diversos vegetales, por ejemplo, legumbres con cereales, se logra la obtención de los aminoácidos necesarios.
- ALINA** Lo cierto es que aún con similares tradiciones culturales, los humanos elegimos los alimentos en dependencia de diversos factores que van,

desde los gustos o fobias hacia algunos alimentos, hasta las costumbres familiares, ideas religiosas, la publicidad o los cambios sociales...

ROSA Entonces convendría proponer a los estudiantes:

Indagar acerca de los hábitos alimentarios de otros pueblos y sobre los factores que los pueden haber determinado.



ABEL Comprenderán cómo en esto también se expresa la diversidad entre los humanos y que, en gran parte, está determinada por factores geográficos (el clima, los productos que ofrecía la tierra...), culturales y sociales.

ROSA ¿Cómo no mencionar el factor económico? ¿Acaso un desempleado, por mucha cultura nutricional que posea, puede tener hábitos alimentarios beneficiosos para su organismo?

ABEL Tienes mucha razón, Rosa. No podemos dejar de proponer actividades que posibiliten a los estudiantes tomar conciencia de que el hambre y la desnutrición que sufren numerosas personas en nuestro planeta están condicionadas por un reparto injusto de los recursos.

ALINA Coincido con ustedes y no olvidemos que estas actividades persiguen cultivar en los estudiantes un espíritu solidario, lo cual, además, reafirma su autoestima. Por lo tanto, les sugeriría:

*Analizar el siguiente planteamiento y proponer soluciones:
Un promedio de cuarenta mil niños mueren por inanición diariamente en nuestro planeta, mientras que, en este mismo mundo, existen excedentes en la producción de alimentos como la leche y el trigo, que son destruidos para evitar su depreciación en los mercados.*



ROSA Considero que ese análisis propiciará un gran debate, donde las soluciones propuestas serán innumerables y diversas, aunque único el espíritu de solidaridad humana que irradiarán.

ABEL Hambre y desnutrición por una parte y sobreconsumo por otra...

ALINA Esto constituye una de las grandes problemáticas de la sociedad de consumo, característica del mundo desarrollado donde el consumo sobrepasa las necesidades reales...

ROSA ¡Está claro! En esa sociedad se “crean” necesidades, a través de la publicidad, para que las personas consuman, y al hacerlo sostengan la producción.

ABEL Desgraciadamente este modelo de sociedad conlleva a repercusiones negativas en el medio natural, ya que la producción masiva de objetos está provocando el agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente con la consiguiente escasez de materias primas, alimentos y recursos energéticos.

ALINA Tienes razón, alrededor de esto se teje una trama cada vez más terrible, que puede conducir a un verdadero holocausto a nivel mundial. Los educadores no podemos darle la espalda a esa realidad.

ROSA Dices bien, porque las niñas y niños, al igual que la gente joven, ocupan un lugar importante dentro de la masa consumidora; ¿acaso los productos que se ofrecen para las personas de esas edades no constituyen un gran negocio?

ABEL Un gran negocio actual y un gran negocio de futuro, pues crea hábitos de compra y estimula la formación de nuevas necesidades.

ALINA Aunque el sobreconsumo abarca gran variedad de aspectos, nosotros nos ocuparemos del relacionado con los alimentos, al igual que otros colegas se ocupan de otras de sus aristas, por ejemplo, en el bloque dedicado a la energía, se proponen actividades tendentes a adoptar medidas para evitar el sobreconsumo energético.

ROSA Por supuesto, también debemos contribuir a preparar a nuestros estudiantes para que sean capaces de pensar críticamente y actuar de modo responsable y solidario en las sociedades consumistas... y en las que aspiran a serlo.

ABEL Desde luego, pero sin darles recetas, propongamos en el momento oportuno actividades que les propicien reflexionar y, como dice Rosa, pensar críticamente y actuar de modo responsable y solidario. Ahora vayamos por parte al pedirles:

Consideren si se nutre adecuadamente una persona que sólo consume alimentos incluidos en uno de los sectores de la tabla. ¿Por qué?



ALINA Por supuesto que, en sus respuestas, establecerán la importancia de los diferentes nutrientes en la combinación adecuada.

ROSA Eso está muy bien porque *una dieta es balanceada o equilibrada cuando asegura la ingesta de todos los nutrientes necesarios, sin escaseces ni excesos, de forma que el organismo se mantenga sano.*

ALINA ¡Espera! Has dicho algo importante: por una parte debe asegurarse la representación de todos los nutrientes y, por otra, que ésta sea sin escaseces ni excesos. Pero en el mundo hay subalimentación y sobrealimentación...

ABEL Ambas situaciones, aunque opuestas, determinan malas consecuencias...

ROSA Es que por temer las consecuencias de la subalimentación, muchas personas se sobrealimentan o lo hace a sus seres queridos, desconociendo que numerosas enfermedades, como las cardiovasculares, tienen entre sus causas los excesos alimentarios.

ALINA Son muchos los factores que influyen en ésto. Como comentábamos hace un momento, la sociedad de consumo crea, entre otros, este mal hábito que ha permeado a muchas personas.

ABEL Para que analicen esa contradicción, me gustaría indicar esta actividad a los estudiantes:

Propongan ejemplos, para mostrar que tanto la subalimentación, como la sobrealimentación son perjudiciales a la salud.



ROSA De seguro que todos con rapidez mencionarán consecuencias de la subalimentación, pero muchos se sorprenderán al encontrar cómo enfermedades temidas y algo comunes, pueden evitarse con una dieta balanceada. La idea de “consumir lo necesario” o “lo suficiente” o “ni más, ni menos”, formará parte de este conocimiento tan importante que están construyendo.

ALINA Todo eso está muy bien, pero conocemos que otro requisito en una dieta balanceada es que se ingieran las cantidades de alimentos suficientes para cubrir las necesidades energéticas del organismo y que estas varían en los diferentes individuos.

ROSA Bueno, los estudiantes ya construyeron conocimientos acerca de que los organismos utilizamos energía química en la realización de las funciones y cómo, en las relaciones tróficas, ésta pasa de unos a otros.

ABEL Por otra parte, tanto en los envases de productos alimentarios como en la T.V. y la prensa plana, se hace referencia a las calorías o kilocalorías que proporcionan.

ALINA Precisamente ahí está la contradicción: la escuela les enseñó que la unidad de energía es el julio, pero en nutrición se utiliza como unidad la kilocaloría, también denominada caloría (grande). Tendremos que recordarles que:
1 Kcal= 4,18 kilojulios.

ABEL Así es, entonces.

¿Qué actividades podemos utilizar para que construyan conocimientos acerca de esta temática?



ROSA Para empezar, propongo algo motivador. Podemos invitar a los equipos a:

Manifestad vuestra opinión acerca de lo que se plantea en el siguiente relato:



“Ana Teresa y Jorge son estudiantes de 13 y 14 años. Hace cierto tiempo se inscribieron en equipos deportivos de la escuela. Ella, amante del ajedrez, lo hizo en este deporte, mientras que Jorge, a quien le encanta correr, lo hizo en atletismo. En días pasados, tan pronto como llegaron a la casa, dijeron a sus padres que iniciaban un fuerte entrenamiento, pues se avecinaba una competición entre escuelas. Al rato, la madre comentaba con el padre que, a partir de ese día, aumentaría el contenido calórico en las comidas de Jorge. Estás equivocada, dijo el padre, aunque ella gastará algunas calorías menos, también debes pensar en las comidas de Ana Teresa”.

ALINA ¡Ah! Me gusta. Les presentas una situación determinada y ellos tienen que establecer hipótesis en busca de una explicación.

ABEL De seguro relacionarán las necesidades energéticas de cada individuo con el tipo de actividad física que realiza. Leí que una dieta se considera balanceada, cuando el porcentaje aportado por los nutrientes, en función del gasto energético, es el siguiente:

Proteínas: 10 al 15%.

Cada gramo ingerido proporciona 4 kcal.

Glúcidos: 55 al 60%.

Cada gramo ingerido proporciona 4 kcal.

Lípidos: 25 al 30%.

Cada gramo ingerido proporciona 9 kcal.

ALINA A propósito, esto que dices me recuerda que, cuando impartía estos contenidos en grados superiores, los estudiantes encasillaban a las proteínas como nutrientes sólo utilizados por el organismo en funciones de síntesis, mientras que caracterizaban a los lípidos y glúcidos, de forma absoluta, con la respiración.

ROSA Es que en muchos textos escolares no se especifica que, tanto unos como los otros, intervienen en ambos procesos, aunque la degradación de proteínas, o *desaminación*, implica un costo energético mayor para el organismo. Por esto, de manera general y nunca absoluta, son los lípidos y los glúcidos los principales aportadores de energía.

ABEL Tienen razón. Ahora volvamos a nuestros escolares; creo que podemos mostrarles tablas similares a ésta, con las que puedan reflexionar cómo la cantidad de kilocalorías ingeridas debe estar en concordancia con la actividad física, la edad y el sexo de cada individuo.

FIGURA 6

INGESTAS RECOMENDADAS DE ENERGÍA Y NUTRIENTES PARA LA POBLACIÓN ESPAÑOLA (INSTITUTO DE NUTRICIÓN, CSIC, 1984)											
Edad años	Energía Kcal	Nutrientes									
		Pro g	Ca mg	Fe mg	Tia mg	Rib mg	Nia mg	B12 mg	C mg	A mg	D mg
Niños y niñas											
0-05	650	14	500	70	0.3	0.4	4	0,0093	50	0,45	0.01
0,5-1	950	20	600	7	0.4	0.6	6	0,0003	50	0,45	0.01
1-4	1250	23	650	7	0.5	0.8	8	0,0009	55	0.3	0.01
4-6	1700	30	650	9	0.7	1.0	11	0,0015	55	0.3	0.01
6-10	2000	36	650	9	0.8	1.2	13	0,0015	55	0.4	0.02
Adolescentes y adultos sexo masculino											
10-13	2450	43	800	12	1.0	1.5	16	0,002	60	0,57	0.002
13-16	2750	54	850	15	1.1	1.7	18	0,002	60	0,72	0.002
16-20	3000	56	850	15	1.2	1.8	20	0,002	60	0,75	0.002
20-40	3000	54	600	10	1.2	1.8	20	0,002	60	0,75	0.002
40-50	2850	54	600	10	1.1	1.7	19	0,002	60	0,75	0.002
50-60	2700	54	600	10	1.1	1.6	18	0,002	60	0,75	0.002
60-70	2400	54	600	10	1.0	1.4	16	0,002	60	0,75	0.002
+ 70	2100	54	600	10	0.8	1.3	14	0,002	60	0,75	0.002

Adolescentes y adultas sexo femenino											
10-13	2300	41	850	18	0,9	1,4	15	0,002	60	0,52	0,002
13-16	2500	45	850	18	1,0	1,5	17	0,002	60	0,72	0,002
16-20	2300	43	850	18	0,9	1,4	15	0,002	60	0,75	0,002
20-40	2300	41	600	18	0,9	1,4	15	0,002	60	0,75	0,002
40-50	2185	41	600	18	0,9	1,3	14	0,002	60	0,75	0,002
50-60	2075	41	700	10	0,8	1,2	14	0,002	60	0,75	0,002
60-70	1875	41	700	10	0,8	1,1	12	0,002	60	0,75	0,002
+ 70	1700	41	700	10	0,7	1,0	11	0,002	60	0,75	0,002
Mujer gestante	+250	+15	+600	-	+0,1	+0,2	+2	+0,001	+20	-	+0,007
Mujer lactante	+500	+25	+700	-	+0,2	+0,3	+3	+0,005	+26	-	+0,007

Los lípidos deben cubrir un 30% del aporte de energía.

Para la actividad ligera (trabajo no pesado) debe disminuirse un 10% de la energía.

Para actividad pesada (trabajo pesado) debe aumentarse la necesidad de energía en un 20%.

ROSA ¡Está muy buena! Aunque son las recomendadas para la población española, en general se ajustan a los requerimientos de la población mundial. ¿Qué os parece si proponemos a nuestros estudiantes que, a partir del relato anterior y utilizando las tablas (figuras 5 y 6):

- Determinen la cantidad aproximada de kilocalorías que necesitan en un día Ana Teresa y Jorge para resolver sus requerimientos orgánicos?*
- ¿Cómo debe repartirse este aporte energético para que la dieta sea adecuada?*
- ¿Qué cantidad de cada uno de los nutrientes propuestos necesitan ingerir para obtener las kcal necesarias?*
- Repitan las actividades de los epígrafes a y c, al sustituir a Jorge y Ana Teresa por tus padres, tus abuelos o tus hermanos.*



ALINA Considero que, para culminar, pudiéramos presentar actividades que permitan a los estudiantes evaluar sus conocimientos con respecto a los aspectos más significativos de las temáticas tratadas hasta aquí. Las iniciaríamos pidiéndoles:

Incluir los alimentos de su preferencia en una tabla similar a la de la figura 5 e intentar confeccionar con ellos una dieta balanceada.



ROSA Pienso que esta actividad tiene gran importancia, pues podrán ver si sus gustos alimentarios se avienen con los requerimientos de una dieta saludable, llevándolos a valorar si sus hábitos alimentarios les posibilitan tener un estilo de vida saludable..

ABEL Coincido contigo; para esto debemos propiciar que cada estudiante elabore su dieta, constituyéndose en cada equipo un “pool” de ellas, igual al número de sus integrantes.

ALINA Después, invitaría a cada equipo a:

Proponer alimentos para confeccionar el desayuno, el almuerzo y la comida de un día de la semana.



ROSA Esta actividad implica que los estudiantes tomen conciencia de lo perjudicial de una alimentación poco variada y que, al conocer diversas proposiciones de dietas, se sientan dispuestos a ampliar sus gustos alimentarios.

ABEL Exacto, es por eso que primero se les pide la acción individual; después ocurre la discusión entre los integrantes del equipo, que propicia, como resultado del trabajo colectivo intra-equipo, proponer opciones de dieta para un día.

ROSA Y ahí no para la actividad cooperativa. Ésta se multiplica según el número de equipos y, al establecer la puesta en común entre estos, se obtendrá un valioso y variado menú, que puede abarcar las comidas fundamentales de toda una semana.

ABEL Estimo que aunque quedan pendientes algunos contenidos importantes que nuestros estudiantes deben conocer acerca de los alimentos, debemos comenzar a considerar otros aspectos de la alimentación humana.

ALINA Muy bien. Ahora les propongo tomar un receso que nos permita pensar en lo que planteas.

ABEL y

ROSA De acuerdo.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 2

1. ¿Por qué se dice que después de realizar el “Rompecabezas nutricional”, los estudiantes tienen “el 50% del terreno arado”?
2. Representar el esquema que se toma como elemento esencial de la estrategia a seguir en la confección del programa de actividades.
3. ¿Cómo se relaciona la alimentación humana con otros bloques de este currículo?
4. ¿Qué objetivos se persiguen al incluir aspectos del sistema osteomioarticular en este apartado?
5. ¿Qué objetivos se pueden medir a partir de la actividad relacionada con la confección, por parte de los estudiantes, de un listado con sus alimentos preferidos?
6. Indique dos problemas nutricionales típicos de las sociedades de consumo.

3. ANTES DE ASIMILADOS, DEBEN SER DIGERIDOS

ALINA Bien, Abel, pienso que los contenidos pendientes con relación a los alimentos podemos abordarlos en otros momentos de la confección del programa de actividades. Ahora debemos pensar:

¿Qué estrategia seguir con los contenidos que se relacionan con la digestión de los alimentos?



ROSA Exactamente la misma que expresamos cuando iniciamos esta unidad: de lo anatómico, sólo lo esencial, que el peso esté en lo fisiológico.

ABEL Sí, en lo fisiológico, pero sin olvidar a quiénes van dirigidas las actividades.

ALINA Primero es conveniente indagar si realmente conocen las estructuras que forman el sistema digestivo. Creo oportuno pedirles:

Dibujar el sistema digestivo y nombrar sus órganos.



Propongo esta actividad, puesto que conocemos por artículos publicados en revistas de didáctica de las ciencias la experiencia de algunos docentes, coincidente con la nuestra: en general, los estudiantes tienen concepciones muy simplistas de este sistema.

ROSA Así es, la mayoría representa en sus dibujos la boca, el estómago y el intestino, e ignoran la faringe y el esófago, al “conectar” la boca con el estómago, mediante la “garganta”.

ALINA Y, ¿qué decir de las glándulas anexas? No quiero absolutizar, pero casi todos las desconocen. Observen este dibujo.

FIGURA 7

**REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA DIGESTIVO
HECHO POR UN ESTUDIANTE**



ROSA Es conveniente para que contrasten con sus ideas previas, expresadas en los dibujos, orientarles:

Observar láminas del sistema digestivo.

ABEL Este es el momento adecuado para hacerles notar la continuidad entre los órganos que conforman el tubo digestivo y cómo los conductos secretorios de las glándulas anexas vierten en él sus secreciones.

ROSA Y también es el momento oportuno para que los estudiantes localicen esos órganos en una silueta del cuerpo humano.

ALINA Me gusta la idea, pero la silueta es plana; resulta mejor si contamos con un modelo anatómico o un esqueleto humano donde la localización sea tridimensional. Además, no tendríamos que dejar de lado las disecciones o el estudio de algunos órganos que se venden en carnicerías o tiendas.

ROSA Desde luego, pero de momento vamos a detenernos en el uso del modelo anatómico, así los vamos acercando a comprender cómo los huesos y músculos, además de intervenir en la realización de los movimientos, conforman cavidades que protegen a órganos vitales, tal es el caso de las cavidades *torácica* y *abdominal*.

ABEL Entonces sugiero proponerles:

Localizar a los órganos digestivos en un modelo anatómico del cuerpo humano.

ROSA Después de “desempolvar” y actualizar sus conocimientos sobre las estructuras digestivas, pensemos en:

¿Cómo enfrentar la digestión de los alimentos sin detenernos en el funcionamiento de cada órgano?

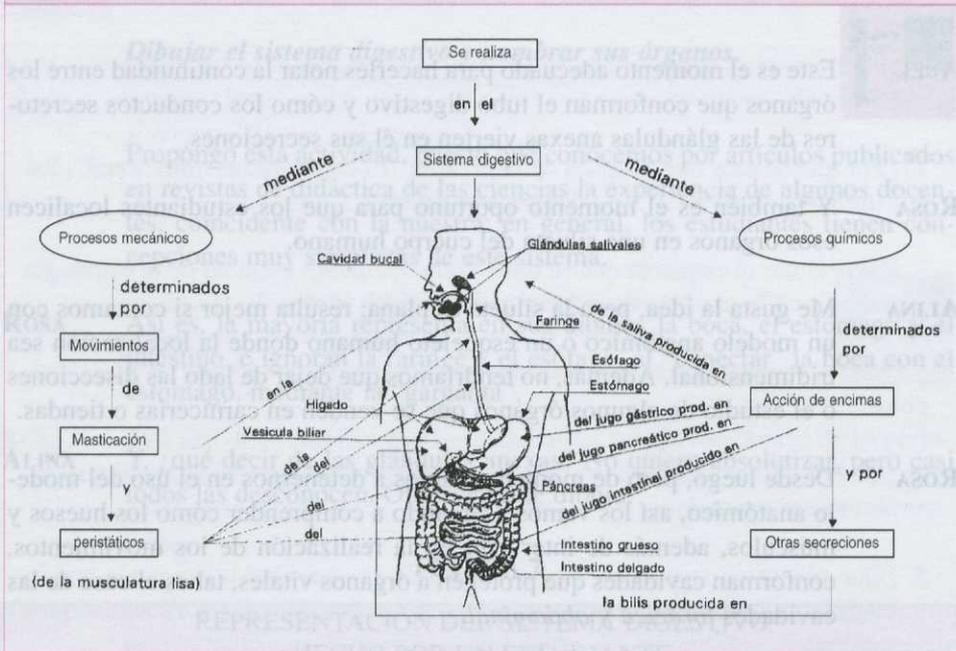
ALINA Creo que si nos basamos en este esquema (figura 8) podemos lograrlo.

ROSA ¡Magnífico!, en él se refleja la esencia de la digestión.

ALINA Sí, esto se logra al buscar lo común, lo que llamo constantes digestivas, es decir, los procesos mecánicos y los procesos químicos.

FIGURA 8

LA DIGESTIÓN DE LOS ALIMENTOS



ABEL Espera un momento. ¿Acaso tratas esto en una pequeña conferencia?

ALINA Así es, pero en su debido momento. Antes, podemos indagar cuáles son sus ideas con respecto a la función digestiva, invitándolos a:

Exponer ideas acerca de dónde ocurre la digestión de los alimentos.



ROSA Coincido contigo; no olviden que los estudiantes generalmente asocian la digestión con el estómago, dándole a la boca la función de vía de entrada de los alimentos, y al intestino, la de formar y expulsar las heces fecales.

ALINA La actividad inmediata debe tratar que los alumnos contrasten esas ideas acerca de la digestión, al entregarles un pedazo de pan y pedirles:

- a) Partir una porción del pan y colocarlo, como testigo, sobre un vidrio reloj.
- b) Tomar otra parte y masticarla durante 2 ó 3 minutos.
- c) Colocar el pan masticado y ensalivado en otro vidrio reloj.
- d) Echar gotas de lugol sobre las dos porciones y observar.
- e) Llegar a conclusiones al establecer conjeturas.



ROSA ¿Y no cae esta actividad entre las etiquetadas como “tipo-recetas”?

ABEL Muchas de las así nombradas pueden utilizarse si se les inserta en el contexto y momento adecuados.

ALINA Tienes mucha razón; no creo que ésta rompa nuestro enfoque didáctico, cuyo objetivo principal es que los estudiantes se consideren como investigadores noveles. Esta actividad no les presenta una investigación terminada, sino que se les orienta una secuencia de acciones, con el propósito de originar una situación problemática que los conducirá a un conflicto cognitivo, transformándose en un problema docente.

ABEL Yo diría que al indicarla se demuestra nuestro papel de investigadores expertos, al ponerlos a transitar por una experiencia que puede despertar su interés y hacerles conjeturar acerca de las causas que provocan, en el pan masticado, los cambios de textura, sabor y tonalidad ante el lugol, al compararlo con el testigo.

ALINA Por otra parte, es fundamental que la comprensión de los procesos digestivos conecte con la percepción directa, para después inferir qué ocurre en los otros órganos y posteriormente generalizar.

ROSA Me convencen; partiendo de lo captado por sus receptores externos, los estudiantes pueden tener ciertos indicios de que en la boca ocurren procesos mecánicos o químicos y, por lo tanto, que la digestión no es sólo “patrimonio” del estómago.

ALINA Buena oportunidad para impartirles la sencilla conferencia donde concretamente debemos exponerles que, tal como ellos patentizaron en la digestión bucal, los procesos mecánicos y químicos también se producen en el estómago y en el intestino.

ABEL Supongo que en los procesos mecánicos destacarás la función de los músculos masticadores, de los dientes y la lengua en la acción de frag-

mentar y mezclar con la saliva los alimentos, así como la de la musculatura lisa del tubo digestivo, al posibilitar con sus contracciones la mezcla de los alimentos con las diferentes secreciones digestivas.

ROSA Espera. ¿Les informas acerca de las enzimas digestivas que aceleran y garantizan la digestión de los alimentos? ¿Se las clasificas en carbohidrasas, proteasas y lipasas, según el nutriente sobre el que actúen?

ABEL Claro que no; en primer lugar, porque nuestros estudiantes aún no conocen la catálisis como propiedad química de algunas sustancias, y en segundo lugar, porque no debemos entrar en especificidades. Sólo hay que hablarles de sustancias con características muy especiales, presentes en la mayoría de los jugos digestivos, y que son fundamentales en los procesos químicos de la digestión.

ALINA Así es. Además, aprovecho la ocasión para enfatizar en la relación estructura-función desde el sistema digestivo, como un todo, pasando por sus órganos, los tejidos que los constituyen, hasta llegar a sus células. Este conocimiento tan importante lo refuerzo con láminas o con disecciones que muestren la estructura interna de algunos órganos digestivos.

ROSA Desde luego, partes de las "constantes digestivas" que manifiestan funciones, pero haciéndoles conocer que se sustentan en una base material: los órganos digestivos y en éstos, músculos y glándulas, es decir, tejido muscular y tejido epitelial, en fin, fibras musculares y células secretoras.

ABEL ¡Por favor, atiéndanme! El término digestión es muy usado en la vida diaria y los estudiantes conocen que los alimentos digeridos sufren transformaciones, pero, generalmente, no consideran si esos cambios implican complejidad o simplificación.

ALINA Ya sé por dónde vienes: muchos hablan de simplificación porque los alimentos se fragmentan en pequeñas unidades, pero no pueden analizarlo a nivel químico, es decir, no mencionan que las moléculas que las constituyen se simplifican.

ROSA ¡Atiendan! Trato de resolver este complejo problema haciéndoles jugar, al entregarles cartulina o plastilina de colores contrastantes, pidiéndoles que construyan pequeñas y diferentes figuras geométricas, tales como cuadrados, círculos, triángulos. Después, tomo algunas de éstas, que ensamblo con una configuración determinada y les explico que esta figura puede representar, por ejemplo, una molécula de proteína, de los

millones que estructuran, entre otras, a una célula, de la inmensa cantidad que forman un filete de pescado o de res y, como pueden observar, tienen una estructura muy compleja.

ALINA Me gusta la idea.

ROSA Déjenme completarla. Ensablo tres o cuatro de estas “moléculas”, al colocar cada “aminoácido” en igual posición, de forma que cada molécula de proteína sea exacta a las otras. Por otra parte, conforme otras moléculas de proteínas, digamos, de huevo de aves, haciéndoles notar la diferente configuración entre éstas y las anteriores.

ABEL Claro, es una sencilla forma de acercarlos a conocer la configuración específica de cada proteína.

ROSA Exacto, después pido a los equipos:

Conjeturar cómo ocurre la digestión de los alimentos ingeridos, desde la boca hasta el intestino, utilizando las figuras geométricas construidas, y teniendo en cuenta que el organismo tiene que construir sus propias proteínas.



ALINA ¡Me los imagino: consultando unos con otros! De seguro en la puesta en común mostrarán cómo estas moléculas se desensamblan en el tubo digestivo, hasta que en el intestino quedan todos los “componentes”, pero como unidades más simples que la proteína original.

ROSA Entonces es cuando les explico que también se simplifican las moléculas complejas de los carbohidratos y los lípidos y que, en general, a esos “componentes” más simples se les denomina productos finales, siendo así como pueden ser asimilados por el organismo. Y esa es por ejemplo, la causa de que los azúcares que comemos se puedan acumular en nuestro cuerpo como lípidos.

ALINA Resultaría beneficioso pedirles:

Analizar si los productos finales de los nutrientes son expulsados al exterior, al formar parte de las heces fecales.



ABEL En su confrontación, y con oportunas intervenciones nuestras, comprenderán que no todos los nutrientes son digeridos; por ejemplo, la celulo-

sa, carbohidrato que constituye las paredes celulares de los vegetales, no es digerida, pero proporciona fibras que contribuyen a formar el bolo fecal, posibilitando su evacuación diaria.

ALINA Y, precisamente, en el contexto del análisis de la función digestiva normal es que podemos indagar las causas de las llamadas “malas digestiones”, de los “dolores de barriga”, de los vómitos y las diarreas, retomando cuestiones de los alimentos no tratadas con anterioridad y relacionándolas con aspectos de su higiene.

ROSA Tienes razón, los pusimos a pensar en la digestión de los alimentos, pero nos olvidamos que la boca es una de las ventanas que comunican al organismo con el medio que nos rodea y que por ella, junto con los alimentos, pueden penetrar algunos virus, microorganismos o sus toxinas activas, que ocasionan enfermedades.

ABEL Para prevenirlas existen las barreras externas, que se traducen en una serie de medidas higiénicas que nuestros estudiantes deben conocer y, como dice Alina, este es el momento de hacerlo.

ALINA Está claro, llegamos a un momento crucial en la confección del programa de actividades:

¿Cómo procurar que este aspecto tan importante se concientice por los estudiantes? ¿Qué actividades podemos proponerles para modificar hábitos o pautas de conducta inadecuadas con relación a la higiene de los alimentos?



ROSA Pues tenemos que trabajar con actitudes y considerar que en esto intervinen aspectos cognitivos, afectivos y conductuales.

ABEL De acuerdo, nuestro objetivo es que interioricen normas de educación para mantener su salud. Es fundamental que nuestra táctica sea utilizar métodos participativos que los conduzcan a reflexionar, que los impliquen en las medidas a tomar y, además, los comprometan con ellas.

ALINA Propongo un título y una actividad:

Debatir el planteamiento siguiente: Los alimentos que ingerimos nos pueden ser útiles y, a la vez, perjudiciales.



ROSA Planteas una situación problemática que exige un debate inicial. Con el nivel de conocimientos que poseen, pueden responder algo sobre el por qué nos son útiles, y referirse, entre otras cosas, a que existen alimentos, como las setas venenosas, que provocan la muerte en las personas que las ingieren, al confundirlas con otras que no lo son. También, seguramente, expondrán experiencias cercanas, referidas a reacciones alérgicas provocadas en algunas personas por alimentos que resultan inocuos para otras.

ABEL Las causas pueden ser muy variadas, pero creo que debemos focalizarlas a las determinadas por la contaminación de los alimentos.

ALINA A eso iba. Después de esta actividad de motivación y sondeo inicial, podemos pedirles:

Buscar información relacionada con las causas que provocan la contaminación de los alimentos.



ROSA En su indagación conocerán cuáles son los agentes, generalmente invisibles: virus, bacterias u otros microorganismos patógenos, al igual que huevos o formas larvales de vermes parásitos.

ABEL Entre ellos no podrán dejar de mencionar a *las salmonelas*, que provocan un estado febril con vómitos y diarreas que en niños y ancianos pueden determinar un gran deterioro orgánico.

ALINA Conocerán que las vías de contaminación de los alimentos con estas bacterias son variadas, ya que pueden proceder del intestino de personas o animales enfermos y también de portadores sanos...

ROSA Si el alimento contaminado está mal cocido, es decir, a temperaturas menores de 60 °C y si posteriormente se mantiene a más de 4 °C, las bacterias proliferan y si es ingerido, aparecerán los síntomas de enfermedad de 6 a 36 horas después.

ABEL Otras bacterias causantes de enfermedades digestivas son *los estafilococos* abundantes en la nariz, garganta y hasta en cortaduras y arañazos...

ALINA Está claro que comprenderán que el papel de las manos en la contaminación de los alimentos con estos microorganismos es fundamental si antes han tocado la nariz o heridas...

- ROSA** Tienes razón y hasta conocerán que la enfermedad que producen es conocida como "la intoxicación de las fiestas y banquetes", puesto que evoluciona tan rápidamente que antes que los invitados se retiren, empiezan a sufrir sus consecuencias. Por suerte la curación también suele ser rápida.
- ABEL** Seguro que al indagar acerca de los *clostridios*, se horrorizarán al conocer las consecuencias del *botulismo*, enfermedad producida por un tipo de ellos: el *Clostridium botulinum*, microorganismo frecuente en el suelo y el polvo, que prolifera en ausencia de dioxígeno.
- ALINA** Esto último les hará entender el por qué son los alimentos conservados en envases cerrados los que más peligran de su contaminación...
- ABEL** Bueno, entre esos los contaminados son aquellos que se conservan en el hogar o artesanalmente, porque pueden estar mal esterilizados.
- ROSA** ¡Un momento! También pueden proliferar en las zonas más internas de jamones y embutidos donde no llegan bien los conservantes. ¡Mucho cuidado con el color verde que tienen algunos jamones junto al hueso!
- ALINA** Les decía hace un momento que los estudiantes se horrorizarán pues conocerán cómo la toxina que producen puede ocasionar parálisis respiratorias conduciendo a la muerte a un porcentaje elevado de los enfermos.
- ABEL** Comprenderán que muchos son "cosmopolitas", aunque sus prejuicios inciden más en grupos sociales que viven en condiciones insalubres, en los llamados "barrios miseria".
- ALINA** Sí, ahí donde el hacinamiento, la falta de drenajes apropiados para las aguas albañales y la acumulación de desperdicios, entre otras, constituyen condiciones propicias para el desarrollo de vectores.
- ROSA** Es por esto que en los llamados países del tercer mundo, en los que buena parte de la población carece de recursos para vivir adecuadamente, la incidencia de las enfermedades causadas por virus y microorganismos provoca epidemias, como la del cólera y la leptospirosis en algunas regiones de América y África, entre otras.
- ALINA** Donde también muchos habitantes sufren enfermedades provocadas por vermes parásitos...
- ABEL** Ahora que hablamos de suciedades, acumulación de desperdicios, pensaba que entre las ideas alternativas de muchas personas, se encuentra la

de la *generación espontánea* de gusanos, moscas y otros animales, a partir de esas inmundicias...

ROSA Se conoce que fue Aristóteles (1626-1689) quien primeramente las plasmó en su obra *Metafísica*.

ALINA ¡Y que perduran muchos siglos después! A pesar de que Francisco Redi (1626-1689) y posteriormente Louis Pasteur (1822-1895) demostraron la invalidez de estas ideas.

ABEL Pudiéramos indagar qué piensan los estudiantes al respecto, al pedirles:

Analicen la afirmación siguiente: Muchos gusanos y moscas nacen de los excrementos, animales muertos y alimentos en descomposición.



ROSA De seguro en sus puestas en común un buen grupo estará de acuerdo con la situación planteada, y para que contrasten sus ideas, podemos proponerles que:

Conciban y realicen algunos experimentos para contrastar si los gusanos o moscas nacen espontáneamente de los excrementos, o si, por el contrario, aparecen porque otras moscas han puesto allí sus huevos.



ALINA Desde luego que “vista hace fé”, decía mi abuela; en síntesis en sus indagaciones y conjeturas llegarán a experimentos similares a los realizados por Redi, es decir, a introducir pedazos de pescado u otras carnes en dos frascos, dejando uno destapado y cubriendo el otro con una malla muy tupida...

ABEL Seguramente después decidirán observarla durante varios días y al fin, comprobarán por ellos mismos que las ideas de la generación espontánea son falsas.

ALINA Aunque Redi pudo refutarlas sólo en la materia orgánica putrefacta, fueron muchos los científicos que apoyaron sus hipótesis, probadas con métodos experimentales.

ROSA Sin embargo, aunque resulte contradictorio, un avance tecnológico, el microscopio óptico, posibilitó un “paso atrás” en esta cuestión, ya que

con este instrumento se podían observar “seres diminutos”, incluso en las carnes donde no se “formaban” gusanos...

ALINA Claro, volvían a tomar fuerza los partidarios de la generación espontánea...

ABEL ...Hasta que Pasteur demostró experimentalmente la contaminación bacteriana de los alimentos.

ROSA Efectivamente, estos experimentos fueron pruebas concluyentes que invalidaron definitivamente las ideas acerca de la generación espontánea.

ABEL Unas veces por falta de desarrollo y otras, como secuela de éste. Me refiero a las sustancias que Rachel Carson llamó “biocidas”, plaguicidas capaces de exterminar todo lo vivo que son utilizadas de forma indiscriminada. En su libro *Primavera silenciosa*, se ofrecen datos terribles acerca de la contaminación de los alimentos con estas sustancias y sus consecuencias letales.

ALINA A propósito, actualmente existen serios enfrentamientos entre algunos gobiernos europeos debido a la llamada “enfermedad de las vacas locas” o *encefalopatía espongiforme bovina*, cuyo origen se considera que está en la alimentación del ganado vacuno con piensos, entre cuyos componentes están las vísceras de ovejas, portadoras de esta enfermedad.

ABEL Pues sí que es terrible, ya que se ha comprobado que el humano, al consumir carnes de animales enfermos, puede contagiarse.

ROSA Ahora son las “vacas locas”, pero también el tratamiento de animales con hormonas que aceleran su crecimiento y engorde provocan investigaciones profundas, ya que pueden ocasionar trastornos a quienes las consumen.

ABEL He leído que aunque en algunos países se prohíbe el uso de estas hormonas; sin embargo, los grandes consorcios, dedicados a la cría de aves y ganado, se burlan de esas leyes y, sobre todo, no les interesa la salud de sus usuarios, pues con estos productos la rentabilidad de sus negocios aumenta hasta en un 20%.

ROSA ¿Y qué me dices de la comercialización de las “plantas transgénicas”, plantas modificadas genéticamente de las que todavía, en buena medida, se desconocen sus posibles efectos sobre la salud (alergias, etc.) y sobre el medio ambiente?

ALINA Podríamos seguir hablando de estas cuestiones, que en este caso son también consecuencia de la sociedad de consumo. Pero volvamos a la actividad propuesta.

ROSA Me gusta que los diferentes equipos preparen dibujos, caricaturas, busquen artículos en periódicos o revistas, requieran datos estadísticos con especialistas y expongan sus conclusiones acerca del tema de la contaminación de los alimentos, de manera muy ilustrada, para después hacer un debate y puesta en común.

ABEL Perfecto, porque al estar imbuidos en el tema, al enfrentarse a esa serie de datos, fotos y dibujos, el ambiente de la clase propicia la actividad siguiente, que es precisamente lo que implica determinación de actitudes:

Exponer qué acciones se pueden desarrollar para evitar la contaminación de los alimentos.



ALINA Tal como dices, Abel, estarán preparados cognitivamente y psicológicamente. La clase es un hervidero de mentes pensantes que hasta puede constituirse en un sólo equipo que expone medidas y las fundamenta. Ahora bien, para que tengan un sentido de declaración final, esas medidas deben ser aprobadas por consenso y, si es así, escritas en el pizarrón y recogidas en un acta por un secretario que designen para ello.

ROSA Supongo que todas las medidas que proponen pueden resumirse en tres grandes grupos:

- Las que evitan que los microorganismos y otros agentes de enfermedades lleguen a los alimentos.
- Las que evitan que los microorganismos se reproduzcan en los alimentos y que estos se degraden, y por último,
- Las que evitan que los microorganismos, sus toxinas activas y otros agentes de enfermedades lleguen a nuestro organismo.

ABEL Así entre las medidas relacionadas con el primer grupo no faltarán las que hablen de la higiene personal, como son entre otras, el lavado frecuente de las manos y limpieza de las uñas, después de usar el retrete o cuando nos hemos rascado o tocado el suelo, o cuando tenemos contacto con animales de compañía que transmiten parásitos,...

ALINA También entre ellas estará la higiene de la cocina, sus instrumentos y sus utensilios. Por ejemplo, dirán la importancia de fregar muy bien los ins-

trumentos y recipientes que tengan contacto con los alimentos así como no guardar en el refrigerador carnes o pescados junto con frutas y hortalizas.

ROSA Para evitar que los microorganismos se reproduzcan en los alimentos de seguro informarán sobre la importancia de la refrigeración de éstos, tanto casera como industrial...

ABEL Es que en la actualidad la congelación de alimentos ha posibilitado un gran salto de calidad en su conservación, al mantener su valor nutritivo. Por ejemplo, se ha demostrado que las bajas temperaturas detienen la degradación proteica provocada por bacterias, al impedir la alteración de su contenido aminoacídico.

ALINA Yo leí que también la oxidación de las grasas se hace muy lenta y que los carbohidratos, vitaminas y sales minerales se mantienen casi intactas cuando son congelados.

ROSA Estoy de acuerdo, las técnicas de congelación y refrigeración revolucionaron el campo de los alimentos en el segundo tercio de este siglo. No obstante los estudiantes indagarán en las medidas higiénicas tendentes al manejo de éstos; por ejemplo, mencionarán que los alimentos, tanto crudos como cocinados, deben mantenerse a una temperatura de 4 °C y no dejarlo por mucho tiempo a temperatura ambiente.

ABEL También les resultará interesante conocer que el frío no destruye los microorganismos ni a sus toxinas, sino que impide su proliferación por lo que sólo deben descongelarse los alimentos que se van a consumir.

ALINA De los dos grupos o barreras anteriores pueden analizar muchas otras medidas, así como las que se corresponden con el tercer grupo. Una importantísima es utilizar el agua clorada, tanto para beber como para lavar frutas y verduras.

ROSA En este caso también se referirán a la leche que, aunque esterilizada, debe hervirse antes de tomarse, si el frasco se abrió con antelación.

ABEL ¿Qué mejor caldo de cultivo para los microbios que las mayonesas y otras salsas mal conservadas? También lo son las carnes, pescados, huevos o mariscos mal cocinados o crudos.

ALINA Estoy segura que insistirán en recomendar que al consumir alimentos cocinados con anterioridad, deben servirse fríos si estaban en refrigeración, pero si los prefieren calientes, han de hervirlos nuevamente.

ROSA Son muchas las medidas de higiene que expondrán y es una buena idea, para hacerlas más gráficas, indicarles que hagan dibujos.

ABEL También pueden escribir pequeñas piezas teatrales y representarlas en un teatro-debate posterior.

ALINA ¡Colegas! Aunque no agotadas las temáticas y las actividades con relación a los alimentos y su digestión, creo que al seguir el hilo conductor que nos muestra este esquema (figura 1), podemos considerar:

*¿Cómo tratar el transporte? ¿Qué contenidos seleccionar?
¿Qué actividades proponer a los estudiantes que los conduzcan a construir conocimientos relacionados con esto?*



4. DEL INTESTINO HASTA CADA CÉLULA DEL ORGANISMO

ROSA Son muchas las temáticas y los contenidos, pero entre ellos busquemos aquellos que les posibiliten conocer cómo las sustancias asimiladas son conducidas hasta todas las células de nuestro organismo.

ABEL Tienes razón; hablar de transporte implica considerar al sistema circulatorio y a la sangre.

ALINA El primero, como vía, y la sangre, como medio, son los componentes necesarios en la llamada circulación sanguínea que, en el ser humano, se inicia en el cuarto mes de vida fetal y termina sólo con la muerte.

ROSA ¡Esa es la temática a tratar! Podemos indagar qué conocen los estudiantes al respecto, pidiéndoles:

Analizar la afirmación siguiente: Si la circulación sanguínea se detiene, el organismo muere.



ABEL En sus debates mencionarán al corazón, como bomba impulsora de la sangre, líquido que circula por los vasos sanguíneos, retornando a aquél. Son conocimientos construidos en grados anteriores, es decir, contamos con ellos como prerrequisitos.

ALINA Así es y ahora, como algo nuevo, vincularán esos conocimientos con el transporte de los productos finales de los nutrientes que quedaron en el

intestino "en espera de cumplir su función" en el organismo. ¡Desde luego!

ROSA Seguidamente podemos invitarlos a:

Expresar, en dibujos, cómo imaginan el paso de las sustancias nutritivas de la sangre a las células.

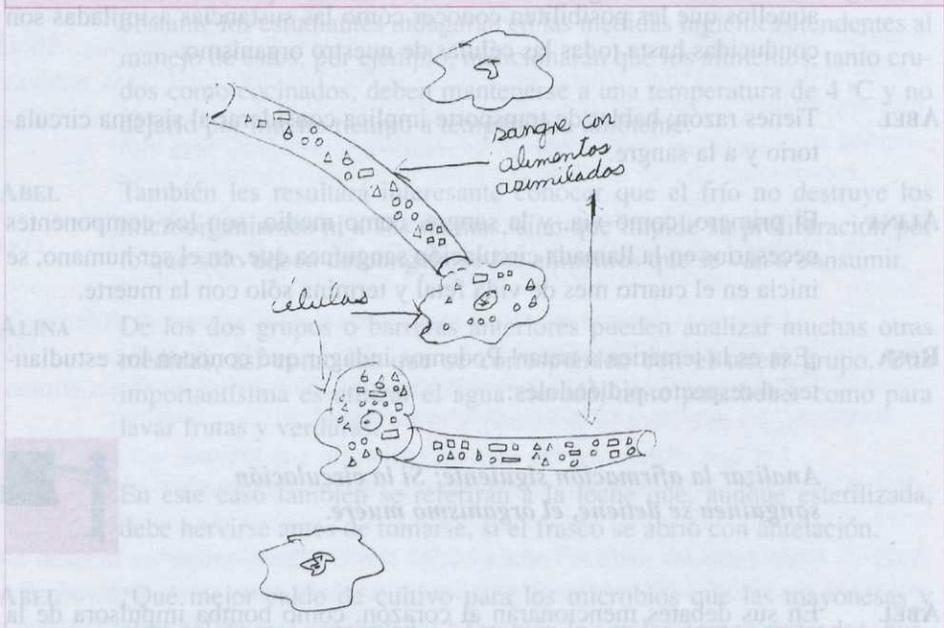


ABEL ¡Tremendo conflicto! Muéstrame alguno de esos dibujos.

ROSA Aquí están. Como verán, aunque difieren en diseño, todos tienen algo en común: un tubo que vierte en las células productos finales (representados por figuras geométricas).

FIGURA 9

REPRESENTACIÓN DE CÓMO LOS ESTUDIANTES IMAGINAN EL PASO DE LAS SUSTANCIAS NUTRITIVAS DE LA SANGRE A LA CÉLULAS



ALINA De ellos se desprende, como algo importante, el carácter microscópico que dan a los vasos que llegan a las células. Sin embargo, la idea de circuito continuo y cerrado del sistema circulatorio humano se pierde en esos dibujos.

ABEL No creas que sólo ocurre a nuestros estudiantes; la escuela tradicional muestra al sistema circulatorio de forma parcelada, al dar una visión inconexa del corazón, las arterias, las venas y los capilares sanguíneos.

ROSA Apoyo tu idea. Aunque existan marcadas diferencias histológicas y fisiológicas, entre otras, el sistema circulatorio es como una larga tubería que en uno de sus tramos se ensancha con posibilidades pulsátiles, ramificándose en dos, cuatro, cientos, miles y millones de vasos que, al aumentar en número, disminuyen en diámetro.

ALINA Según he leído, el ser humano tiene aproximadamente 10 000 millones de capilares sanguíneos, de manera que ninguna célula funcional del organismo se encuentra a más de 20 ó 30 micras de uno de ellos.

ROSA ...Y es en esos microscópicos y aparentemente insignificantes tubitos, que ocurre el intercambio de sustancias entre la sangre y los tejidos. A la vez, ellos confluyen, originando afluentes de mayor diámetro que, al unirse, forman otros mayores y de menor número, hasta cerrar el circuito.

ABEL Sin pretensiones de justificar a los autores de los textos escolares actuales, debemos recordar que ni Galeno (129?-199), ni tampoco el perseguido Vesalio (1514-1564), quien con sus descripciones produjo un viraje en las concepciones anatómicas de su época, mencionaron en sus obras el término *circulación sanguínea*...

ROSA A propósito, la historia de Andreas Vesalio nos narra cómo este científico fue perseguido y hasta condenado a muerte por la Santa Inquisición, aunque por suerte para la humanidad esta pena se conmutó.

ABEL Vesalio constituye un ejemplo de cómo la ciencia muchas veces juega un papel revolucionario y que en repetidas oportunidades, en la historia de la sociedad humana los científicos han pagado su "propuesta de cambios" con la vida.

ALINA Tienes razón, continuemos la idea; leí que Miguel Servet (1511-1553) es quien primero describe el "circuito" pulmonar; recordemos además que Servet fue condenado por hereje por los calvinistas y que murió en la hoguera: un caso más de intolerancia y de actitud dogmática por parte de las autoridades.

ROSA Sin lugar a dudas, la historia lo manifiesta así, y también que fue William Harvey (1578-1657) quien expuso en forma correcta las características de la circulación sanguínea, dando inicio a una nueva era que marcó el final de la medicina escolástica y el comienzo de la medicina científica.

ALINA La teoría de Harvey que establece la relación entre el corazón y los vasos sanguíneos, así como los dos circuitos circulatorios, fue completada por Marcello Malpighi (1628-1694).

ROSA Es cierto y lo hizo gracias a un aporte tecnológico: el microscopio óptico. Con él pudo descubrir la circulación capilar de manera que añadió al modelo de Harvey de los circuitos en la circulación sanguínea humana (general y pulmonar), la característica de ser cerrada.

ABEL Creo que es importante analizar con los estudiantes estos aspectos y, además, mostrarles esquemas que representen las características de la circulación doble y cerrada, así como el intercambio de sustancias.

ALINA A propósito: después de enfrentarlos nuevamente con elementos conocidos de la circulación sanguínea y acercarlos a un nuevo conocimiento -el mecanismo del transporte de sustancias, en este caso productos finales de los alimentos, hasta las células-, es conveniente conocer sus ideas con relación a la función del dióxígeno en nuestro organismo.

ROSA Desde luego; si pretendemos profundizar un poco en sus conocimientos acerca de las funciones nutricionales, no podemos prescindir de esta fase. Sugiero pedirles:

Exponer sus ideas acerca de la importancia del dióxígeno para la vida del organismo humano.



ALINA Todos conocen que la falta de dióxígeno en el organismo provoca la muerte, aunque no pueden explicar el porqué.

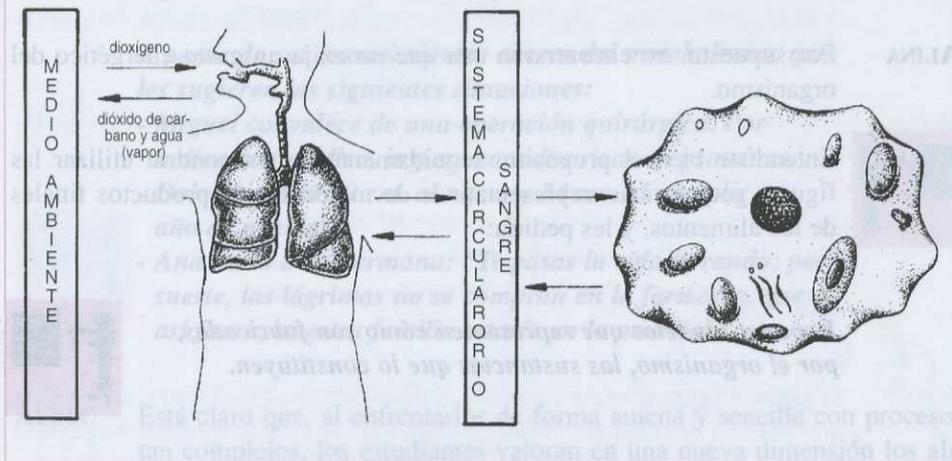
ABEL Considero que la observación y análisis de este esquema (figura 10), pueda ayudarles a comprenderlo.

ALINA Desde luego, pero con mucho apoyo por parte nuestra, al recordarles la función energética de los nutrientes y cómo en ellos se encuentra "almacenada" energía química, la cual sólo se libera ante la presencia del dióxígeno, y que a este proceso, que ocurre en las células, se le llama *respiración*.

ROSA Además, les explicaremos cómo en esa reacción metabólica, sumamente compleja, las moléculas de los nutrientes que intervienen se hacen cada vez más simples, es decir, se degradan.

FIGURA 10

ESQUEMA DE LA RESPIRACIÓN



ALINA Trataremos de conocer hasta dónde los estudiantes lo comprenden, al proponerles:

Expresar con un dibujo cómo consideran que ocurre la respiración.



ROSA Muchos van a dibujar moléculas que al “quemarse” desprenden energía.

ALINA Así es, debemos explicarles, sin nombrarlos, algunos aspectos de la respiración aerobia, fundamentalmente que si en estas reacciones el dioxígeno no está presente, no se posibilita la degradación total de las moléculas orgánicas.

ROSA Anjá, y que es tan poca la energía liberada que el organismo no puede realizar numerosas funciones vitales y, por tanto, muere.

ALINA Podemos sugerirles que inventen o fabriquen un símbolo para indicar la energía liberada.

ABEL Una manera amena de aplicar este contenido es plantearles:

Mencionar diferentes actividades cotidianas y analizar si requieren energía en su realización.



ALINA Por supuesto, no encontrarán una que no exija un gasto energético del organismo.

ROSA Entendiste bien el propósito; seguidamente les propondría utilizar las figuras geométricas, representativas de moléculas de productos finales de los alimentos, y les pediría:

Exponer modelos que representen cómo son fabricadas, por el organismo, las sustancias que lo constituyen.



ALINA Es de suponer que conformarán nuevamente una molécula compleja en el interior de una célula, al ensamblar moléculas simples e indicarán consumo de energía. Pero ¡cuidado!, debemos estar alertas y si representan exactamente las supuestas del filete de pescado o las del huevo, les informaremos de la especificidad de ellos en cada especie y hasta la diversidad de moléculas en un mismo organismo.

ABEL Es el momento para que comprendan cómo las complejas moléculas constitutivas de los alimentos, al degradarse en productos finales, posibilitan a cada organismo transformar lo “extraño” en “propio”, es decir, no por comer carne de pescado o de res, nos saldrán escamas o la piel característica del ganado vacuno. Además les informaremos de que a esta reacción metabólica se le llama *síntesis celular*.

ROSA Como comentábamos al analizar la introducción del bloque, éste cierra el ciclo de conocimientos biológicos por ser la continuación, algo más pormenorizada, del estudio de los seres vivos. Al seguir su hilo conductor, los estudiantes se acercan, en un nivel precientífico, a otro peldaño en su conocimiento: incursionan, ahora, en el nivel molecular, donde también pueden reconocer la unidad y la diversidad de lo vivo.

ALINA Así es, pueden llegar a conocer su identidad molecular, al comprender que todos los organismos presentan, en su composición química, similares moléculas simples y, por otra parte, iniciarán la comprensión de cómo la relación entre esas moléculas, al estructurar a otras más complejas, determina su diversidad.

ROSA Bien, colegas, terminemos con nuestras disquisiciones. Los llevamos al mundo de la imaginación al hacerlos “degradar y construir moléculas”, ahora me gustaría que aplicaran esto a cuestiones si no más objetivas, por lo menos más cotidianas, al sugerirles:

A partir de sus conocimientos acerca del metabolismo, qué les sugieren las siguientes situaciones:

- *Miguel convalece de una operación quirúrgica. Por indicación médica, ingiere comidas ricas en proteínas.*
- *Dolores midió 50 cm. al nacer y 74 cm. al cumplir un año de nacida.*
- *Ana decía a su hermana: “Te pasas la vida llorando; por suerte, las lágrimas no se compran en la farmacia, que si así fuera, nuestra familia estaría en la miseria”.*



ALINA Está claro que, al enfrentarlos de forma amena y sencilla con procesos tan complejos, los estudiantes valoran en una nueva dimensión los alimentos. No hay “magia” al pensar que de los guisantes, la leche o el pollo asado que ingieren, se forman sus lágrimas, su saliva o que se transforman en nuevas células y se expresan en su crecimiento corporal o en la sustitución de los tejidos lesionados por un rasguño o una operación quirúrgica.

ABEL Y comprenderán que esto también ocurre en el gato, el perro, en las plantas que adornan los parques y ¿por qué no?... hasta en los microorganismos. No importa que desconozcan sus complejas reacciones químicas, pues para ellos la tan repetida frase de muchos textos escolares: ...”el metabolismo es una propiedad inherente a toda la materia viva”... se transformó en un conocimiento significativo y, por tanto, útil.

ALINA Desde luego. Pero hagámosles pensar un poco más, para que apliquen estos conocimientos precientíficos en aspectos de la vida cotidiana. Me gustaría invitarlos a:

Conjeturar por qué, para que disminuya el peso corporal, el médico indica una dieta pobre en carbohidratos y lípidos.



ROSA Es justo aclarar que el exceso en el consumo de proteínas también contribuye al aumento del peso corporal, aunque en general la grasa corporal se sintetiza a partir de carbohidratos y lípidos.

ABEL Muy bueno que conozcan cómo los productos finales de los alimentos energéticos no “quemados” son utilizados en la síntesis de grasa corporal, que se almacena en el tejido adiposo y, que al disminuir su consumo, esa reserva energética, esa grasa corporal, es utilizada en procesos de degradación celular, asegurando la energía requerida en las funciones vitales. Por ende, el peso corporal disminuye.

ALINA Por último, y para terminar las actividades de esta temática, les pediría:

Analizar el planteamiento siguiente: El ser humano puede vivir algunos días sin ingerir alimentos, pero sólo unos minutos sin tomar dioxígeno del medio ambiente.

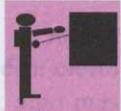


ROSA Si conocen que siempre tenemos algunas reservas nutritivas, moléculas que pueden degradarse, comprenderán que la vida sin ingerir alimentos puede conservarse por muchos días, pero al conocer la función imprescindible del dioxígeno en la degradación total de las moléculas energéticas, entenderán que, sin ése, la vida acaba en unos minutos, ya que en el organismo no tenemos reserva del mismo.

ABEL Según el esquema (figura 1), estimado como muestra gráfica de nuestro hilo conductor, “llevamos las sustancias” tomadas del medio ambiente hasta su utilización en el metabolismo; ahora sólo nos resta acercarlos ligeramente a la función excretora.

ALINA Qué les parece si les indicamos:

Expongan conjeturas al analizar la tabla que expresa el % de concentración de los gases fundamentales en el aire inspirado y en el aire espirado



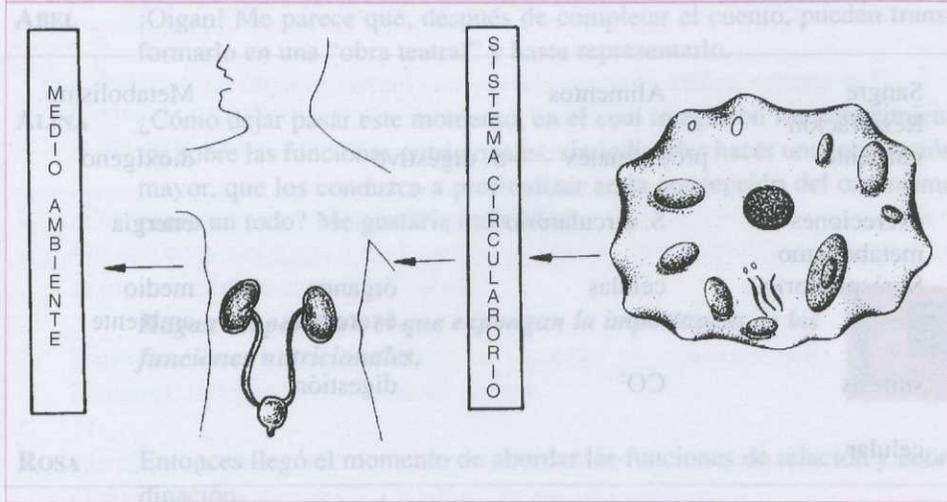
GASES	AIRE INSPIRADO (%)	AIRE ESPIRADO (%)
O ₂	20.84	13.6
CO ₂	0.04	5.3

ROSA Muy bien. Les resultarán muy significativas las diferencias de concentración de ambos gases y, en sus conjeturas, muchos considerarán que el organismo “fabrica” dióxido de carbono.

ALINA Momento indicado para mostrarles este esquema. (Fig. 11)

FIGURA 11

ESQUEMA DEL SISTEMA URINARIO



ABEL Esa es la cuestión, que conozcan cómo las sustancias de excreción se forman como subproductos de los procesos metabólicos y que, de quedarse en el organismo por alguna disfunción orgánica, pueden ocasionar graves trastornos.

ALINA Podemos mencionarles, entre otras: la urea, la creatinina, expulsadas fundamentalmente por la orina, así como la bilirrubina, que sale al exterior en las heces fecales.

ROSA A propósito, muchos estudiantes confunden a las heces fecales con excreciones. Podemos hacerles pensar que:

Analicen la afirmación siguiente: “Las heces fecales no son productos de la excreción, aunque tienen algunas sustancias que sí lo son”.



ABEL Colegas, creo que estamos en el momento propicio de iniciar el cierre de estas temáticas.

ALINA Aquí tengo una actividad que puede recapitularlas porque implica la construcción de una red con palabras que, articuladas adecuadamente, resumen la importancia de las funciones nutricionales:

En el siguiente listado de palabras, confeccionar una red, al establecer todas las relaciones posibles entre ellas:



Sangre	Alimentos		Metabolismo
Respiración			
nutriente	prod. finales	S. digestivo	dioxígeno
excreciones	S. circulatorio		energía
metabolismo			
S. respiratorio	células	órganos excretores	medio ambiente
síntesis	CO ²	digestión	
celular			

ROSA Para que se mezclen creatividad, juego y aplicación de conocimientos, propongo esto:

Se encontró la parte intermedia de un cuento. Solicitamos a quienes puedan hacerlo que confeccionen el inicio y final.

...Ahora, las moléculas de la familia dioxígeno nadan en un río de color rojo. A lo lejos, divisaron varios grupos de moléculas que también nadaban en él. Tardaron algo en identificarlas. Al fin, un dioxígeno dijo:

- ¡Cuánto se transformaron! Son los productos finales de una pechuga de pollo y de un pan con mantequilla. ¡Vamos hacia ellas! Entonces, se acercaron a los productos finales en el preciso momento en que el cauce del río se hizo angosto y lento. Juntos observaron, muy cerca, unas cuantas islas, que se encontraban inmersas en un lago. ¡Qué les parece si vamos hacia ellas? dijo un



producto final. La decisión no se hizo esperar. Todos salieron del río, dejándose llevar por las aguas del lago que las condujo a las orillas de las diferentes islas. En ese trayecto, se tropezaron con unas moléculas de muy mal aspecto, que nadaban en sentido contrario. Un dioxígeno se atrevió a preguntarles por qué se iban y una de ellas le respondió con pocas ganas:

- Aunque nacimos en esas islas, nos echan, alegando que si nos quedamos en ellas, podemos destruirlas...

ABEL ¡Oigan! Me parece que, después de completar el cuento, pueden transformarlo en una “obra teatral” y hasta representarlo.

ALINA ¿Cómo dejar pasar este momento, en el cual integraron los conocimientos sobre las funciones nutricionales, sin indicarles hacer una integración mayor, que los conduzca a profundizar en la concepción del organismo como un todo? Me gustaría indicarles:

Hagan un panel en el que expongan la importancia de las funciones nutricionales.



ROSA Entonces llegó el momento de abordar las funciones de relación y coordinación.

ABEL Pero antes, creo que debemos tomarnos un descanso ¿Qué les parece?

ROSA y

ALINA: De acuerdo.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 3

1. ¿Qué estrategia se sigue en el tratamiento de la estructura y el funcionamiento del sistema digestivo?
2. ¿Qué características del sistema osteomioarticular se destacan en estos apartados?

3. Mencione los grupos o barreras externas para evitar las toxiinfecciones.
4. ¿Qué aspectos de los alimentos son abordados en estos subapartados? ¿Qué estrategias se utilizan para ello?
5. ¿Qué estrategia se utilizan para tratar el metabolismo celular?
6. ¿Por qué decimos que al profundizar algo en el conocimiento del metabolismo podemos comprender la unidad y la diversidad de lo vivo en el nivel molecular?
7. ¿Qué aportes realizó William Harvey en el conocimiento de la circulación humana?



Rosa y
Entonces llegó el momento de abordar las funciones de relación y coordinación.

Rosa y
Pero antes crea que debemos tomar un descanso. ¿Qué les parecería proponer estos días?

Rosa y
Se encontró De acuerdo. orens un de biblioteca y era el único que pudiera hacerlos que el inicio y final.

Ahora, las moléculas de la familia dióxido nizan en un río de color rojo. A lo lejos, divisaron varios grupos de copulas que también estaban nizan en un río de color rojo.

PAUSA DE RECREACIÓN

1. ¿Qué estrategia se sigue en el tratamiento de la estructura y el funcionamiento del sistema digestivo?
2. ¿Qué características del sistema digestivo se destacan en estos apartados?

Un día estaba iracundo como si estuviera en un lago.

III. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. Mencione características que hacen al ser humano excepcionalmente diferente del resto de los animales.
2. ¿Por qué puede decirse que las características de la actividad nerviosa superior son comunes a todos los humanos y, a la vez determinadoras de un aspecto importantísimo de su diversidad?
3. Exponga razones que justifiquen la igualdad en potencialidades entre los humanos, independientemente de su raza.
4. Justifique la afirmación siguiente: “La selección natural junto con las migraciones han sido factores unificadores de nuestra especie”.
5. Establezca la diferencia entre alimento y nutriente.
6. Analice la figura 5 de esta unidad didáctica y posteriormente confeccione una “rueda de los alimentos”, ubicando en cada sector los alimentos más representativos de la cultura alimentaria de su país.
7. Después de consultar la figura 6 de esta unidad didáctica elabore el menú de un día para diferentes personas de su familia.
8. ¿A qué se le llama “constantes digestivas” en esta unidad didáctica?
9. ¿Qué argumentos se exponen para incluir entre las actividades para los estudiantes, la relacionada con la masticación y ensalivación de un pedazo de pan al que se le agregan unas gotas de lugol?
10. ¿Pueden ser las proteínas utilizadas por el organismo en la obtención de energía?

11. Exponga algunas de las medidas higiénicas que constituyen barreras externas en la prevención de las toxiinfecciones.
12. ¿Qué estrategias se proponen para posibilitar el cambio de las ideas que sobre la generación espontánea presentan algunos estudiantes?
13. ¿Qué estrategias se proponen seguir para que los estudiantes puedan modificar hábitos o pautas de conducta inadecuadas con relación a la higiene de los alimentos?
14. ¿Qué importancia tienen la congelación y refrigeración en la conservación de los alimentos?
15. ¿Por qué se considera importantísima la función de los capilares sanguíneos?
16. ¿Qué argumentos se exponen para aseverar que la frase de muchos textos escolares... “el metabolismo es una propiedad inherente a la materia viva”... se transformó en un conocimiento significativo para los estudiantes y, por tanto, útil?

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. Ver Introducción al bloque.
2. Ver Introducción al bloque.
3. Ver Introducción al bloque.
4. Ver Introducción al bloque.
5. Ver apartado 2.
6. Ver apartado 2 y consultar la figura 5.
7. Ver apartado 2 y consultar la figura 6.
8. Ver apartado 3 y consultar la figura 8.
9. Ver apartado 3.
10. Ver apartado 3.
11. Ver apartado 3.

- 12. Ver apartado 3.
- 13. Ver apartado 3.
- 14. Ver apartado 3.
- 15. Ver apartado 4.
- 16. Ver apartado 4.

IV. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

UNA PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA EL TRABAJO CON LOS ALUMNOS

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
I. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE «EL CUERPO HUMANO Y LA SALUD»	73
II. DESARROLLO DE LA UNIDAD	75
1. ¿Sabemos alimentarnos?	75
2. Antes de asimilados, los alimentos deben ser digeridos	78
3. Del intestino hasta cada célula del organismo	80

IV. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

UNA PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA EL TRABAJO CON LOS ALUMNOS

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
I. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE «EL CUERPO HUMANO Y LA SALUD»	73
II. DESARROLLO DE LA UNIDAD	75
1. ¿Sabemos alimentarnos?	75
2. Antes de asimilados, los alimentos deben ser digeridos	78
3. Del intestino hasta cada célula del organismo	80

A.2. Las personas somos iguales y diferentes a la vez.

A.3. Comparar los organismos de diversos vertebrados con el organismo humano (esqueletos, tamaño del cerebro, forma de locomoción, etc...)

A.4. Relacionar actividades que realizan los seres humanos y que otros organismos no pueden hacer.

Comentarios A.2-A.4. Estas actividades son comentadas en la introducción al bloque.

IV. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

UNA PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA EL TRABAJO CON LOS ALUMNOS

ÍNDICE

Pág.

73	I. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE «EL CUERPO HUMANO Y LA SALUD»
75	II. DESARROLLO DE LA UNIDAD
75	1. ¿Sabemos alimentarnos?
78	2. Antes de ser asimilados, los alimentos deben ser digeridos
80	3. Del intestino hasta cada célula del organismo

Aunque con características específicas, tales funciones son inherentes a todo organismo vivo. A.2. Colectar fotografías y recortes de revistas donde se observen personas con rasgos anatómicos muy diferentes y clasificarlos a partir de criterios que presenten similitud con el ser humano. A.14. Establecer semejanzas entre los organismos siguientes: una planta, una abeja, una araña, un caballo y un ser humano.

I. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DEL CUERPO HUMANO Y LA SALUD

La vida con sus características de unidad y diversidad, así como las interrelaciones entre los seres vivos y de éstos con el medio ambiente, fueron objeto de estudio en bloques anteriores. En éste, uno de sus representantes, capaz de transformar premeditadamente a la naturaleza, es su protagonista. El conocimiento del ser humano en sus dimensiones biológica y social es la razón de nuestro bloque.

Para que un programa de actividades cumpla sus objetivos de interesar y conducir a los estudiantes hacia la construcción de conocimientos, debe partir de la indagación en ellas y ellos de las cuestiones, en este caso del cuerpo humano y la salud, que desean conocer.

A.1. Expresar sus inquietudes acerca del cuerpo humano y la salud.

Comentarios A.1. A partir de esta actividad donde los estudiantes expresan numerosas interrogantes acerca de estructuras y funciones de nuestro cuerpo, así como la relacionada con problemas de salud y enfermedades, podemos reconsiderar, variar o mantener actividades previstas para el desarrollo de las temáticas propuestas.

De una situación problemática pueden derivarse numerosas actividades.

- A.2. Las personas somos iguales y diferentes a la vez.**
- A.3. Comparar los organismos de diversos vertebrados con el organismo humano (esqueletos, tamaño del cerebro, forma de locomoción, etc...).**
- A.4. Relacionar actividades que realizan los seres humanos y que otros organismos no pueden hacer.**

Comentarios A.2-A.4. Estas actividades son comentadas en la introducción al bloque.

Entre los rasgos diferenciales que presentan los humanos se encuentran las características raciales. No obstante ellas todos los representantes de *Homo sapiens sapiens* presentan similares potencialidades, es decir, presentan igualdad biológica.

A.5. Colectar fotografías y recortes de revistas donde se observen personas con rasgos anatómicos muy diferentes y clasifiquenlas a partir de criterios que presenten.

A.6. Conjeturar acerca de cuántos grupos bien definidos pueden confeccionar a partir de la actividad anterior.

A.7. Conjeturar acerca de si se puede hablar de que cada uno de los grupos formados constituye una raza.

A.8. Observar fotografías de hombres y mujeres ilustres con características raciales diferentes y alegar conclusiones sobre la relación de las razas con la grandeza de las personas.

A.9. Establecer conjeturas al analizar la situación siguiente: "Gabriel García Márquez, premio Nobel de Literatura, tiene mayor desarrollo intelectual que un determinado indio amazónico. ¿Esto implica que uno de ellos pertenezca a una raza superior a la del otro?"

A.10. Indagar acerca de las ventajas de la biodiversidad y, en especial de ésta en la especie humana.

A.11. Indagar acerca de la etimología de las palabras "xenofobia" y "racismo".

A.12. Busquen actitudes racistas que se produjeran a lo largo de la historia y también que se observan ahora en la vida cotidiana, y después debatan sobre ellas.

A.13. Montar exposiciones con composiciones que puedan titularse "¿Cómo puedo luchar contra la xenofobia y el racismo?"

Comentarios A.5-A.13. Pueden encontrarse en la introducción al bloque.

Determinadas las características que hacen a los humanos iguales y diferentes entre sí y al compararlos con otros organismos, se inicia una etapa de alguna profundización en las funciones de nutrición también tratadas someramente en otros bloques.

II. DESARROLLO DE LA UNIDAD “DEL MEDIO AMBIENTE A LA CÉLULA Y DE ÉSTA AL MEDIO AMBIENTE. FUNCIONES NUTRICIONALES”

Aunque con características específicas, tales funciones son inherentes a todo lo vivo.

A.14. Establecer semejanzas entre los organismos siguientes: una planta de maíz, una ameba, una seta, un caballo y un ser humano.

A.15. Analizar la afirmación siguiente: “Todos los organismos intercambian sustancias con el medio ambiente”.

Comentarios A.14 y A.15. La actividad **A.14** les conduce a reconsiderar las características esenciales de lo vivo, incluyendo al ser humano, mientras que en **A.15**, se les induce a focalizar en las funciones nutricionales.

Al estudiar los animales y las plantas, en el bloque III, los estudiantes se relacionaron con esas funciones que en este bloque y fundamentalmente, en esta unidad, se profundizarán.

A.16. Armar el “Rompecabezas de la nutrición”, al establecer el orden que consideren lógico.

Comentarios A.16. Esta actividad implica que los estudiantes, al armar el rompecabezas, expongan sus ideas acerca de cómo ocurre el intercambio de sustancias entre el organismo y el medio ambiente. En las páginas de este apartado se comenta con mayor amplitud.

Los alimentos son sustancias que seleccionamos y tomamos del medio ambiente, pero...

1. ¿SABEMOS ALIMENTARNOS?

A.17. ¿Qué tipo de nutrición presenta el ser humano?

A.18. Conjeturar qué debe hacer el niño representado en el dibujo (figura 2 de la unidad) para ingerir los alimentos deseados.

A.19. Mencionar qué estructuras consideran como posibilitadoras de esos movimientos.

A.20. Esquematizar cadenas de alimentación en las que incluyan al ser humano.

Comentarios A.17-A.20. Estas actividades implican la aplicación de conocimientos adquiridos en el estudio de los animales (A.17) vinculando la nutrición heterótrofa ingestiva con los movimientos de traslación y desplazamiento de miembros (A.18-A.19) imprescindibles para realizar ese tipo de nutrición. Por último, en A.20 se aplican conocimientos vinculados con el estudio de los ecosistemas.

A.21. *Establecer conjeturas con relación a la importancia de la alimentación.*

Comentarios A.21. Con esta actividad pretendemos hacer un diagnóstico de sus ideas previas acerca de la alimentación. En los diálogos de este apartado se pueden encontrar otros comentarios.

A.22. *Confeccionar un listado con los alimentos de su preferencia.*

A.23. *Indagar sobre el origen de cada uno de los alimentos del listado confeccionado.*

A.24. *Buscar información y establecer el significado de los vocablos alimento y nutriente, así como los distintos tipos de nutrientes que existen.*

A.25. *Establecer hipótesis acerca de las funciones de los nutrientes en el organismo.*

A.26. *Contrastar sus hipótesis al analizar la tabla representada en la (figura 5 de la unidad).*

A.27. *Indicar, teniendo en cuenta la tabla, los nutrientes predominantes en los alimentos de su preferencia.*

Comentarios A.22- A.27. Con la actividad A.22, pretendemos que los estudiantes se impliquen, a partir de sus gustos alimentarios, en el conocimiento del origen de los alimentos (A.23), en establecer la existencia y funciones de los nutrientes (A.24, A.25, A.26) y por último, en determinar cuáles son los nutrientes predominantes en ellos (A.27).

A.28. *Exponer conjeturas al analizar la afirmación siguiente: "Al igual que las carnes de vacunos y cerdos, también son ricas en proteínas, entre otras, las carnes de los perros y los cocodrilos, así como los saltamontes y las orugas".*

A.29. *Indagar acerca de los hábitos alimentarios de otros pueblos, y sobre los factores que los pueden haber determinado.*

A.30. *Proponer soluciones después de analizar el planteamiento siguiente: Un promedio de cuarenta mil niños mueren por inanición diariamente en nuestro planeta,*

mientras que en este mismo mundo existen excedentes en la producción de alimentos, como la leche y el trigo, que son destruidos para evitar su depreciación en los mercados.

Comentarios A.28-A.30. Son comentadas en los diálogos de este apartado.

Después de conocer las funciones de los nutrientes, se trata de que los estudiantes construyan conocimientos con relación a la importancia de la dieta balanceada, considerando si sus gustos alimentarios les posibilitan un estilo de vida saludable.

A.31. Considerar si se nutre adecuadamente una persona que sólo consume alimentos incluidos en uno de los sectores de la tabla. ¿Por qué?

A.32. Propongan ejemplos para mostrar que tanto la subalimentación como la sobrealimentación son perjudiciales a la salud.

Comentarios A.31-A.32. Con estas actividades pretendemos que consideren cómo en una dieta balanceada deben estar presentes todos los nutrientes (A.31) y, por otra parte, que comprendan los inconvenientes para un estilo de vida saludable de la escasez o excesos de alimentos en la dieta (A.32).

A.33. Manifestad vuestra opinión acerca de lo que se plantea, a partir de la lectura del relato que se reproduce a continuación:

“Ana Teresa y Jorge son estudiantes de 13 y 14 años. Hace cierto tiempo se inscribieron en equipos deportivos de la escuela. Ella, amante del ajedrez, lo hizo en este deporte, mientras que Jorge, a quien le encanta correr, lo hizo en atletismo. En días pasados, tan pronto como llegaron a la casa, dijeron a sus padres que iniciaban un fuerte entrenamiento, pues se avecinaba una competición entre escuelas. Al rato, la madre comentaba con el padre que, a partir de ese día, aumentaría el contenido calórico en las comidas de Jorge. “Estás equivocada, dijo el padre, aunque ella gastará algunas calorías menos, también debes pensar en las comidas de Ana Teresa”.

A.34. Incluir los alimentos preferidos en una tabla similar a la de la figura (figura 5 de la unidad) e intentar confeccionar con ellos una dieta balanceada.

A.35. Proponer alimentos para confeccionar el desayuno, el almuerzo y la comida de un día de la semana.

A.36. A partir del relato que aparece en la A.33 y utilizando las tablas (figuras 5 y 6 de la unidad):

- a) *Determinar la cantidad aproximada de kilocalorías necesitadas por Ana Teresa y Jorge, para resolver sus requerimientos orgánicos en un día.*
- b) *Proponer para cada uno de ellos el menú de una comida que cumpla los requerimientos de una dieta balanceada.*
- c) *¿Qué cantidad de cada uno de los alimentos propuestos necesitan ingerir para obtener las kilocalorías necesarias?*
- d) *Repetir las actividades de los epígrafes anteriores al sustituir a Jorge y Ana Teresa por tus padres, tus abuelos o tus hermanos.*

Comentarios A.33-A.36 Son comentadas en los diálogos de este apartado.

Después de ingeridos, los alimentos son digeridos en el tubo digestivo.

2. ANTES DE ASIMILADOS, LOS ALIMENTOS DEBEN SER DIGERIDOS

A.37. *Dibujar el sistema digestivo y nombrar sus órganos.*

A.38. *Observar láminas del sistema digestivo.*

A.39. *Localizar los órganos digestivos en un modelo anatómico del cuerpo humano.*

A.40. *Exponer ideas acerca de dónde ocurre la digestión de los alimentos.*

Comentarios A.37-A.40. El objetivo de **A.37** es diagnosticar los conocimientos de los estudiantes sobre los órganos que constituyen el sistema digestivo. Posteriormente serán contrastados en **A.38** y localizados (**A.39**). Sus ideas previas acerca de la digestión serán expuestas en **A.40**. Estas actividades son comentadas en los diálogos de este apartado.

En general, los estudiantes consideran al estómago como el único órgano digestivo, donde los alimentos son digeridos; una actividad experimental puede hacerles recapacitar.

- A.41.**
 - a) *Partir una porción de pan y colocarlo, como testigo, sobre un vidrio reloj.*
 - b) *Tomar otra parte del pan y masticarla durante 2 ó 3 minutos.*
 - c) *Colocar el pan masticado y ensalivado en otro vidrio reloj.*
 - d) *Echar gotas de lugol sobre las dos porciones y observar.*
 - e) *Llegar a conclusiones al establecer conjeturas.*

A.42. *Escuchar una “pequeña conferencia” acerca de las “constantes digestivas”.*

Comentarios A.41 y A.42. Estas actividades son comentadas en los diálogos de este apartado y la A.42 puede llevarse a cabo a partir de la figura 9.

La degradación de los alimentos en el tubo digestivo puede ser comprendida por los estudiantes, a partir del juego.

A.43. *Construir figuras geométricas pequeñas, entre ellas, cuadrados, triángulos, círculos y rectángulos.*

A.44. *Conjeturar cómo ocurre la digestión de los alimentos ingeridos, desde la boca hasta el intestino, utilizando las figuras geométricas construidas, y teniendo en cuenta que el organismo tiene que construir sus propias proteínas.*

A.45. *Analizar si los productos finales de los nutrientes son expulsados al exterior al formar parte de las heces fecales.*

Comentarios A.43-A.45. Son comentadas en los diálogos de este apartado.

Las infecciones digestivas son provocadas, generalmente, por la ingestión de alimentos contaminados.

A.46. *Los alimentos que ingerimos nos pueden ser útiles y, a la vez, perjudiciales.*

A.47. *Buscar información relacionada con las causas que provocan la contaminación de los alimentos.*

A.48. *Buscar el significado de los términos “cólico”, “gastroenteritis” y “gastritis”.*

A.49. *Conciben y realicen algunos experimentos para contrastar si los gusanos o moscas nacen espontáneamente de los excrementos, o si, por el contrario, aparecen porque otras moscas han puesto allí sus huevos.*

A.50. *Exponer qué acciones se pueden desarrollar para evitar la contaminación de los alimentos.*

Comentarios A.46-A.50. Estas actividades son comentadas en los diálogos de este apartado.

Después de digeridos, los productos finales de los alimentos son transportados hacia todo el organismo.

3. DEL INTESTINO HASTA CADA CÉLULA DEL ORGANISMO

A.51. Analizar la afirmación siguiente: “Si la circulación sanguínea se detiene, el organismo muere”.

A.52. Expresar en dibujos cómo imaginan el paso de las sustancias nutritivas de la sangre a las células.

Comentarios A.51 y A.52. Son comentadas en los diálogos de este apartado.

La función del dióxígeno generalmente es desconocida por los estudiantes, sólo la comprenden al conocer los procesos de respiración.

A.53. Exponer ideas acerca de la importancia del dióxígeno para la vida del ser humano.

A.54. Expresar con un dibujo cómo consideran que ocurre la respiración celular.

A.55. Mencionar diferentes actividades cotidianas y analizar si requieren energía en su realización.

Comentarios A.53-A.55. Con estas actividades pretendemos indagar en sus ideas previas (A.53), matizar en los procesos metabólicos de respiración (A.54), para después analizar la importancia de este proceso y, por tanto, del dióxígeno para la vida humana (A.55).

A.56. Exponer modelos que representen cómo son fabricadas por el organismo las sustancias que lo constituyen.

A.57. Hacer conjeturas con relación a las siguientes situaciones:

- Miguel convalece de una operación quirúrgica. Por indicación médica ingiere comidas ricas en proteínas.

- Dolores midió 50 cm. al nacer y 74 cm. al cumplir un año de nacido.

- Ana decía a su hermana: “Te pasas la vida llorando; por suerte las lágrimas no se compran en la farmacia, que si así fuera, nuestra familia estuviera en la miseria”.

A.58. Conjeturar por qué, para que disminuya el peso corporal, el médico indica una dieta pobre en carbohidratos y lípidos.

A.59. Analizar el planteamiento siguiente: *El ser humano puede vivir algunos días sin ingerir alimentos, pero sólo unos minutos sin tomar dióxígeno del medio ambiente.*

Comentarios A.56-A.59. Estas actividades son comentadas en el subapartado 3. Podemos agregar que en **A.59**, los estudiantes pueden sintetizar la importancia de las sustancias que el organismo toma del medio ambiente con un nivel mayor de profundización.

La función excretora, consecuencia de la actividad metabólica, completa el estudio de las funciones nutritivas.

A.60. Analizar la tabla que expresa la concentración en % de los gases fundamentales contenidos en el aire inspirado y en el aire espirado, y exponer conjeturas.

A.61. Analicen la afirmación siguiente: *“las heces fecales no son productos de la excreción, aunque tienen algunas sustancias que sí lo son”.*

Comentarios A.60-A.61. Estas actividades son comentadas en el subapartado 3 de esta unidad.

La integración, generalización y aplicación de los conocimientos construidos a lo largo de este apartado, pueden lograrse a partir de las siguientes actividades.

A.62. Confeccionar una red, al establecer todas las relaciones posibles entre las palabras del siguiente listado. (Ver listado que aparece en la actividad correspondiente del subapartado 3)

A.63. Se encontró la parte intermedia de un cuento. Solicitamos a quienes puedan hacerlo, que confeccionen el principio y el final de éste.

A.64. Hacer un panel en que expongan la importancia de las funciones nutricionales.

Comentarios A.62-A.64. En el subapartado 3 se encuentran las palabras para relacionar en una red (**A.62**) al igual que la parte intermedia del cuento (**A.63**). Con la actividad **A.64**, pretendemos que los estudiantes retomen la figura 1 de esta unidad utilizada por vez primera en la actividad **A.16** y que al analizarla nuevamente, sus argumentos sean más profundos e integradores.

* Esta vinculación se estableció a partir de actividades tendentes a lograr en los estudiantes una concepción integradora de las características de unidades entre el humano y resto de los seres vivos.

- * En la organización de las actividades de los estudiantes se mantuvo como denominador común la concepción de investigación dirigida.
- * Sin embargo, estas actividades son variadas; unas plantean problemas, otras conducen a la elaboración de hipótesis y otras posibilitan la detección de preconcepciones.
- * Tienen una significación especial las actividades de síntesis, integración y aplicación de conocimientos; por ejemplo, las relacionadas con la observación de ilustraciones.

V. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS

NOTA: Recordemos que el objetivo de esta recapitulación es propiciar una lectura detenida de los principales aspectos didácticos tratados en la unidad y contribuir, así, a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

No se trata, claro está, de realizar una búsqueda exhaustiva de todos los contenidos didácticos (puesto que la mayoría de ellos aparecen explícita o implícitamente en casi todas las unidades didácticas), sino de recoger los más destacados en el desarrollo de la unidad.

Con el objeto de proporcionar una cierta retroalimentación a cada profesor, y ayudarle a constatar si ha prestado suficiente atención a los aspectos didácticos tratados, se incluye en este anexo una recapitulación al respecto.

* En la introducción de la unidad se prestó atención a la concepción preliminar de la tarea y al hilo conductor que articulará las diferentes actividades.

* También quedaron plasmados en ella los objetivos así como una propuesta de contenidos fundamentada.

* Se establecieron relaciones con otros bloques, fundamentalmente con el que trata a los seres vivos, al considerar que algunos contenidos tratados en ellos, por ejemplo, las funciones nutricionales, se retomaron y profundizaron al tratarlas en el ser humano.

* Esta vinculación se estableció a partir de actividades tendentes a lograr en los estudiantes una concepción integradora de las características de unidades entre el humano y resto de los seres vivos.

* En la organización de las actividades de los estudiantes se mantuvo como denominador común, la concepción de investigación dirigida.

* Sin embargo, estas actividades son variadas; unas plantean problemas, otras conducen a la elaboración de hipótesis y otras posibilitan la detección de preconcepciones.

* Tienen una significación especial las actividades de síntesis, integración y aplicación de conocimientos; por ejemplo, las relacionadas con la observación de ilustraciones representativas de la integración de funciones.

* Se le concedió una especial relevancia a las actividades tendentes a crear valoraciones con relación a las medidas para prevenir enfermedades ocasionadas por la ingestión de alimentos contaminados, así como aquellas que conducen a los estudiantes a escoger estilos de vida saludables.

* Debemos destacar las actividades programadas desarrolladoras de la imaginación, al construir pequeñas figuras geométricas así como de la confección de cuentos y redes de palabras.

VI. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

En esta unidad se abordan someramente temas relacionados con la evolución del hombre, las razas humanas y, con un mayor nivel de profundización, las relacionadas con las funciones nutricionales. Hemos relacionado algunos títulos que sugerimos pueden ser utilizados en la profundización de estos temas.

Evolución. Puede consultarse el título: *El origen del hombre*. Niésturg M.F. Editorial Mir. 1984.

Fisiología. Puede consultarse el título *Tratado de Fisiología Médica*. Guyton Arthur C. 6ta edición. Ediciones Revolucionarias. C. Habana. 1985.

Nutrición. Puede consultar el título *La alimentación, actividad del ser humano. Salud, consumo y solidaridad*. Olivares Jiménez, Engracia. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencias. Narcea. 1993.

Aspectos didácticos. El enfoque didáctico de esta unidad se basa en la concepción de la enseñanza como una investigación dirigida, orientada a lograr en los estudiantes un aprendizaje significativo, a partir de su participación directa en la construcción de los conocimientos. La *Unidad Introdutoria* de este curso de formación de profesores de Ciencias, resulta un material de imprescindible revisión para profundizar en la orientación didáctica de esta unidad.

Otros títulos adicionales cuya lectura resulta recomendable son:

- Furió C. et al. 1995. *Materiales Didácticas. Ciencias de la Naturaleza. Secundaria Obligatoria*. Madrid: MEC
- Grande Covian, F. 1983. *Alimentación y Nutrición*. Barcelona: Salvat. Colección "Temas Clave".
- Lewontin, R. 1984. *La diversidad humana*. Barcelona: Labor. Colección "Prensa Científica".

Materiales impresos del “Curso de Formación de Profesores de Ciencias” (FORCIENCIAS)

- Guía Didáctica
- Unidad Introdutoria

Bloque I. *Comprender y orientar los cambios de la materia*

- Unidad I.1. La energía: La invención de un concepto fructífero
- Unidad I.2. Cambios en la energía de los sistemas
- Unidad I.3. ¿Cómo se transmite la energía? Introducción al estudio de las ondas
- Unidad I.4. Usos de la energía: Papel de la energía en nuestras vidas
- Unidad I.5. Fuentes de energía: Problemas asociados a su obtención y uso

Bloque II. *Los sistemas ecológicos*

- Unidad II.1. Ecología: Todo está enlazado
- Unidad II.2. Población: Un nivel estructurante
- Unidad II.3. La Biosfera: El ecosistema mayor
- Unidad II.4. Ecología y sociedad: Integración para una gestión sustentable

Bloque III. *Seres vivos*

- Unidad III.1. Diversidad y unidad de los seres vivos
- Unidad III.2. De la célula a los organismos
- Unidad III.3. Necesidad de ordenar la diversidad
- Unidad III.4. El mundo vegetal
- Unidad III.5. El mundo animal

Bloque IV. *Propiedades y estructuras de la materia*

- Unidad IV.1. Aire, agua, tierra: Un modelo para la materia
- Unidad IV.2. Los materiales en la vida cotidiana: Sus propiedades y usos
- Unidad IV.3. Combustiones y corrosiones
- Unidad IV.4. Naturaleza eléctrica de la materia
- Unidad IV.5. Los ácidos y las bases: Sustancias contrapuestas

Bloque V. *Estudio de algunos sistemas materiales: La Tierra como medio físico de la Biosfera*

- Unidad V.1. La Tierra en el Universo. El Sistema Solar
- Unidad V.2. La Atmósfera y el aire
- Unidad V.3. La Hidrosfera
- Unidad V.4. La Litosfera. Rocas y minerales. Suelos

Bloque VI. *El cuerpo humano y la salud*

- Unidad VI.1. Del medio ambiente a la célula y de ésta al medio ambiente. Funciones nutricionales
- Unidad VI.2. La interrelación organismo - medio ambiente es coordinada y regulada. Las funciones de relación
- Unidad VI.3. La sexualidad y la reproducción humana
- Unidad VI.4. Hacia una sociedad saludable



Ministerio de Educación y Cultura de España

en coproducción con

Ministerio de Cultura y Educación (Argentina)

Ministerio de Educación (Cuba)

Ministerio de Educación / U.P.E.L. / U.C.V. / (Venezuela)

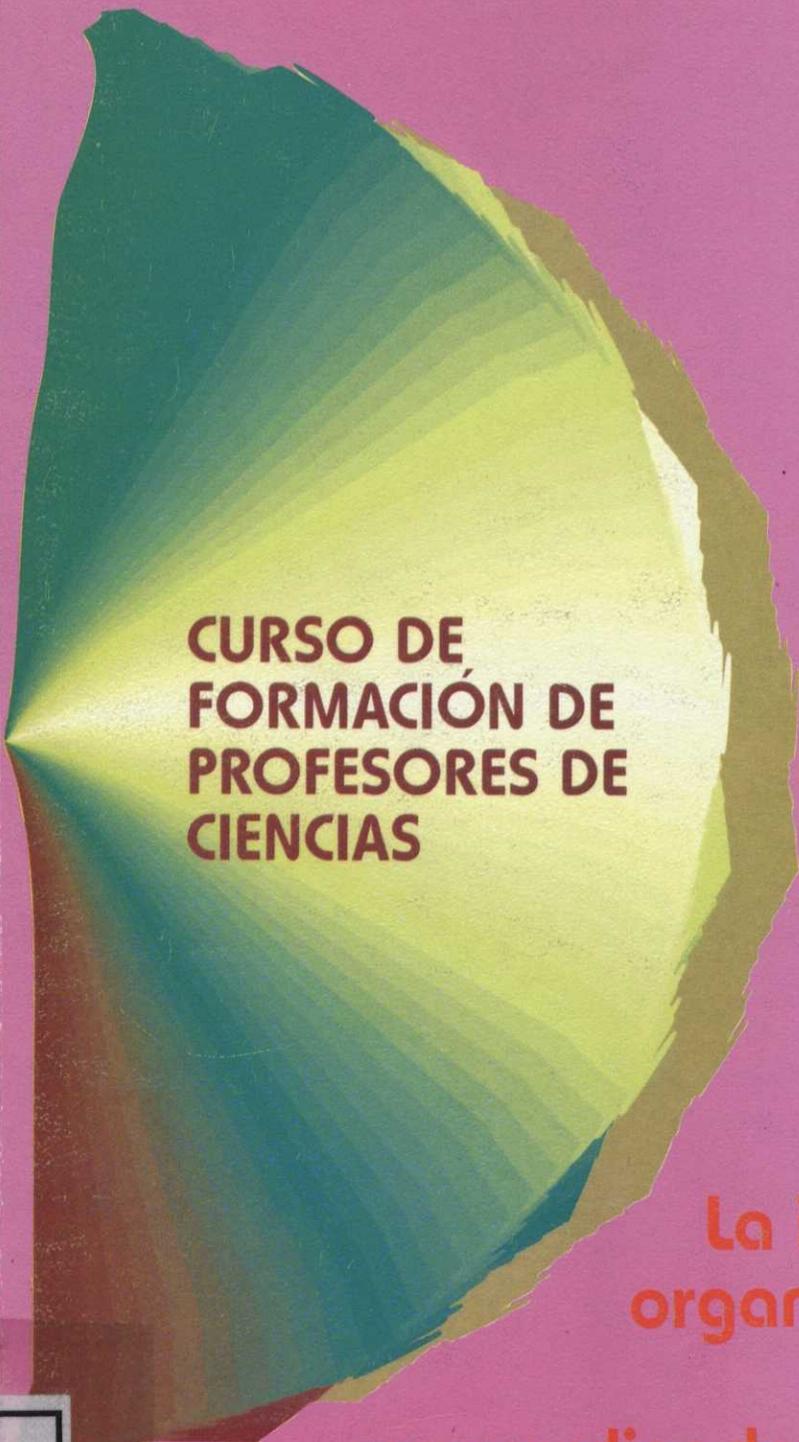
Universidad Autónoma de Barcelona (España)

Televisión Educativa Iberoamericana

44

VI

El cuerpo humano y la salud



CURSO DE
FORMACIÓN DE
PROFESORES DE
CIENCIAS

2.

La interrelación
organismo-medio
ambiente

es coordinada y regulada.
Las funciones de relación

14118-8

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD VL2

LA INTERRELACION ORGANISMO-MEDIO
AMBIENTE ES COORDINADA Y REGULADA.
LAS FUNCIONES DE REDACCION

Autora:

Natalia Campuzano Sentí

Dirección Provincial de Educación

Ciudad de la Habana

Dirección y coordinación general:

Antonio Gutiérrez Martín

Cristina Sanz Alves

MEC - España

(Universitat de València - España)

Dirección científica y didáctica:

Daniel Gil Pérez (Universitat de València - España)

Dirección de la producción audiovisual:

Enric Pérez i Obiol (UAB - España)

Este curso de enseñanza a distancia para la Televisión Educativa Iberoamericana se compone de 28 unidades didácticas, cada una de las cuales consta de material impreso y de un programa audiovisual.



CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

Equipo coordinador del proyecto en Cuba:

Francisco Trápaga Mariscal (Cinematografía Educativa)
Virginia Martín-Viaña Cuervo (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas
Ministerio de Educación)
Reinaldo Forcade Rábago (Ministerio de Educación)
Luis Suárez Moya (Cinematografía Educativa)

Diseño metodológico para la educación a distancia:

María Pilar González, Soledad Esteban Santos, Carlos Romera Carrión
(UNED - España)



CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD VI.2

LA INTERRELACIÓN ORGANISMO-MEDIO
AMBIENTE ES COORDINADA Y REGULADA.
LAS FUNCIONES DE RELACIÓN

Autora:

Natalia Campuzano Sentí

Dirección Provincial de Educación

Ciudad de la Habana

Revisión Científica y Didáctica del texto:

Daniel Gil Pérez

(Universitat de València - España)

R. 136438



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los colegas que han contribuido con sus acertadas críticas y sugerencias a enriquecer esta obra. En particular queremos destacar la lectura cuidadosa de los textos y la participación en discusiones colectivas de Virginia Martín-Viaña (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas), Jorge L. Hernández Mujica, Ana T. Carrillo Araujo y Oilda Abreu Alfonso (Instituto Pedagógico "Enrique J. Varona") y Manuel Acosta Cao (Cined).

También agradecemos la colaboración prestada por Martha Rodríguez Núñez, Martha Tresancos Espín, Lucrecia Arnaíz Pérez, Marta González Arencibia, María E. Duany Alayo, Angel García Castañeda y Luis Bestard Cruz, dibujantes de la Editorial Pueblo y Educación, quienes con sus ilustraciones han contribuido a realzar este material. También nuestra gratitud a Caridad López, redactora de la misma Editorial.

No podemos olvidar el abnegado trabajo que en la reproducción del material han tenido Blanca Raga Vázquez y Martha Carbonell Balsinde (Cined).

Asimismo, nuestro agradecimiento a los compañeros del Departamento de Correos Internacionales del Banco Nacional de Cuba, por las facilidades que nos han brindado para el envío de los materiales.

Por último, agradecemos también la fructífera colaboración que la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando, en las personas de M^a José García Sipido y Salvador Muñoz, en la implantación del proyecto en los países participantes.

Autor:

Notalia Campuzano Zambrano
Dirección Provincial de Educación
Ciudad de La Habana

Revisión Científica y Didáctica del texto:
Daniel Gil Pérez
(Universidad de Valencia - España)

Equipo coordinador del proyecto en Cuba:

Francisco Trápaga Mariscal (Cinematografía Educativa)
Virginia Martín-Viaña Cuervo (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas
Ministerio de Educación)

© Arnaldo Forcade Rábago (Ministerio de Educación)

Ministerio de Educación y Cultura (España)
Universidad Autónoma de Barcelona

ISBN: 84-369-2802-4 (Obra completa)

ISBN: 84-369-3009-6 (Unidad VI.2)

Depósito legal: M-18935-1997

Diseño de cubierta: Dpto. Dibujo UNED

Imprime: Din Impresores

Marqués de San Gregorio, 5 - 28026 Madrid

FFA: 051 9

ÍNDICE

I. DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

	<u>Pág.</u>
I. DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	9
Introducción	9
1. El organismo preserva su integridad	12
2. El organismo detecta los cambios en su medio interno y en el medio ambiente	14
3. Los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico regulan las funciones del organismo	18
4. Los seres humanos son seres sociales	35
II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	39
III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE	41
IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS	49
V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA	51

Y con una importantísima especificidad: la consumación de nuestra obra consiste en ofrecer de forma amena, motivadora y asequible algunos aspectos de la ciencia a nuestros alumnos y alumnas, transformándolos de "estudiantes espectadores" en actores, en creadores ellos mismos, de forma tal que "el mensaje artístico" se integre a su intelecto, que conecte con su estructura cognitiva, y que, con nuestro concurso, ellos puedan ser sus propios profesores.

Nuestra obra puede ser un agente estabilizador y potenciador en la construcción de los nuevos conocimientos por parte de los estudiantes.

(No esperemos más) Empecemos a intercambiar criterios.

I. DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

INTRODUCCIÓN

ALINA ¡Buenos días! Pensé que sería la primera en llegar y resulta que soy la última...

ROSA Hemos madrugado y por supuesto, “algo nos traemos entre manos”...

ABEL Mejor diría “algo nos traemos entre neuronas”; presiento que, al igual que a mi, el análisis de las posibles actividades relacionadas con las funciones de relación les acompañó en la noche y luego les obligó a madrugar.

ROSA Eso era de esperar, ¿acaso no es una historia repetida?...

ALINA ¡Cuántas veces nos ha ocurrido lo mismo! Me atrevería a decir que la ansiedad y preocupación que anteceden a la plasmación de su obra, ocurre a todo creador y, por supuesto, los profesores, que también lo somos, no estamos al margen de ellas.

ABEL Y con una importantísima especificidad: la consumación de nuestra obra consiste en ofrecer de forma amena, motivadora y asequible algunos aspectos de la ciencia a nuestros alumnos y alumnas, transformándolos de “estudiantes espectadores” en actores, en creadores ellos mismos, de forma tal que “el mensaje artístico” se integre a su intelecto, que conecte con su estructura cognitiva, y que, con nuestro concurso, ellos puedan ser sus propios profesores.

ROSA Nuestra obra puede ser un agente catalizador y potenciador en la construcción de los nuevos conocimientos por parte de los estudiantes.

ALINA ¡No esperemos más! Empecemos a intercambiar criterios.

ABEL Colegas, asumo el papel de iniciador de nuestro intercambio preguntando:

¿Qué temáticas seleccionaremos entre las relacionadas con las funciones de relación?



ROSA Es importante precisarlo, porque nuestros estudiantes no parten de cero en la construcción de los conocimientos referidos al cuerpo humano.

ALINA Tienes razón. Me gustaría que, al igual que hicimos en la primera unidad de este bloque, sin excluirlas, no marquemos el peso de las actividades en los aspectos estructurales, sino más bien en los funcionales.

ABEL Es la mejor vía para que los estudiantes puedan comprender a un nivel precientífico el significado de la homeostasia, así como la regulación y coordinación de las funciones orgánicas.

ALINA Para completar la idea sugiero proponer actividades que conduzcan a los estudiantes a conocer y comprender que los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico, en su actividad conjunta, actúan como reguladores y coordinadores del resto de las funciones orgánicas.

ROSA Bueno, detengámonos y reflexionemos:

¿No se les ocurre pensar que esta estrategia podríamos utilizarla por igual en el estudio de otros mamíferos?



ABEL Diría que con los contenidos y objetivos que nos hemos propuesto en la unidad 1 y en ésta, más bien cerramos un ciclo de conocimientos para los estudiantes, que iniciamos con el estudio de los seres vivos en el bloque III.

ROSA Añadiría que estos nuevos conocimientos junto con los construidos en la unidad 1, analizados en el contexto de ellos mismos, de sus propias estructuras y funciones, harán que los estudiantes puedan conocer mejor las características específicas de lo vivo, lo que distingue a los seres vivos como sistemas abiertos en su intercambio con el medio ambiente.

ALINA Muy bien, pero una vez establecida la unidad de todo el mundo vivo:

¿Cómo hacer comprender a nuestros estudiantes la diferencia abismal entre el organismo humano y el resto de los animales?



ROSA Pudiéramos tratar la actividad nerviosa a partir de dos vertientes, reafirmando así algunas cuestiones iniciadas en la introducción al bloque.

ALINA ¿Cuáles son?

ROSA Primero enfocaría sus aspectos estructurales y funcionales referidos a lo “puramente” biológico, para después pasar a sus características únicas en los seres humanos.

ABEL Así implicamos a los estudiantes aún más en esta temática, que en este caso toma otra dimensión: es el humano estudiándose, pero no como un espectador en la disección de un cadáver, sino conociendo sus posibilidades de acción y valorando cómo el aprendizaje posibilita mantener o variar un comportamiento determinado.

ROSA A eso me refería; pretendo que después de conocerse como “seres biológicos”, los estudiantes se conozcan como “seres sociales”, que puedan considerar el aprendizaje como una característica distintiva de la especie humana que posibilita el progreso individual y el de la sociedad.

ABEL Muy bien, puestas las cartas sobre la mesa, estamos en condiciones de llevarla a un esquema de contenido.

ALINA Valoren éste, por favor.

PROPUESTA DE CONTENIDOS PARA EL DESARROLLO DE ESTA UNIDAD

La interrelación organismo-medio ambiente es coordinada y regulada. Las funciones de relación.

1. El organismo preserva su integridad.
2. El organismo detecta los cambios en su medio interno y en el medio ambiente.
3. Los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico regulan las funciones del organismo.
4. Los seres humanos son seres sociales.

ROSA ¡Perfecto! ¿Qué dices Abel?

ABEL No hay más que hablar, empecemos ya.

ALINA La cuestión ahora será:

¿Cómo adecuar estas amplias y complejas temáticas de manera que resulten interesantes y asequibles a los estudiantes?



ABEL Hace un momento mencionamos dos conceptos muy amplios e integra-
dores: metabolismo y homeostasia...

ROSA ¿Es posible tratar las funciones nutricionales excluyendo al metaboli-
smo?

ALINA ¡Imposible! Suponte que si lo hubiéramos hecho así, los estudiantes
nunca comprenderían la importancia de los nutrientes y del dióxígeno en
el organismo.

ABEL De igual manera no podemos introducirles nociones de la regulación ner-
viosa, endocrina e inmunológica sin tratar la homeostasia.

ROSA Claro, es importante que conozcan que el organismo se distingue por la
posibilidad de mantener constantes ciertas características de su estructu-
ra y de su composición química, a pesar de las variaciones del medio
ambiente y del constante flujo de materia y energía entre el organismo y
éste.

ALINA En conclusión, la homeostasia es la tendencia del organismo a resistir el
cambio y a permanecer en estado de equilibrio...

1. EL ORGANISMO PRESERVA SU INTEGRIDAD

ROSA Claro, podemos familiarizarlos con la acción reguladora de las funciones
ejercidas por los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico, determi-
nantes de la coordinación funcional y, por ende, posibilitadores del
mantenimiento de la homeostasia.

ABEL Podríamos poner numerosos ejemplos de mantenimiento de la homeos-
tasia que les son familiares (como el sudar ante los cambios de tempera-

tura, adelgazar cuando estamos a dieta, las duchas frías que activan la circulación sanguínea, etc.) y detenernos en un ejemplo concreto.

ALINA Es un contenido difícil, repito; debemos buscar actividades muy motivadoras para los estudiantes.

ABEL Desde luego, podemos indicarles que formen pequeños equipos y solicitarles:

a) *Anoten el número de pulsaciones por minuto en estado de reposo.*

b) *Anoten el número de inspiraciones por minuto en estado de reposo.*



ALINA Entiendo, mientras una o un estudiante es la o el “conejillo de Indias”, otro mide su pulso arterial y el tercero cuenta sus movimientos respiratorios de inspiración.

ABEL Ese es mi propósito. Concluida esta parte de la actividad, pasamos a otra cuestión, al pedir que la o el mismo estudiante que bautizaste como “conejillo de Indias” realice algún ejercicio físico fuerte, por ejemplo, que salte varias veces y acto seguido, que los “anotadores” entren nuevamente en función.

ROSA Es lógico suponer que la siguiente actividad les planteará:

Comparen los resultados en la medición de las pulsaciones y los movimientos respiratorios en ambas situaciones y establecer conjeturas.



ALINA Entre éstas no descartarán el mayor gasto de energía del organismo al realizar un fuerte esfuerzo físico. Desde luego, tenemos que aprovechar estas respuestas para analizar conjuntamente, en “cámara lenta”, qué sucedió en el organismo ante el cambio de actividad matizando en:

- un mayor “trabajo” muscular que implica
- un mayor gasto de energía corporal y, por tanto
- aumento de los procesos de respiración que determinan
- aumento en la producción de CO_2 . Éste no puede quedarse en el organismo por lo que
- aumenta la frecuencia de movimientos respiratorios, lo que posibilita la expulsión del CO_2 y, a la vez, la entrada de más O_2 . Así la circulación

sanguínea debe ser más rápida, porque la “necesidad” de llevar O₂ y sacar CO₂ de las células es mayor, por ende el corazón bombea con más rapidez y

- aumenta la frecuencia del pulso arterial.

En sus puestas en común los estudiantes concluirán que el organismo “busca” mantener un equilibrio.

ABEL Al analizar algunos componentes de este mecanismo homeostático, pueden establecer, además, la interrelación funcional entre los diferentes sistemas de órganos: cómo la actividad de uno implica la actividad de otros...

ROSA A propósito considero oportuno indicarles:

Conjeturen qué sistemas de órganos intervienen en este mecanismo.



ALINA Se percatarán de que ese cambio de actividad, que incluso puede ser cuantificado, no es más que una respuesta “en cadena” del organismo, que tiende a preservar su equilibrio, momento indicado para introducirles el término **homeostasia**.

ROSA También pensarán cómo el organismo “conoce” que algo cambió.

ABEL ¡Un momento! Tienes razón, sus pensamientos los conducirán a esa interrogante; hagámosles reflexionar al respecto al pedirles:

Expongan hipótesis que expliquen cómo el organismo detecta los cambios que ocurren en él.



2. EL ORGANISMO DETECTA LOS CAMBIOS EN SU MEDIO INTERNO Y EN EL MEDIO AMBIENTE

ROSA Está bien, si partimos de que ellos conocen que las funciones orgánicas se sustentan en determinadas estructuras, de seguro pensarán que existen algunas, no conocidas por ellos, encargadas de detectar tales cambios...

ALINA Oportunidad que podemos aprovechar para hablarles de los receptores, estructuras que posibilitan que el organismo detecte los cambios que ocurren, tanto en su medio interno, como en el medio ambiente.

ABEL En general, que conozcan que existen receptores internos y externos, aunque sin adentrarnos en cuestiones específicas ni de carácter anatómico. Por otra parte, ¿cómo hablar de receptor sin mencionar qué es un estímulo?

ROSA Creo que puedo seguir tu idea: quieres que lleguen a establecer que todo estímulo implica un cambio energético, tanto en el medio ambiente como en el medio interno, que es captado por determinados receptores y además, que el organismo elabora respuestas a esos cambios, tendentes a mantener su estabilidad.

ALINA Esperen, hasta ahora sólo lo pueden establecer al tomar como ejemplo la actividad realizada, referida al cambio en la frecuencia del pulso arterial y de los movimientos respiratorios. Estimo que podemos hacerles pensar en las sensaciones de hambre y sed, como respuestas del organismo a descompensaciones en sus requerimientos nutritivos.

ABEL Muy bien, que les parece llevarlos nuevamente a cuestiones de su vida diaria, pero en este caso encaminadas a que consideren su relación con el medio ambiente, al pedirles:

Expliquen con detalles qué hacer cuando al caminar rumbo a la casa, debes cruzar una vía por la que circulan muchos vehículos automotores.



ROSA Desde detenerse, buscar la presencia de un semáforo, identificar el encendido de la luz con el color convencional que indica “pare” o “cruce...”

ALINA De nuevo una serie de acciones que implican actividad coordinada de diferentes sistemas de órganos, pero el “chip” está en los receptores de la visión...

ABEL ...Y para matizar en esto, pudiéramos preguntarles:

¿Qué pasaría si tuvieras que cruzar una vía transitada por muchos vehículos automotores, con los ojos vendados?



ALINA También debemos proponerles actividades con relación a la recepción de estímulos auditivos, olfativos, del tacto y del gusto, aunque, como dijimos, sin adentrarnos en cuestiones de carácter anatómico...

ROSA De acuerdo, es importante que conozcan la existencia de receptores externos e internos, que evidencien la presencia en el ser humano de estructuras que le permiten recibir información del medio ambiente y también del medio interno...

ALINA Sí, y para que los estudiantes comprendan eso, muchos textos escolares dicen "...la irritabilidad es una propiedad inherente a la materia viva...". Podríamos hacerlos jugar y pensar, al dividir el grupo en dos equipos y pedir a los integrantes de uno de ellos:

Mencionen acciones realizadas en un día cualquiera.

ABEL Ya sé, y al otro equipo le propones:

Conjeturen qué estímulos las provocan y los receptores que los captan.

ALINA Así es, se trata de que comprendan, a partir de sus vivencias, que cada actividad del ser humano es una respuesta del organismo a estímulos detectados por estructuras receptoras y también, que el organismo actúa como un todo, al dar respuestas que posibilitan mantener su homeostasia.

ROSA Oigan, vuelvo a la actividad anterior; supongo que las acciones sólo implicarán respuestas elaboradas por el sistema nervioso central, y muchas de éstas relacionadas con la actividad nerviosa superior. Por supuesto que, en general, se referirán a los llamados reflejos condicionados y a los receptores externos.

ALINA Dices bien, aunque también mencionarán acciones como pestañear, bostezar, toser, aumento de la secreción salival, que son reflejos incondicionados...

ABEL En efecto, tengo experiencias de que nunca, y fíjense que absolutizo, nunca mencionan receptores internos, ni respuestas en las cuales intervengan, como moduladores, estructuras endocrinas y mucho menos inmunológicas.



ROSA Es natural, ¿cómo pueden presumir la regulación metabólica que ejercen numerosas hormonas, ni conocer que estas actúan determinando el crecimiento corporal, o los niveles de glucosa en la sangre, o provocando los cambios que sus cuerpos experimentan en el camino hacia la juventud...?

ALINA Y tampoco pueden pensar que inmersos en la sangre numerosos anticuerpos (moléculas de inmunoglobulinas) recorren tramo a tramo nuestros tejidos “buscando” el agente infeccioso extraño, o que legiones de linfocitos se encuentran en el bazo, ganglios linfáticos y otros órganos linfoides, en espera de entrar en batalla y preservar la integridad química del organismo.

ABEL Está claro. ¿Acaso es posible percatarnos de semejante actividad orgánica? Son funciones que nuestra “conciencia” no detecta, procesos a nivel molecular que no se expresan en algo que puede ser captado por nuestros sentidos...

ALINA Las preocupaciones que suscita en nosotros el darle a conocer a nuestros estudiantes estos importantes mecanismos de regulación no existieron para los docentes de la primera mitad de nuestro siglo, porque la ciencia y la tecnología no los habían establecido. Me pregunto y, a la vez, les sugiero pensar en:

¿Qué hacer? ¿Desconocerlos y que nuestros estudiantes no tengan acceso a ellos, o considerando su nivel intelectual, buscar estrategias que se los hagan asequibles?



ABEL Bien, pensemos en esto.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 1

1. ¿Qué razones se exponen para tratar la homeostasia en esta unidad?
2. ¿Qué mecanismos homeostáticos se proponen para ser tratados por los estudiantes?

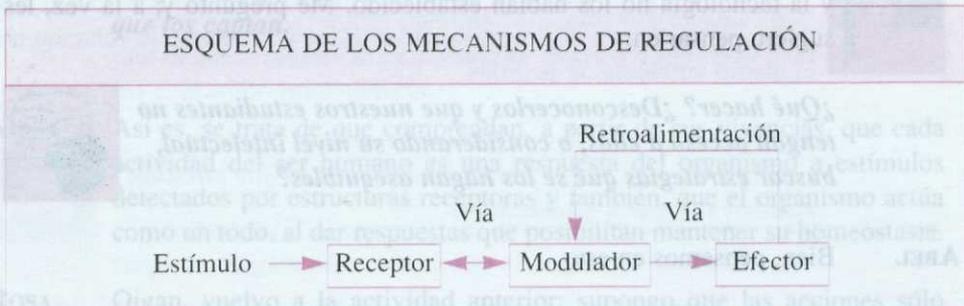
3. ¿De qué manera se propone tratar a los receptores externos e internos?
4. ¿Qué estrategia se propone seguir para que los estudiantes comprendan que la irritabilidad es una propiedad inherente a la materia viva?
5. ¿Qué razones se exponen para establecer que los estudiantes nunca mencionan respuestas a estímulos cuyos moduladores sean estructuras endocrinas o inmunológicas?

ROSA Colegas, pensé en la preocupación planteada por Alina y, por supuesto, me acoyo a la segunda opción.

ABEL Pienso igual que Rosa.

ROSA Les presento una proposición. Observen este esquema.

FIGURA 1



3. LOS SISTEMAS NERVIOSO, ENDOCRINO E INMUNOLÓGICO REGULAN LAS FUNCIONES DEL ORGANISMO

ABEL No es la primera vez que lo observo. Representa un modelo general de los mecanismos de regulación tanto nerviosa como endocrina...

ROSA ¿Y por qué no inmunológica?

ALINA Tienes razón, como analizamos anteriormente, la regulación inmunológica, al igual que la nerviosa y la endocrina, se realiza mediante estos mecanismos...

- ABEL** A propósito, recientemente leí algo que me llamó mucho la atención y que tiene gran relación con este tema.
- ALINA** ¿De qué se trata?
- ABEL** Pues algunos colectivos científicos que estudian estas cuestiones, han evidenciado la gran interrelación que existe entre estos tres sistemas llegando a exponer que constituyen un “suprasistema”.
- ROSA** ¿En qué se basan para decir eso?
- ABEL** Dicen que entre ellos existe lo que han dado en llamar un “lenguaje cruzado”, tridireccional...
- ALINA** Oye, explícate mejor.
- ABEL** ¡Déjame hacerlo! Manifiestan que ese “lenguaje cruzado”, está determinado porque estructuras de los tres sistemas producen moléculas comunes.
- ROSA** ¡Cada vez entiendo menos!
- ABEL** Mira Rosa, son cosas de la genética molecular. ¿Quién podía decir hace unos pocos años que un linfocito (tipo de leucocito) una vez estimulado o activado, no sólo produce sus propias secreciones (las linfocinas), sino que es capaz de sintetizar diferentes hormonas como la ACTH, la hormona del crecimiento, la tiroideo estimulante o corticoesteroides? Es como si se transformara en una pequeña glándula endocrina.
- ALINA** ¡Es increíble!
- ABEL** Espérense que ahí no para la cosa, porque también los linfocitos son capaces de sintetizar neurotransmisores, que hasta hace poco se pensaba que eran exclusivos del sistema nervioso central. Lo mismo sucede con las células endocrinas y las células nerviosas...
- ALINA** Bueno, bueno, si entendiera... ¿por qué?
- ALINA** Ya lo comprendo, esas también presentan las características de sintetizar tanto sus secreciones habituales, como la de las de los otros dos sistemas.
- ROSA** ¡Realmente es asombroso! Intuyo que en los tres sistemas habrá, al igual que sustancias comunes, receptores comunes para ellas; ¿acaso me equivoco?

ABEL Diste en la diana. De esa forma, con receptores y sustancias comunes, el organismo puede responder, tanto frente a estímulos cognitivos como frente a aquellos que no lo son, gracias a la adaptación integrada de estos tres sistemas.

ALINA Ahora volvamos al esquema (figura 1). El estímulo puede ser lo mismo unos granos de sal en la boca, que un cambio de concentración del nivel de glucosa en la sangre o una toxina cualquiera. Siempre habrá un receptor que los detecte...

ROSA Ya sean células especializadas en la lengua, en el caso de la sal, o el páncreas en el del aumento de concentración de glucosa en la sangre, o los receptores de la membrana de determinados leucocitos para detectar la toxina. En todos, la función del receptor es la de recibir y transformar la información en señales...

ALINA Que pueden ser impulsos nerviosos, propagados, en este caso, por nervios. También sustancias químicas transportadas por la sangre, entre ellas, muchas *hormonas*, o mensajeros químicos, sintetizadas en estructuras endocrinas.

ABEL Sí, las vías son variadas, siendo los nervios sensitivos las únicas para propagar impulsos nerviosos; pero, ¿pueden imaginar la variedad de sustancias químicas que, como señales de disímiles estímulos, son conducidas por la sangre?

ROSA En efecto; por ejemplo, por la sucesión de complejos mecanismos, las señales producidas por determinados leucocitos hacen que otros leucocitos produzcan anticuerpos específicos para las moléculas extrañas o invasoras. ¿Se han percatado de cuántos anticuerpos (inmunoglobulinas), en esencia, moléculas diferentes, "viajan" en la sangre y otros fluidos?

ALINA Y la función de esa gran gama de "mensajeros" es llegar al *modulador*, ya que es así como se llama a todas las estructuras donde la información se transforma, elaborándose las respuestas.

ABEL Son muchos los moduladores, entre ellos los centros nerviosos, generalmente estructuras encefálicas y espinales que responden a los impulsos nerviosos.

ROSA Las hormonas llevan sus mensajes a tejidos y órganos, que constituyen su blanco o diana, mientras que la respuesta inmune tiene diferentes

- moduladores, por ejemplo, leucocitos diferenciados que se encuentran en los tejidos.
- ALINA** Y por último, esa respuesta, que tiende a mantener la homeostasia, es propagada por otras *vías* hasta los *efectores*, que son las estructuras que las ejecutan.
- ABEL** Las *vías* nerviosas, en este caso nervios motores, pueden precisarse mejor porque, como sabemos, la información nerviosa se propaga por estructuras que funcionan como un circuito.
- ROSA** Sí; para el poco conocedor resulta difícil precisarlas en la actividad endocrina e inmunológica, porque constituyen complejas reacciones químicas.
- ALINA** Algunas respuestas nerviosas se resumen en sensaciones fáciles de comprobar, por ejemplo, el aumento de la secreción salival...
- ABEL** Sin embargo, no sentimos que la glucosa penetre en las células reaccionando en procesos de degradación o de síntesis celular. No nos percatamos de eso.
- ROSA** Como tampoco percibimos cuándo determinados leucocitos destruyen las toxinas.
- ABEL** La *retroalimentación* es importantísima, imagínense: ¿qué pasaría si aunque se disolvieran todos los granos de sal puestos en la lengua, es decir, al cesar el estímulo, la secreción salival continuara aumentando o al descender la glucosa a niveles normales, continuara la acción de la insulina? ¿Se mantendría la homeostasia?
- ROSA** Claro que no, la retroalimentación posibilita la autorregulación o forma organizada de establecerse el intercambio de sustancias y energía entre el organismo y el medio ambiente, al lograr su adaptación a éste.
- ABEL** Bueno, bueno, si seguimos con el tema... Dinos, Rosa, ¿por qué nos enseñaste el modelo que generaliza los mecanismo de regulación...?
- ROSA** No creo que nuestra charla esté de más, y bastante que interviniste en ella... Bien, al grano, con las últimas actividades acercamos nuevamente a los estudiantes a considerar la homeostasia, evidenciándoles la interrelación funcional del organismo. También los familiarizamos con los receptores y con los estímulos...

ALINA ...Con esas actividades buscamos que reconozcan cómo el organismo responde a ellos.

ROSA Disculpa, no les mostramos cómo y eso es lo que pretendo con el esquema (Figura 1)

ABEL Espera, espera. ¿Pretendes que nuestros estudiantes conozcan los mecanismos de regulación endocrina e inmunológica?

ROSA Ni que estuviera loca. Creo que todos estamos de acuerdo en acercarlos al mecanismo de regulación nerviosa y después, en general, a partir de ejemplos concretos tomados de la vida diaria, de sus vivencias, darles a conocer que también ocurre regulación endocrina e inmunológica.

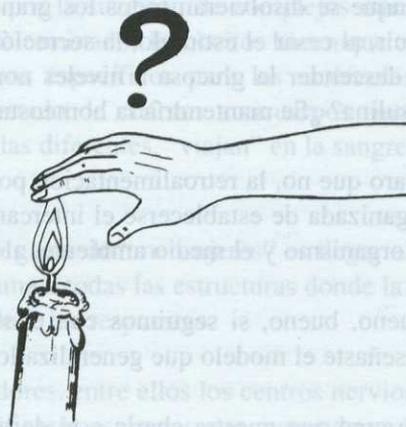
ABEL Entonces, para luego es tarde, sigamos ese hilo conductor, al mostrarles un dibujo como este y pedirles:

Dibujen cómo respondería el organismo a este estímulo.



FIGURA 2

¿CÓMO RESPONDERÁ EL ORGANISMO?



ALINA Veo en tus manos una “colección” de dibujos con numerosas respuestas, de las cuales sólo algunas se corresponden con la quemadura.

ABEL Es que además de ese, suelo entregarles otros dibujos, entre ellos, el que muestra un objeto que se acerca al rostro de una joven, o este que, como ves, representa una boca abierta donde se echan granos de sal. Es una actividad que les motiva mucho, y plantearles que cada equipo seleccione un “dibujo estímulo” con su “dibujo respuesta” y solicitándoles:

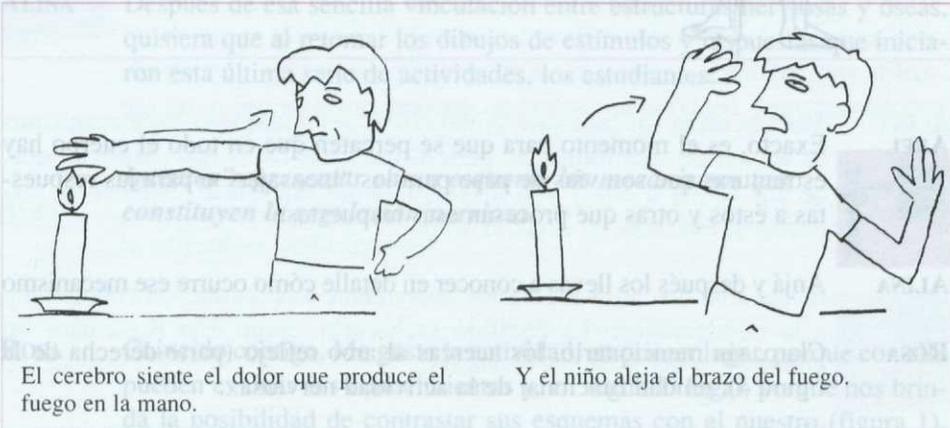
Hagan dibujos que muestren los mecanismos, que suponen, ocurren en el organismo después de recibir un estímulo y que posibilitan se genere una respuesta



ROSA Esos dibujos mostrarán numerosas versiones, la imaginación de ellas y ellos se recreará...

ABEL De seguro, pero en general, de forma secuencial conectan por líneas la zona estimulada, con “algo” dentro de la cabeza..., es mejor que les muestre uno de ellos. (Fig 3).

FIGURA 3

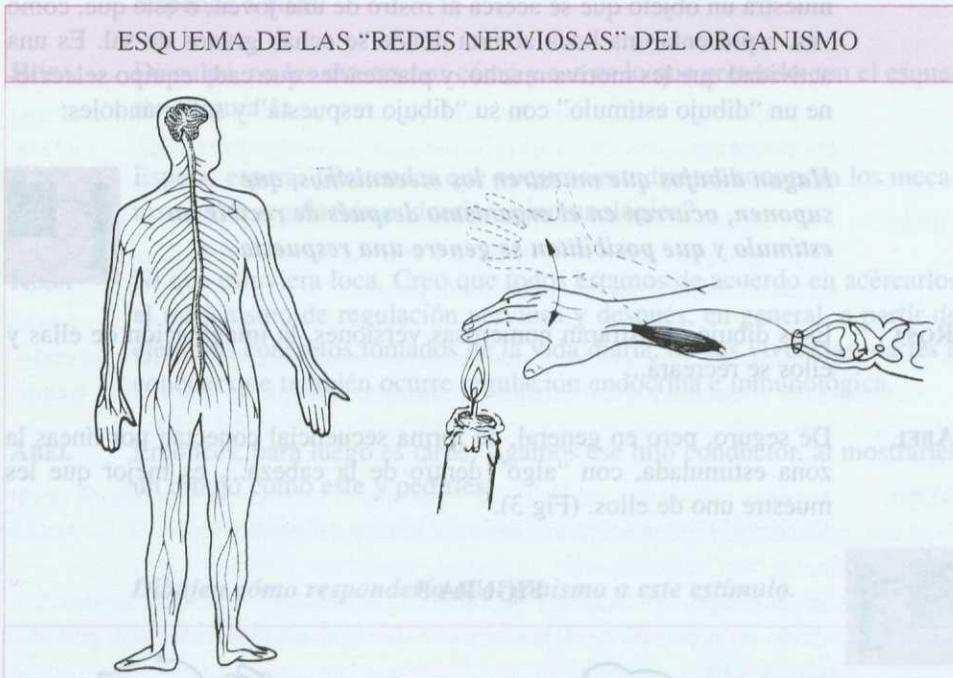


ALINA Bueno éste se acercó bastante a la realidad.

ABEL Unos se acercan más que otros, pero todos se sienten muy motivados por saber si acertaron. Para que contrasten sus ideas les presento esta lámina. (Fig 4)

ROSA Entiendo, aunque ellas y ellos conocen las estructuras nerviosas, ahora les enseñas esta “versión” que les posibilita comprender cómo las “redes nerviosas” se distribuyen por todo el organismo, conectándose a las estructuras centrales...

FIGURA 4



ABEL Exacto, es el momento para que se percaten que en todo el cuerpo hay estructuras que son vías de paso para los "mensajes" o para las respuestas a éstos y otras que procesan esas respuestas.

ALINA Anjá y después los llevas a conocer en detalle cómo ocurre ese mecanismo

ROSA Claro, sin mencionarlo, los acercas al arco reflejo (parte derecha de la figura 4), unidad funcional de la actividad nerviosa...

ALINA Considero que los estudiantes irán comprobando algo que generalmente intuían: estos órganos son sensiblemente importantes en la actividad orgánica, razón para hacerles notar cómo las estructuras nerviosas centrales se encuentran protegidas en cavidades delimitadas por huesos.

ROSA Tienes mucha razón, insertémosle información de forma funcional para que la integren con rapidez a su intelecto al pedirles:

Conjeturen cómo pueden ser protegidas estructuras nerviosas de tan vital importancia, como son el encéfalo y la médula espinal.



ABEL Así continuarán ampliando su conocimiento acerca de las funciones del sistema osteomioarticular, al evidenciar la función de protección de la *cavidad craneana* y el *canal medular*.

ROSA Y hasta les podemos vincular esos nuevos conocimientos con vivencias, con situaciones de la vida cotidiana; por ejemplo, podemos preguntarle acerca de la gravedad de las fracturas de cráneo o vertebrales...

ALINA Desde luego, podrán comprender por qué algunas personas quedan hemipléjicos, parapléjicos o cuadripléjicos, después de sufrir una fractura de esos huesos, ya que si son seccionados los centros nerviosos, se rompe el circuito de la transmisión nerviosa y no pueden elaborarse respuestas, o estas no pueden ser conducidas si las vías son lesionadas.

ABEL Supongo que éste es el momento oportuno para que se percaten de cómo los movimientos, tanto involuntarios como voluntarios, están determinados por la actividad nerviosa.

ALINA Después de esa sencilla vinculación entre estructuras nerviosas y óseas, quisiera que al retomar los dibujos de estímulos y respuestas que iniciaron esta última serie de actividades, los estudiantes:

Intenten representar en un esquema los mecanismos que constituyen la regulación nerviosa.



ROSA Coincido contigo. Me gusta la actividad, en primer lugar, porque con ella pueden evaluar sus conocimientos y, en segundo lugar, porque nos brinda la posibilidad de contrastar sus esquemas con el nuestro (figura 1). Como supondrán, se desconcertarán con la retroalimentación... Aguarden, que también tengo la solución al orientarles:

Conjeturen qué pasaría si la respuesta a un estímulo se mantiene después que éste desaparece.



ABEL ¿Y por qué no pensar en la ausencia de respuesta? No debemos olvidar a lo analgésicos y los anestésicos. Podemos presentarles estos dibujos (figura 5) y pedirles que:

FIGURA 5

¿QUÉ OCURRE CON LOS MECANISMOS DE REGULACIÓN NERVIOSA?



Conjeturar qué ocurre con los mecanismos de regulación nerviosa al utilizarse estos fármacos.



ALINA Muchas serán sus hipótesis, como diferentes pueden ser los mecanismos de acción de esos fármacos, pero lo fundamental es que conozcan que, de una forma u otra y con mayor o menor intensidad, impiden la respuesta al estímulo, es decir, el dolor.

ABEL Ahora sólo nos resta acercarlos ligeramente a la regulación endocrina y a la inmunológica. La cuestión es hacerlo, como dijo Rosa hace un momento, a partir de sus vivencias...

ROSA Para comenzar con la regulación endocrina propondría a los equipos:

Lean la narración siguiente y describan qué cambios provoca el miedo en Tomás:

“Tomás había realizado sus deberes escolares y ahora miraba la TV, mientras esperaba que llegaran sus padres, quienes visitaban a unos buenos amigos. De pronto le pareció sentir pasos en la habitación contigua. ¡Mamá, papá!, llamó esperando la tranquilizadora respuesta. Nadie respondió. De nuevo sintió los pasos. El corazón...”



...Al fin sintió el coraje necesario, abrió la puerta y... una rana saltaba sobre una mesa, provocando sonidos similares a los pasos de una persona."



ABEL ¿Quién no ha sentido miedo alguna vez? De seguro en sus puestas en común describirán cómo se activa el ritmo cardíaco y aumenta el ritmo respiratorio y hasta, a veces, se sale un poco de orina.

ALINA Desde luego que debemos conducirlos a que reflexionen que, en este caso, el aumento de frecuencia en el ritmo cardíaco y respiratorio no ha sido la respuesta del organismo ante un fuerte ejercicio físico, es decir, no lo provocó la mayor concentración de dióxido de carbono en la sangre, el estímulo fue otro: el temor. Después de esta reflexión podemos inquirir:

¿Qué estructura del organismo de Tomás elaboró esas respuestas? ¿Por qué vía llegó la respuesta hasta esas estructuras?



ABEL Por supuesto que en sus puestas en común la mayoría de los equipos concluirán que, tanto la elaboración de las respuestas, como las vías utilizadas en su propagación, pertenecen al sistema nervioso, pues desconocen la actividad endocrina y su función reguladora.

ROSA Acto seguido, aprovechando la motivación del cuento, les hablamos de la adrenalina, indicándoles:

Buscar el significado del término hormonas.



ALINA ¡Cuántas veces habrán oído nombrarlas! Es común escuchar a personas diciendo que las toman para curar o aliviar tal enfermedad. Es importante que conozcan cómo, generalmente, son transportadas por la sangre, actuando a gran distancia de la glándula que las produjo.

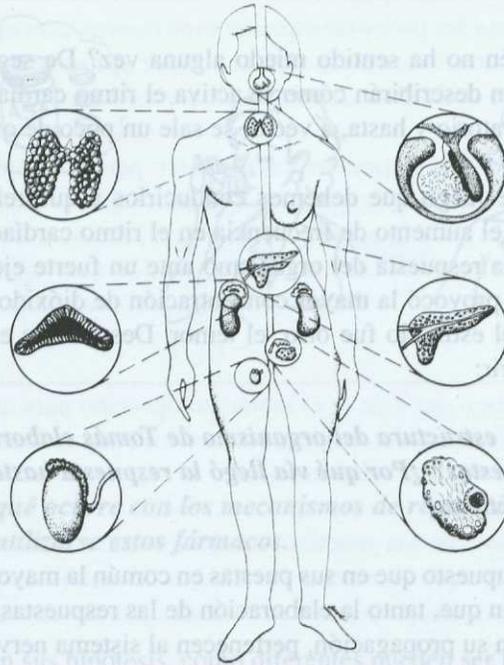
ROSA Entonces, es oportuno que retroalimenten sus conocimientos acerca de las glándulas endocrinas sugiriéndoles:

Representar y localizar en una silueta humana las principales glándulas endocrinas.



FIGURA 6

PRINCIPALES GLÁNDULAS ENDOCRINAS



ABEL No está de más decirles que otras estructuras no pertenecientes al tradicionalmente conocido sistema endocrino, también secretan hormonas.

ROSA A propósito y buscando que interrelacionen conocimientos del metabolismo estudiados en la unidad 1 de este bloque y, a la vez, los apliquen, podemos indicarles:

Conjeturen dónde y mediante qué proceso metabólico se fabrican las hormonas en el organismo.



ALINA Estas actividades de generalización y aplicación de conocimientos son muy importantes porque los reafirman, al no estar como elementos aislados, desligados, sino como un eslabón más de una cadena construida lentamente en su intelecto y de la cual es casi imposible arrancarlos.

ABEL Dices bien. Me gustaría pedirles:

Indagen por qué algunas personas al llegar a la edad adulta tienen una estatura muy por debajo de la normal, mientras que otros la sobrepasan desmesuradamente.



ROSA Para esto le procuraremos la bibliografía adecuada y con comentarios oportunos, les haremos evidenciar la *actividad reguladora*, concepto clave, cuando nos referimos a las hormonas y a la función endocrina.

ALINA A propósito, en los textos escolares que tratan sobre el cuerpo humano es frecuente encontrar que, al aludir a la actividad endocrina, enfatizan en los trastornos hormonales, en la hiper o hipofunción. Según mi experiencia, esto trae por consecuencia que algunos estudiantes supongan que la acción hormonal normal provoca esos trastornos....

ROSA ¡Buen llamado de alerta! Pues, como analizábamos hace un rato, resulta muy difícil evidenciar la regulación hormonal, porque la respuesta endocrina, generalmente, es lenta a diferencia de la nerviosa...

ABEL Claro y es por eso que se les muestra lo impactante, lo evidente, la hipo o hiperfunción, y luego se descuida destacar la función normal.

ALINA Por otra parte, no olvidemos, al tratar estas cuestiones, recordar el respeto hacia las personas que, por padecer enfermedades como estas, presentan características corporales que las hacen diferentes a los demás.

ABEL ¿Y por qué no indagar acerca de sus conocimientos sobre la diabetes? Pudiéramos preguntarles si

**¿Conocen personas que necesitan inyectarse insulina?
¿Qué enfermedad padecen esas personas?**



ROSA De seguro que pocos mencionarán a la diabetes; muchos más serán los que relacionen esta hormona con tener "azúcar" en la sangre...

ABEL En realidad no comprenden el significado de esto, y es preciso explicárselo de manera muy sencilla, dándoles a conocer cómo las personas aquejadas de esa enfermedad no sintetizan suficiente insulina, por lo que los productos finales de la digestión de los carbohidratos quedan en la sangre y no pueden ser utilizados en la respiración.

ALINA Creo que a partir de los conocimientos que tienen del metabolismo, podrán comprender, a un nivel elemental, la acción reguladora de esta

hormona, al favorecer la entrada de la glucosa en las células estimulando su utilización.

ABEL Después de acercarlos de manera somera a la actividad endocrina, pudiéramos conducirlos a identificar en la llamada “defensa del organismo contra las enfermedades infecciosas”, otra propiedad de éste que le posibilita mantener su integridad. A tal efecto les orientaríamos:

Analicen el dibujo (figura 7) y expogan cómo consideran que actúa el organismo ante el “ataque” de unos microorganismos.



FIGURA 7



ROSA Veo que es un dibujo realizado por un estudiante. ¡Cómo les gusta enfrentar al ejército de las bacterias!... aunque no sepan cómo está armado, ni de dónde proceden los soldados que lo integran, pero de lo que están seguros es de que ocurre una guerra.

ALINA Que la mayoría de las veces es silenciosa, ya que los asaltos de microorganismos y virus ocurren con mucha frecuencia, siendo vencidos por los defensores del organismo.

ABEL Otras veces la pelea se hace dura y no tan silenciosa, la temperatura corporal aumenta, también lo hacen las secreciones respiratorias si la

invasión ocupa esos terrenos o comienzan los cólicos, vómitos y diarreas, si pasaron al tubo digestivo... Entonces nos sentimos enfermos.

ROSA Debemos hacerles conocer que son muchos los defensores, que, generalmente están en la sangre o en sus “cuarteles” que pueden ser las estructuras linfoides... Constituyen las barreras internas contra las infecciones.

ALINA Es justo que les mostremos sus diferentes tipos y cómo en su lucha contra los agresores pueden hasta “tragarse” a los intrusos.

ABEL También utilizan misiles que persiguen a los osados.

ROSA Momento oportuno para hablarles de los anticuerpos o inmunoglobulinas, explicándoles que son productos de la síntesis celular.

ALINA Pero, a veces el organismo no gana la batalla. Pudiéramos indagar qué piensan al respecto.

¿Qué ocurrirá si el organismo pierde la batalla contra los agentes invasores?



ROSA Desde luego que en su puesta en común, todos coincidirán en que el organismo muere; pero eso no es todo, debemos hacerles comprender que la muerte sobreviene porque las toxinas producidas por estos agentes rompen el equilibrio químico del organismo, es decir, rompen de manera irreversible la integridad orgánica.

ABEL Mientras elaborábamos estas últimas actividades, relacionadas con una de las vertientes de la función inmunológica, la defensa del organismo contra las infecciones, pensaba que resumíamos en minutos lo que demoró miles de años en conocer la humanidad.

ROSA ¡Qué sabia conclusión! Se conoce que en el siglo XI, los médicos chinos recomendaban la inhalación de costras de viruela para impedir el padecimiento de la enfermedad, es decir, ya entonces se sabía que la curación de una enfermedad iba seguida de resistencia para la reinfección.

ALINA No sólo eso, fíjate que empíricamente conocían métodos preventivos para combatir grandes plagas.

ROSA Dices bien, después de ellos, en el medio oriente, con el propósito de “conservar la belleza de las hijas”, les implantaban costras variolísticas bajo la piel. Era una inmunización primitiva que trascendió, ya que en el siglo XVIII se utilizaba en Inglaterra.

ALINA ¡Espera! Lady Mary Wortley Montagu, popularizó esa técnica y es reconocida por ello.

ABEL Posteriormente Edward Jenner (1749-1823), quien aseguró el futuro de la inmunología moderna, descubrió que la inoculación con costras de pústulas de viruela de las vacas, protegía al hombre contra ese padecimiento. De ahí la palabra “vacuna” para referirnos a las sustancias utilizadas para inmunizarnos ante ciertas enfermedades.

ABEL Cuando hace pocos años la Organización Mundial para la Salud (OMS) declaró libre de viruela a la población mundial, se concretaba el objetivo que desde entonces se habían trazado esas personas.

ROSA ¡Un momento! Reflexionen:

¿Acaso no estamos ofreciendo una visión lineal, individualista y atórica de estos aspectos de la inmunología?



ALINA Así es. Pensemos en que todo no fue color de rosa, dediquemos también nuestro pensamiento a aquellos que quedaron en el olvido, pero que al igual que los conocidos dedicaron horas de trabajo, de investigación y que, segura estoy, también hicieron aportes...

ABEL ¡Pues sí! Pensemos que junto a Pasteur estaba un colectivo que posibilitó el desarrollo de la teoría microbiana, tan importante en el desarrollo posterior de técnicas de vacunación.

ROSA Entonces, cuando hablemos de la posibilidad de los leucocitos para extravasarse (salir de los vasos sanguíneos) al realizar la *diapédesis* y englobar con su membrana y digerir a las bacterias en la función de *fagocitosis*, no olvidemos al colectivo que junto a Elie Metchnikov (1845-1916) postularon la teoría celular de la actividad inmune.

ALINA Recordemos por igual a quienes junto con Paul Ehrlich (1854-1915) postularon la teoría humoral de la actividad inmune, relacionada con la actividad de los anticuerpos.

- ABEL** ¿Cuántos y cuántos más, conocidos y desconocidos, triunfadores o perdedores...?
- ROSA** ¿Cuántos caminos tortuosos, cuántos derroteros vueltos a recorrer, cuánta paciencia, cuánto tesón...?
- ALINA** Preguntaría: ¿cuántas vidas salvadas, cuántos hogares sin luto...?
- ABEL** Ahora que mencionas ésto, pienso en otra vertiente de la inmunología actual: los trasplantes de órganos.
- ROSA** Tengo un artículo de una revista científica que expone las siguientes cifras a nivel mundial: aproximadamente 500 000 trasplantes renales, 20 000 de corazón, 10 000 de hígado, 3 000 de páncreas, miles de médula ósea, córnea, huesos y articulaciones, entre otros...
- ALINA** Eso se traduce en miles de vidas salvadas, mejoradas, insertadas nuevamente en el quehacer social.
- ROSA** Con orgullo puedo decirles que a esas cifras mundiales, Cuba ha aportado un número significativo, si tomamos en cuenta que es un país en vías de desarrollo. Por ejemplo, en el campo de la trasplantología renal, se han efectuado, a partir de 1970, más de 2500 trasplantes.
- ALINA** Es increíble que se pueda injertar un órgano de un individuo a otro, conociendo que cada persona tiene especificidades en su constitución molecular, que sólo son repetidas exactamente si tiene un hermano gemelo homocigótico.
- ABEL** Leí que en las membranas de las células con núcleo de nuestro organismo existen una estructuras glicoproteicas denominadas *antígenos mayores de histocompatibilidad* (HLA) que desempeñan la principal responsabilidad en los fenómenos de rechazo al injerto.
- ALINA** He visto algunos videos relacionados con el tema destacando la labor del colectivo del francés Jean Dausset, premio Nobel de Medicina en 1980, descubridor del sistema HLA.
- ABEL** Exactamente; esas estructuras constituyen, como te decía, los más importantes estímulos que recibe el sistema inmunológico del receptor, cuando hay diferencias entre las estructuras de éste y las del donante del órgano o tejido trasplantado.

ROSA ¡Ah! Entonces es cuando se dice que hay incompatibilidad entre el órgano donado y el receptor.

ABEL Claro, el descubrimiento del equipo de Dausset permitió la instrumentación de una serie de técnicas que contribuyen a buscar por métodos especiales en la sangre del receptor y del donante las posibilidades de similitud entre sus sistemas HLA.

ROSA Presumo que en la medida que haya más cantidad de similitudes o compatibilidades mayor será la posibilidad de éxito en el trasplante.

ALINA En efecto, así es. Realmente, Abel, como decías al principio de nuestras adquisiciones, en pocos minutos, hemos recorrido un camino que se trazó paso a paso durante cientos de años. Dentro de pocos años ¡cuántos nuevos aportes en el orden científico se mencionarán!

ROSA Quizás entre nuestros estudiantes estén muchos que posibiliten que ese camino prosiga en aras del bienestar de la humanidad y de nuestro planeta.

ABEL Bien, colegas, considero que para concluir con estas temáticas podemos pensar en actividades que posibiliten su integración y evaluación por parte de los estudiantes.

ALINA Pudiéramos hacerles plantear hipótesis acerca de cuestiones relacionados con los sistemas involucrados en la regulación.

a) *¿Qué le pasaría a una persona cuyo sistema nervioso deje de funcionar?*

b) *¿Puede mantener su vida normal un individuo cuyas glándulas endocrinas presenten trastornos en su función?*

c) *El virus del SIDA impide que el sistema inmunológico realice su función reguladora. ¿Cómo afectará esto al organismo?*



ROSA Hasta aquí las actividades propuestas, a partir de las temáticas tratadas, se corresponden con características puramente biológicas del ser humano:

¿No se les ocurre pensar que, igualmente, hubiéramos podido utilizarlas en el estudio de cualquier otro mamífero?



- ALINA** Si suprimiéramos algunas actividades que personalizamos, coincido contigo.
- ABEL** Estimo que con ellas concluimos otro ciclo de conocimientos biológicos para los estudiantes.
- ROSA** Así es, y ello nos ha permitido profundizar en funciones comunes a todos los organismos: homeostasia, regulación, coordinación...
- ALINA** Entonces detengámonos por un momento y consideremos cómo enfocar el aspecto final de esta unidad didáctica.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 2

1. ¿Cuál es la función de cada componente del mecanismo de regulación?
2. ¿Por qué es importante la retroalimentación en los mecanismos de regulación?
3. ¿Por qué solo se profundiza con los estudiantes en los mecanismos de regulación nerviosa?
4. ¿Cómo se propone tratar la regulación endocrina y la inmunológica?

ABEL Este es el momento de enfocar otros contenidos, aquellos que decíamos en la introducción al bloque, relacionados con características que hacen al ser humano notablemente diferente al resto de los organismos.

4. LOS SERES HUMANOS SON SERES SOCIALES

ROSA Tienes razón, en ese momento propusimos actividades que hicieran reflexionar a los estudiantes acerca de cómo el aprendizaje, el lenguaje y la posibilidad de transformar a la naturaleza distinguen al ser humano entre otros organismos.

ABEL También analizábamos cómo la expresión de esas características, únicas en los humanos, a la vez nos hacen diferentes, en consideración al estilo de vida, al comportamiento de cada cual en el contexto social...

ALINA Y manifestábamos que debíamos ser muy cuidadosos en la elección de actividades que permitieran a los estudiantes valorar estas cuestiones e implicarlos en la autorreflexión y la autovaloración, así como conducirlos a consolidar su autoestima.

ROSA Por eso pensemos nuevamente que para lograrlo no podemos prescribir modelos de vida, ni recetas de buena conducta.

ALINA Sí, debemos tener mucho cuidado. Creo que podemos sondear cuál “es su paradigma” con respecto a la selección de un estilo de vida, pidiéndoles:

Redactar una composición con el siguiente título:
“Quisiéramos vivir así”



Aclaro que esa composición debe redactarse colectivamente entre los integrantes de cada equipo y que la puesta en común será precisamente, la lectura de ellas.

ROSA ¡Cuántas aspiraciones expondrán!

ALINA Así es. Resulta efectivo escribir en el pizarrón todas las cualidades positivas, que fluyan de ellas, como dice Rosa, todas sus aspiraciones.

ABEL De seguro quedarán plasmadas, entre otras, desde llegar a culminar estudios universitarios, hasta actuar solidariamente, respetando a sus semejantes o practicar deportes y no fumar, ni ingerir bebidas alcohólicas en exceso.

ALINA Claro es muy bueno que esta actividad sea colectiva porque cada uno de ellos recibirá y, a la vez aportará, criterios que en general conduzcan a definir un estilo de vida saludable. Pero “del dicho al hecho va más de un trecho” dice un refrán...

ROSA Tienes razón, después de creado este ambiente de discusión y definición de su paradigma, pudiéramos indicar que analicen:

¿Qué debo hacer para lograr un estilo de vida saludable?



ABEL A propósito, tanto la anterior como esta actividad precisan de la autorreflexión y la autovaloración por parte de los estudiantes, procesos necesariamente implicados al discriminar cómo quieren ser y qué requieren hacer para llegar a ello.

ALINA Efectivamente; además, en el análisis de la segunda, concluirán, entre otras cuestiones, que las mujeres y hombres, a diferencia de los otros animales, actúan para lograr un fin, pero que la consumación de éste depende de una característica distintiva del humano: la voluntad.

ROSA Sí, y que en dependencia de esta, podemos variar nuestros comportamientos o mejorar nuestro estado de vida y, por ende, en la medida que lo logremos, se fortalece nuestra autoestima.

ABEL Y nuestra salud, tanto física como mental.

ALINA Este tema puede tener numerosas aristas, no obstante, considero que las tratadas son suficientes...

ROSA Estoy de acuerdo, paremos aquí, porque en la próxima unidad analizaremos un aspecto importante en la actividad humana: la reproducción y junto a ésta, otra de las aristas que pueden ser tratadas como aspecto fundamental en la selección de un estilo de vida saludable, me refiero a la sexualidad humana.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 3

1. ¿Qué características presenta el ser humano que lo distingue del resto de los organismos vivos?
2. ¿Por qué decimos que esas características anteriores son comunes a todos los humanos y, a la vez, determinan diferencias entre ellos?

3. ¿Cómo lograr que los estudiantes escojan un estilo de vida saludable?

4. Por qué se dice que la realización de la actividad: “¿Qué debo hacer para lograr un estilo de vida saludable?”, precisa de la autorreflexión y autoevaluación por parte de los estudiantes.

ALINA: Este tema puede tener numerosas aristas, no obstante, considero que las tratadas son suficientes...

ROSA: Estoy de acuerdo, tenemos aquí, porque en la próxima unidad, analizaremos un aspecto importante en la actividad humana, la reproducción y junto a esta, otra de las aristas que pueden ser tratadas como aspecto fundamental en la selección de un estilo de vida saludable, me refiero a la sexualidad humana.

ALINA: Así es. Resalta efectivamente en el párrafo todas las cualidades positivas que hay en ellas, como dice Rosa, estas son sus aspiraciones.

De seguro quedarán plasmadas, entre otras, desde llegar a culminar estudios universitarios, hasta actuar solidariamente, respetando a sus semejantes o practicar deportes, ni hablar de ingerir bebidas alcohólicas en...

PAUSA DE RECAPITULACIÓN

¿Por qué decimos que estas especies son mejores que nosotros y todos los humanos y a la vez determinan diferencias entre ellas?

¿Qué características presenta el ser humano que lo distinguen de los organismos vivos?

11. ¿Qué estrategia se propone para el tratamiento de los contenidos correspondientes al apartado 4 de esta unidad didáctica?

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

Nota: Todas las cuestiones planteadas han sido discutidas detenidamente en la unidad didáctica. Por esta razón nos hemos limitado a tecer los apartados donde pueden encontrarse las respuestas.

IV. II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. Defina qué es la homeostasia.
2. Después de realizar una fuerte actividad física ocurren numerosos cambios en nuestro organismo.
 - * Relacione cada uno de esos eventos.
 - * Mencione los sistemas de órganos que los realizan.
3. Defina qué es un estímulo.
4. ¿Qué son los receptores?
5. ¿Cuáles son los sistemas de órganos que posibilitan el mantenimiento de la homeostasia?
6. ¿Qué estrategias se utilizan en esta unidad didáctica para que los estudiantes comprendan la función de protección de los huesos?
7. Ejemplifique mecanismos de regulación nerviosa, endocrina e inmunológica.
8. Exponga los criterios actuales sobre la interrelación funcional de los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico.
9. Hace pocos años la OMS declaró a nuestro planeta libre de viruela. Relacione algunos aportes científicos realizados en el decurso de cientos de años que contribuyeron a este triunfo de la ciencia.
10. La trasplantología de órganos constituye un valioso aporte de la Ciencia y la Tecnología actuales para mejorar la calidad de vida del ser humano. ¿En qué se basa el personal facultativo médico para determinar la posibilidad de trasplantar un órgano, evitando el rechazo?

11. ¿Qué estrategia se proponen para el tratamiento de los contenidos correspondientes al apartado 4 de esta unidad didáctica?

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

Nota: Todas las cuestiones planteadas han sido discutidas detenidamente en la unidad didáctica. Por esa razón nos hemos limitado a referir los apartados donde pueden encontrarse las respuestas.

1. Ver apartado 1.
2. Ver apartado 1.
3. Ver apartado 2.
4. Ver apartado 2.
5. Ver apartado 3.
6. Ver apartado 3.
7. Ver apartado 3. Puede consultar figura 1.
8. Ver apartado 3.
9. Ver apartado 3.
10. Ver apartado 3.
11. Ver apartado 4.

IV. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

UNA PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA EL TRABAJO CON LOS ALUMNOS

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
1. El organismo preserva su integridad.....	43
2. El organismo detecta los cambios en su medio interno y en su medio ambiente.....	43
3. Los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico regulan las funciones del organismo.	44
4. Los seres humanos son seres sociales	46

A.2. Repitan las anotaciones después de realizar un fuerte ejercicio físico.

A.3. Establezcan comparaciones de los resultados cuantificados en ambas situaciones y realicen conjeturas.

A.4. Relacionen los sistemas de órganos que intervienen en este mecanismo.

Comentarios A.1 a A.4. Son comentadas en el apartado 1.

Las posibilidades de mantener la homeostasia están garantizadas porque:

2. EL ORGANISMO DETECTA LOS CAMBIOS EN SU MEDIO INTERNO Y EN EL MEDIO AMBIENTE.

A.5. Expongan hipótesis que expliquen cómo el organismo detecta los cambios que en él ocurren.

En la unidad primera de este bloque abordamos las funciones nutricionales de manera integrada, destacando la actividad metabólica. En esta unidad nos referimos a varios aspectos de las funciones de relación, dando especial atención a la *homeostasia*. Ambas unidades se complementan en el estudio de las funciones vitales del ser humano.

El organismo como sistema abierto interactúa constantemente con el cambiante medio ambiente, lo cual supone que también se altere su medio interno. Sin embargo:

1. EL ORGANISMO PRESERVA SU INTEGRIDAD

A.1. *Formen pequeños equipos donde una o un estudiante sirva como “conejiillo de Indias” para que los otros integrantes:*

- a) *Anoten el número de pulsaciones por minuto en estado de reposo.*
- b) *Anoten el número de inspiraciones por minuto en estado de reposo.*

A.2. *Repitan las anotaciones después de realizar un fuerte ejercicio físico.*

A.3. *Establezcan comparaciones de los resultados cuantificados en ambas situaciones y realicen conjeturas.*

A.4. *Relacionen los sistemas de órganos que intervienen en este mecanismo.*

Comentarios A.1 a A.4. Son comentadas en el apartado 1.

Las posibilidades de mantener la homeostasia están garantizadas porque:

2. EL ORGANISMO DETECTA LOS CAMBIOS EN SU MEDIO INTERNO Y EN EL MEDIO AMBIENTE

A.5. *Expongan hipótesis que expliquen cómo el organismo detecta los cambios que en él ocurren.*

A.6. *Explica con detalles qué haces cuando al caminar rumbo a la casa debes cruzar una vía por la que circulan muchos vehículos automotores.*

A.7. *¿Qué pasaría si tuvieras que cruzar una vía transitada por muchos vehículos automotores con los ojos vendados?*

A.8. *Mencionen acciones realizadas en un día cualquiera y conjeturen qué estímulos los provocan y los receptores que los captan.*

Comentarios A.5 a A.8. Con este grupo de actividades pretendemos que los estudiantes expongan sus ideas previas acerca de las estructuras receptoras (A.5), para después conducirlos a considerar a los receptores externos y sus funciones (A.6 y A.7). Por último después de precisar la existencia de estructuras receptoras, les acercamos a reflexionar que toda actividad del organismo es la respuesta a un estímulo determinado (A.8).

Son muchos y diversos los receptores encargados de captar los estímulos provenientes, tanto del medio interno como del medio ambiente. En la ejecución de las respuestas a los estímulos intervienen numerosas estructuras interrelacionándose de manera coordinada y regulada.

3. LOS SISTEMAS NERVIOSO ENDOCRINO E INMUNOLÓGICO REGULAN LAS FUNCIONES DEL ORGANISMO

Sus mecanismos de acción pueden resumirse en un modelo general (figura 1). Por constituir circuitos cerrados, los mecanismos de regulación nerviosa resultan más evidentes a los estudiantes.

A.9. *Dibujen cómo respondería el organismo a un estímulo determinado, por ejemplo, a un pinchazo en una mano.*

A.10. *Expongan con dibujos los mecanismos que suponen ocurren en el organismo después de recibir un estímulo y que posibilitan se genere una respuesta.*

A.11. *Conjeturen cómo pueden ser protegidas estructuras nerviosas de tan vital importancia como el encéfalo y la médula espinal.*

A.12. *Intenten representar en un esquema los mecanismos que constituyen a la regulación nerviosa.*

A.13. *Conjeturen qué pasaría si la respuesta a un estímulo se mantiene después que éste desaparece.*

A.14. Conjeturen qué ocurre con los mecanismos de regulación nerviosa al utilizarse anestésicos y analgésicos.

Comentarios A.9 a A.14. Estas actividades son comentadas en el apartado correspondiente.

La regulación endocrina, específicamente la respuesta endocrina, es difícil de detectar en un organismo normal.

A.15. Después de leer la narración y describir qué cambios provoca el miedo en Tomás determinar:

a) ¿Qué estructura del organismo de Tomás elaboró esas respuestas?

b) ¿Por qué vías llegó la respuesta hasta esas estructuras?

“Tomás había realizado sus deberes escolares y ahora miraba la TV, mientras esperaba que llegaran sus padres, quienes visitaban a unos buenos amigos. De pronto le pareció sentir pasos en la habitación contigua. ¡Mamá, papá!, llamó esperando la tranquilizadora respuesta. Nadie respondió. De nuevo sintió los pasos. El corazón...

...Al fin sintió el coraje necesario, abrió la puerta y... una rana saltaba sobre una mesa, provocando sonidos similares a los pasos de una persona”.

Comentarios A.15. Esta actividad conduce a los estudiantes a recordar los cambios que el organismo sufre ante el miedo, considerando que son producidos por mecanismos de regulación nerviosa. Nuestro propósito es que la actividad en sí sea una motivación fuerte para familiarizarlos con la regulación endocrina.

A.16. Busquen el significado del término “hormona”.

A.17. Localicen y representen en una silueta humana las principales “glándulas endocrinas”.

A.18. Conjeturen dónde y mediante qué procesos metabólicos se “fabrican” las hormonas en el organismo.

A.19. Indaguen por qué algunas personas al llegar a la edad adulta tienen una estatura muy por debajo de lo normal, mientras que otras la sobrepasan desmesuradamente.

A.20. ¿Qué enfermedad padecen las personas que necesitan inyectarse insulina?

Comentarios A.16 a A.20. Estas actividades son comentadas en el apartado correspondiente.

Conocidas la regulación nerviosa y la endocrina, convendría tratar la regulación inmunológica, desconocida en la mayoría de los programas tradicionales de Ciencias Naturales.

A.21. *Analicen el dibujo (figura 7 de la unidad) y expongan cómo consideran que actúa el organismo.*

A.22. *¿Qué ocurrirá si el organismo pierde la batalla contra los agentes invasores?*

Comentarios A.21 a A.22. En **A.21** pretendemos que consideren cómo el organismo se defiende contra los agentes infecciosos, a partir de la exposición de sus pre-concepciones acerca de la actividad de algunas estructuras orgánicas, situación que nos permitirá acercarlos al conocimiento de la actividad inmunológica. Tras familiarizarlos con esta función, los encaminamos con **A.22** a considerar que si el sistema inmunológico no logra vencer, el organismo puede morir al variar su composición química.

A.23. *Exponer hipótesis a los siguientes cuestionamientos y afirmaciones.*

- a) *¿Qué pasará a una persona cuyo sistema nervioso no elabore respuestas adecuadas a los estímulos recibidos?*
- b) *¿Puede mantener su vida normal un individuo cuyas glándulas endocrinas presentan trastornos en su función?*
- c) *El virus del SIDA impide que el sistema inmunológico realice su función reguladora. ¿Cómo afectará esto al organismo?*

Comentarios A.23. Con esta actividad pretendemos que los estudiantes apliquen los conocimientos construidos acerca de los sistemas de regulación, al hacerlos conjeturar acerca de situaciones concretas.

Las funciones de relación en el ser humano tienen connotaciones que las hacen únicas del *Homo sapiens*, diferenciándolo del resto de los organismos.

4. LOS SERES HUMANOS SON SERES SOCIALES

A.24. *Redactar una composición con el título "¿Quisiéramos vivir así"?*

A.25. Responder al cuestionamiento: “¿Qué debo hacer para lograr un estilo de vidas saludable?”

Comentarios A.24 a A.25. Estas actividades son comentadas en el apartado correspondiente.

IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS

NOTA: Recordemos que el objetivo de esta recapitulación es propiciar una lectura detenida de los principales aspectos didácticos tratados en la unidad y contribuir así a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

No se trata, claro está, de realizar una búsqueda exhaustiva de todos los contenidos didácticos (puesto que la mayoría de ellos aparecen explícita o implícitamente en casi todas las unidades didácticas), sino de recoger los más destacados en el desarrollo de la unidad.

Con el objeto de proporcionar una cierta retroalimentación a cada profesor, y ayudarle a constatar que se ha prestado suficiente atención a los aspectos didácticos tratados, se incluye en este anexo una recapitulación al respecto.

* En la introducción de la unidad se prestó atención a la concepción preliminar de la tarea y al hito conductor que articulará las diferentes actividades.

* También quedaron plasmados en ella los objetivos, así como una propuesta de contenidos fundamentada.

* En general, esta unidad didáctica retoma contenidos de bloques anteriores; por ejemplo, las funciones de relación se trataron en concordancia con ideas acerca de los sistemas de órganos, introduciéndose ideas sobre la homeostasia y la interrelación funcional entre los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico.

* En la organización de las actividades de los estudiantes se mantuvo, como denominador común, la concepción de investigación dirigida.

* Sin embargo, estas actividades son variadas; unas plantean problemas, otras conducen a la elaboración de hipótesis y otras posibilitan la detección de preconcepciones.

* Tienen una significación especial las actividades de síntesis, integración y aplicación de conocimientos; por ejemplo, las relacionadas con el modelo general de un mecanismo de regulación.

* Se le concedió una especial relevancia a las actividades tendientes a crear valores con relación a conseguir la ductilidad del comportamiento humano y por tanto, la posibilidad de elegir estilos de vida saludables.

IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS

Esta Unidad Didáctica trata aspectos significativos de las funciones de relación.

NOTA: Recordemos que el objetivo de esta recapitulación es propiciar una lectura detenida de los principales aspectos didácticos tratados en la unidad y contribuir así a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

No se trata, claro está, de realizar una búsqueda exhaustiva de todos los contenidos didácticos (puesto que la mayoría de ellos aparecen explícita o implícitamente en casi todas las unidades didácticas), sino de recoger los más destacados en el desarrollo de la unidad.

Con el objeto de proporcionar una cierta retroalimentación a cada profesor, y ayudarlo a constatar que se ha prestado suficiente atención a los aspectos didácticos tratados, se incluye en este anexo una recapitulación al respecto.

* En la introducción de la unidad se prestó atención a la concepción preliminar de la tarea y al hilo conductor que articulará las diferentes actividades.

* También quedaron plasmados en ella los objetivos, así como una propuesta de contenidos fundamentada

* En general, esta unidad didáctica retoma contenidos de bloques anteriores: por ejemplo, las funciones de relación se trataron en concordancia con ideas acerca de los sistemas de órganos, introduciéndose ideas sobre la homeostasia y la interrelación funcional entre los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico.

* En la organización de las actividades de los estudiantes se mantuvo, como denominador común, la concepción de investigación dirigida.

* Sin embargo, estas actividades son variadas; unas plantean problemas, otras conducen a la elaboración de hipótesis y otras posibilitan la detección de preconcepciones.

* Tienen una significación especial las actividades de síntesis, integración y aplicación de conocimientos; por ejemplo, las relacionadas con el modelo general de un mecanismo de regulación.

* Se le concedió una especial relevancia a las actividades tendentes a crear valoraciones con relación a considerar la ductilidad del comportamiento humano y por tanto, la posibilidad de elegir estilos de vida saludables.

IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS

NOTA: Recomendamos que el objetivo de esta recapitulación es propiciar una lectura detenida de los principales aspectos didácticos tratados en la unidad y contribuir así a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

No se trata de realizar una búsqueda exhaustiva de todos los contenidos didácticos (puesto que la mayoría de ellos aparecen explícita o implícitamente en casi todas las unidades didácticas), sino de recoger los más destacados en el desarrollo de la unidad.

Con el objeto de proporcionar una cierta retroalimentación a cada profesor y ayudarle a constatar que se ha prestado suficiente atención a los aspectos didácticos tratados, se incluye en este anexo una recapitulación al respecto.

* En la introducción de la unidad se presta atención a la concepción preliminar de la tarea y al hilo conductor que articulan las diferentes actividades.

* También quedan plasmados en ella los objetivos, así como una propuesta de contenidos fundamentada.

* En general, esta unidad didáctica reúne contenidos de bloques anteriores; por ejemplo, las funciones de relación se tratan en concordancia con ideas acerca de los sistemas de órganos, introduciéndose ideas sobre la homeostasis y la interacción funcional entre los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico.

* En la organización de las actividades de los estudiantes se maneja, como denominador común, la concepción de investigación dirigida.

* Sin embargo, estas actividades son variadas; unas plantean problemas, otras conducen a la elaboración de hipótesis y otras posibilitan la detección de preconcepciones.

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

Esta Unidad Didáctica trata aspectos significativos de las funciones de relación. No obstante existir una amplia bibliografía, sugerimos algunos títulos con el propósito de profundizar en los temas científicos tratados en ellos.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS

Recomendamos consultar el título: *Tratado de Fisiología Médica*; Guyton Arthur C. (6ta. edición), Ediciones Revolucionarias. Cuba. 1985.

ASPECTOS INMUNOLÓGICOS

Recomendamos consultar el título: *Inmunología*; Bellanti, J.A., Editorial Interamericana, México.

También resulta interesante la revista *Immunology Today*, Volumen 15, No.11, noviembre 1994. Edición Elsevier Trends Journal U.K.

ASPECTOS DIDÁCTICOS

El enfoque didáctico de esta unidad se basa en la concepción de la enseñanza como una investigación dirigida, específicamente a lograr en los estudiantes un aprendizaje significativo, a partir de su participación directa en la construcción de los conocimientos.

Por tanto, la *Unidad Introdutoria* de este Curso de Formación de Profesores de Ciencias, resulta un material de imprescindible consulta para profundizar en la orientación didáctica de esta unidad.

Curso Didáctica

Unidad Introdutoria

Bloque I. Comprender y ordenar los cambios de la materia

- Unidad I.1. La energía: La invención de un concepto fructífero
- Unidad I.2. Cambios en la energía de los sistemas
- Unidad I.3. ¿Cómo se transmite la energía? Introducción al estudio de las ondas
- Unidad I.4. Usos de la energía: Papel de la energía en nuestras vidas
- Unidad I.5. Fuentes de energía: Problemas asociados a su obtención y uso

Bloque II. Los sistemas ecológicos

- Unidad II.1. Ecología: Todo está enlazado
- Unidad II.2. Población: Un nivel estructurante
- Unidad II.3. La biosfera: El ecosistema mayor
- Unidad II.4. Ecología y sociedad: Integración para una gestión sostenible

Bloque III. Seres vivos

- Unidad III.1. Diversidad y unidad de los seres vivos
- Unidad III.2. De la célula a los organismos
- Unidad III.3. Necesidad de ordenar la diversidad
- Unidad III.4. El mundo vegetal
- Unidad III.5. El mundo animal

Bloque IV. Propiedades y estructuras de la materia

- Unidad IV.1. Aire, agua, tierra: Un modelo para la materia
- Unidad IV.2. Los materiales en la vida cotidiana: Sus propiedades y usos
- Unidad IV.3. Combustiones y corrosiones
- Unidad IV.4. Naturaleza eléctrica de la materia
- Unidad IV.5. Los ácidos y las bases: Sustancias contrapuestas

Bloque V. Estudio de algunos sistemas materiales: La Tierra como medio físico de la Biosfera

- Unidad V.1. La Tierra en el Universo. El Sistema Solar
- Unidad V.2. La Atmósfera y el aire
- Unidad V.3. La Hidrosfera
- Unidad V.4. La Litosfera. Rocas y minerales. Suelos

Bloque VI. El cuerpo humano y la salud

- Unidad VI.1. Del medio ambiente a la célula y de ésta al medio ambiente. Funciones nutricionales
- Unidad VI.2. La interrelación organismo - medio ambiente es coordinada y regulada. Las funciones de relación
- Unidad VI.3. La sexualidad y la reproducción humana
- Unidad VI.4. Hacia una sociedad saludable

Materiales impresos del "Curso de Formación de Profesores de Ciencias" (FORCIENCIAS)

- Guía Didáctica
- Unidad Introductoria

Bloque I. *Comprender y orientar los cambios de la materia*

- Unidad I.1. La energía: La invención de un concepto fructífero
- Unidad I.2. Cambios en la energía de los sistemas
- Unidad I.3. ¿Cómo se transmite la energía? Introducción al estudio de las ondas
- Unidad I.4. Usos de la energía: Papel de la energía en nuestras vidas
- Unidad I.5. Fuentes de energía: Problemas asociados a su obtención y uso

Bloque II. *Los sistemas ecológicos*

- Unidad II.1. Ecología: Todo está enlazado
- Unidad II.2. Población: Un nivel estructurante
- Unidad II.3. La Biosfera: El ecosistema mayor
- Unidad II.4. Ecología y sociedad: Integración para una gestión sustentable

Bloque III. *Seres vivos*

- Unidad III.1. Diversidad y unidad de los seres vivos
- Unidad III.2. De la célula a los organismos
- Unidad III.3. Necesidad de ordenar la diversidad
- Unidad III.4. El mundo vegetal
- Unidad III.5. El mundo animal

Bloque IV. *Propiedades y estructuras de la materia*

- Unidad IV.1. Aire, agua, tierra: Un modelo para la materia
- Unidad IV.2. Los materiales en la vida cotidiana: Sus propiedades y usos
- Unidad IV.3. Combustiones y corrosiones
- Unidad IV.4. Naturaleza eléctrica de la materia
- Unidad IV.5. Los ácidos y las bases: Sustancias contrapuestas

Bloque V. *Estudio de algunos sistemas materiales: La Tierra como medio físico de la Biosfera*

- Unidad V.1. La Tierra en el Universo. El Sistema Solar
- Unidad V.2. La Atmósfera y el aire
- Unidad V.3. La Hidrosfera
- Unidad V.4. La Litosfera. Rocas y minerales. Suelos

Bloque VI. *El cuerpo humano y la salud*

- Unidad VI.1. Del medio ambiente a la célula y de ésta al medio ambiente. Funciones nutricionales
- Unidad VI.2. La interrelación organismo - medio ambiente es coordinada y regulada. Las funciones de relación
- Unidad VI.3. La sexualidad y la reproducción humana
- Unidad VI.4. Hacia una sociedad saludable



Ministerio de Educación y Cultura de España

en coproducción con

Ministerio de Cultura y Educación (Argentina)

Ministerio de Educación (Cuba)

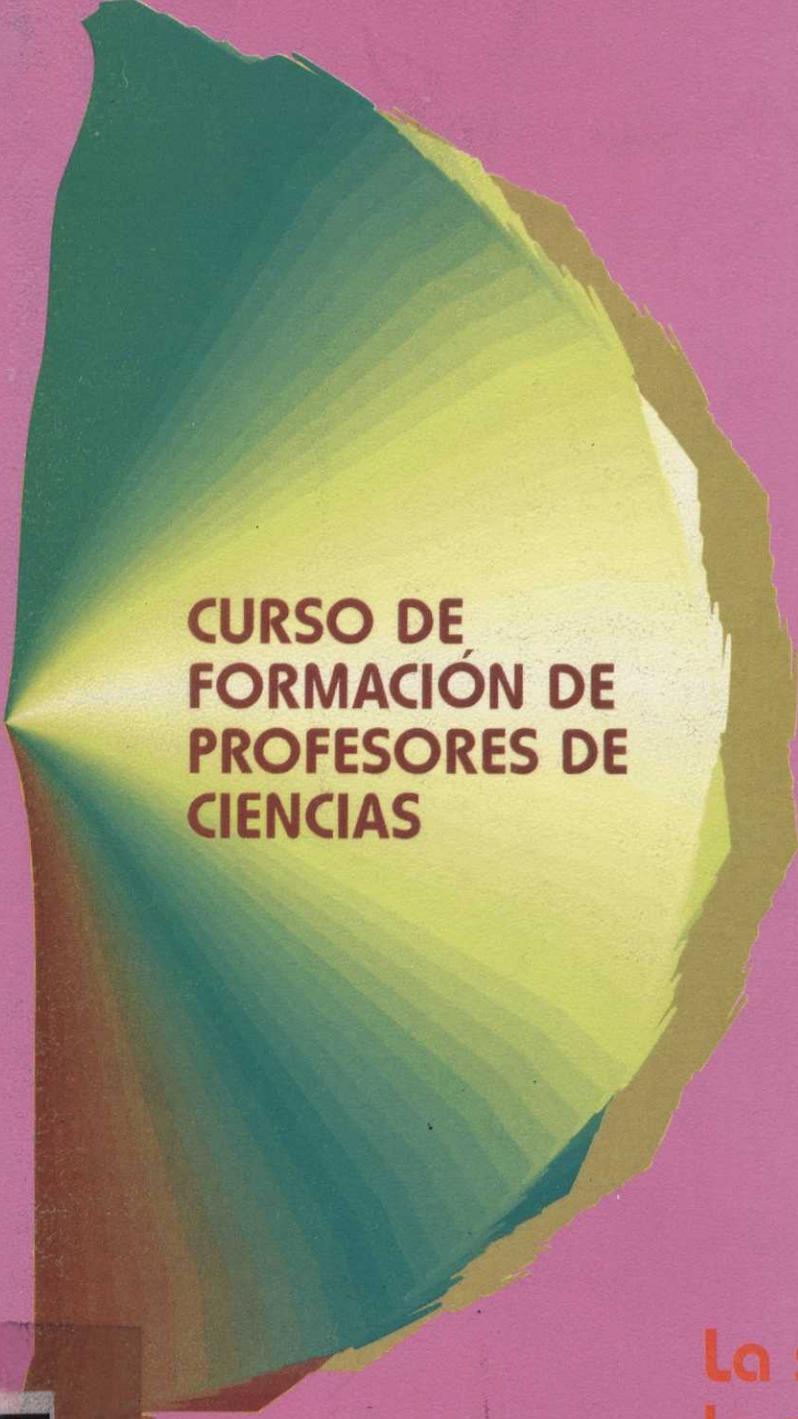
Ministerio de Educación / U.P.E.L. / U.C.V. / (Venezuela)

Universidad Autónoma de Barcelona (España)

Televisión Educativa Iberoamericana

44

VI
El cuerpo humano y la salud



**CURSO DE
FORMACIÓN DE
PROFESORES DE
CIENCIAS**

3.
**La sexualidad y
la reproducción
humana**

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

Autores:

Oilda C. Abreu Alfonso

(Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona")

Raquel Rodríguez Arián

(Instituto Pedagógico de Ciencias Exactas)

Dirección y coordinación general:

Antonio Gutiérrez Martín

Cristina Sanz Alves

MEC - España

Dirección científica y didáctica:

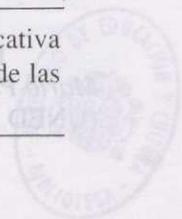
Daniel Gil Pérez (Universitat de València - España)

Dirección de la producción audiovisual:

Enric Pérez i Obiol (UAB - España)

Este curso de enseñanza a distancia para la Televisión Educativa Iberoamericana se compone de 28 unidades didácticas, cada una de las cuales consta de material impreso y de un programa audiovisual.

R. 136455



CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS



Equipo coordinador del proyecto en Cuba:

Francisco Trápaga Mariscal (Cinematografía Educativa)
Virginia Martín-Viaña Cuervo (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas
Ministerio de Educación)
Reinaldo Forcade Rábago (Ministerio de Educación)
Luis Suárez Moya (Cinematografía Educativa)

Diseño metodológico para la educación a distancia:
María Pilar González, Soledad Esteban Santos, Carlos Romera Carrión
(UNED - España)

CURSO DE FORMACIÓN
PARA
PROFESORES DE CIENCIAS

UNIDAD VI.3

LA SEXUALIDAD Y
LA REPRODUCCIÓN HUMANA

Autores:

Oilda C. Abreu Alfonso

(Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona")

Raquel Rodríguez Artau

(Instituto Pre-universitario Vocacional de Ciencias Exactas

"Vladimir Ilich Lenin")

Revisión Científica y Didáctica del texto:

Daniel Gil Pérez

(Universitat de València - España)

R. 136438



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los colegas que han contribuido con sus acertadas críticas y sugerencias a enriquecer esta obra. En particular queremos destacar la lectura cuidadosa de los textos y la participación en discusiones colectivas de Virginia Martín-Viaña (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas), Natalia Campuzano (Dirección Provincial de Educación de Ciudad de La Habana), Jorge Hernández y Ana T. Carrillo (Instituto Superior Pedagógico "Enrique J. Varona"), así como la revisión de Rafael Vanegas (Ministerio de Salud Pública).

También agradecemos la colaboración prestada por Caridad López (redactora) y Luis Bestard (dibujante) de la Editorial Pueblo y Educación, quienes con su trabajo han contribuido a realzar esta unidad.

Es de destacar la labor realizada por Blanca Raga y Martha Carbonell en la reproducción del referido material.

Asimismo, nuestro agradecimiento a los compañeros del Departamento de Correos Internacionales del Banco Nacional de Cuba, por las facilidades que nos han brindado para el envío de los materiales.

Por último, agradecemos también la fructífera colaboración que la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) está prestando, en las personas de M^º José García Sipido y Salvador Muñoz, en la implantación del proyecto en los países participantes.

LA REPRODUCCIÓN HUMANA Y LA SEXUALIDAD

Autores:

Otilio C. Abreu Alfonso
(Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona")
Rafael Rodríguez Artime
(Instituto Pre-universitario Vocacional de Ciencias Exactas
"Vladimir Ilich Lenin")

Revisión Científica y Didáctica del texto:
Equipo coordinado por el profesor en Cuba
Daniel Gil Pérez

Francisco Trápaga (Universidad de Valencia, España)
Virginia Martín-Viaña Cuervo (Instituto Central de Ciencias Pedagógicas
Ministerio de Educación)

© **Óscar Forcada Rabazo** (Ministerio de Educación)
Ministerio de Educación y Cultura (España)
Universidad Autónoma de Barcelona

ISBN: 84-369-2802-4 (Obra completa)

ISBN: 84-369-3010-X (Unidad VI.3)

Depósito legal: M-18934-1997

Diseño de cubierta: Dpto. Dibujo UNED

Imprime: Din Impresores

Marqués de San Gregorio, 5 - 28026 Madrid

FFA.051.9

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
I. DESARROLLO DE LA UNIDAD	9
1. Introducción	9
2. Somos adolescentes	16
3. La maravilla de nacer	30
3.1. De la fecundación al nacimiento. Cuidemos a la embarazada y al recién nacido	30
3.2. El embarazo en la adolescencia	42
4. Adoptemos actitudes sexuales y reproductoras responsables	48
4.1. Conservemos y mejoremos nuestra salud sexual	60
II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN	65
III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE	67
IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS.....	81
V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA	85
<p><i>ABEL</i> Sin embargo, si los organismos no se reprodujeran, ocurriría la extinción de las especies.</p> <p><i>ALINA</i> Entonces, creo que podríamos hacer reflexionar a los estudiantes acerca de esta, al responder la interrogante siguiente:</p> <p style="text-align: center;"><i>¿Cómo es posible que la especie humana se conserve en el tiempo?</i></p>	

I. DESARROLLO DE LA UNIDAD

1. INTRODUCCIÓN

ALINA En las unidades didácticas anteriores se han abordado diversos temas de interés acerca del cuerpo humano.

ABEL Pero aún no hemos completado su estudio. Para ello, es necesario también abordar la reproducción, como una función característica de las especies.

¿De qué modo podemos concebir el estudio de la función de la reproducción humana?



ROSA Pienso que debemos partir de la consideración de que la reproducción, a diferencia del resto de las funciones, no es indispensable en el mantenimiento del metabolismo y, por tanto, de la vida de un organismo. Si un individuo no se reproduce, eso no le provoca la muerte; pero si se afectan otras funciones, como la respiración, la excreción o la regulación nerviosa, puede enfermarse e, incluso, morir.

ABEL Sin embargo, si los organismos no se reprodujeran, ocurriría la extinción de las especies.

ALINA Entonces, creo que podríamos hacer reflexionar a los estudiantes acerca de esto, al responder la interrogante siguiente:

¿Cómo es posible que la especie humana se conserve en el tiempo?



ROSA Por supuesto, en sus respuestas, los alumnos y las alumnas establecerán relaciones con algunos conocimientos construidos durante el desarrollo del bloque en donde estudiaron los seres vivos y, en particular, la reproducción de los animales.

ALINA ¡Un momento! ¿No les parece que, al establecer esas relaciones, se pudieran reforzar ideas confusas como, por ejemplo, que la reproducción en el hombre es una función instintiva?

ROSA ¡Al contrario! Creo que sería muy conveniente que pudiéramos planificar alguna actividad que permitiera, precisamente, poner “al descubierto” esas ideas, que es una forma de provocar cambios conceptuales.

ABEL Bien, qué opinan si les pedimos, para iniciar, que:

Realicen una comparación entre la reproducción en el hombre y la de los animales.



ROSA Sí, estimo que esta actividad puede propiciar que reflexionen y esclarezcan que, mientras el comportamiento sexual en los animales es básicamente instintivo, en los seres humanos la función desempeñada por estos instintos de apareamiento se encuentra condicionada y subordinada al carácter socio-cultural.

ALINA En efecto, los seres humanos aprendemos, en condiciones de vida concretas, formas humanas y socializadas de comportamiento sexual; por ello, son muy variables las diferencias observadas entre la conducta de las personas en diferentes épocas históricas y ámbitos culturales.

ROSA Además, debemos propiciar que evidencien, en esa comparación, que el hombre y la mujer pueden planificar su unión y descendencia, otro aspecto que los diferencia sustancialmente del resto de los animales.

ABEL Y este análisis nos lleva a otra conclusión.

ROSA ¡Dila!, que me tienes intrigada.

ABEL Que es necesario estudiar, conjuntamente con la reproducción humana, el tema de la sexualidad.

ROSA Pero eso nos crearía otros problemas. Nuestros alumnos son muy jóvenes, y abordar ese tema en clases podría despertar inquietudes e incitarlos a tener relaciones sexuales antes de tiempo.

ABEL Todo lo contrario. Los estudios al respecto han demostrado que si los adolescentes empiezan a tener relaciones sexuales muy tempranamente, eso no se debe a la educación sexual, sino más bien a la falta de ésta. Además, la educación sexual, no es sólo información anatómica, fisiológica e higiénica de los órganos genitales, sino preparar a los niños y adolescentes para la vida de relación e intimidad con igualdad de condiciones, sin importar el género.

ALINA Este tipo de educación nunca puede hacer daño, sino, al contrario, es necesaria y beneficiosa, porque contribuye a la preparación de las nuevas generaciones para el disfrute de su propia sexualidad, siempre con el respeto hacia los deseos y necesidades de los demás.

ROSA Confieso que me convencieron, pero insisto en que me preocupa mucho la forma en que tratemos este tema.

ALINA Debemos ser muy cuidadosos, no sólo al seleccionar los temas a tratar, sino también al planificar la estrategia a seguir para el desarrollo de esta unidad didáctica.

ABEL Y tener en cuenta que los estudiantes tienen una propensión natural hacia el tema, por lo que sólo lograremos nuestros objetivos si aceptamos a priori dialogar franca y profundamente, sin evadir los aspectos que demuestren ser del interés de los alumnos y las alumnas.

ROSA ¡De acuerdo! Sería un fracaso si los docentes tratamos de influir mediante prohibiciones y amenazas incesantes para evitar “posibles consecuencias”. En cambio, debemos crear un clima de confianza, que permita la comunicación de preocupaciones.

ALINA Se ha comprobado que la confianza en el profesor es de un gran valor educativo, ya que facilita la inclusión emocional del adolescente en la actividad de aprendizaje. Por esta razón, resulta indispensable la sinceridad y el respeto a las particularidades de cada estudiante, el tacto y la discreción.

ROSA Entonces, las actividades que programemos deben ser asequibles, tomando en consideración las etapas de su desarrollo y sus peculiaridades individuales. Recuerden que las edades de nuestros estudiantes oscilan entre 10 y 15 años, y que este es un período sensible, en el que se consolidan la identificación genérica y la orientación sexual.

ALINA Es preciso comprender que no puede haber “un demasiado temprano” si planifican actividades adecuadas a su edad. En todo caso, siempre es

mejor “actuar con un año de anticipación que con sólo un minuto de retraso”.

ABEL Recuerden que la educación no puede limitarse a seguir el desarrollo, sino que tiene que ir más allá e influir activamente en éste; lo que significa, en educación sexual, la construcción de conocimientos, convicciones y normas de conducta que les permitan enfrentar de forma responsable las situaciones de la vida sexual. Para lograrlo, no debemos esperar “cruzados de brazos” a que ocurran las situaciones, sino que es indispensable anticiparnos a ellas.

ROSA Entonces:

¿Qué criterios debemos adoptar para organizar los contenidos de esta unidad didáctica?



ALINA Para mí está claro que dentro de la educación sexual es necesario abordar los aspectos biológicos en la reproducción humana, que permitan el desarrollo de actitudes positivas ante su pareja y la familia.

ROSA Yo tengo mis dudas al respecto. Pienso que, al estudiar estos aspectos paralelamente, los alumnos pudieran pensar que la reproducción y la sexualidad humanas son lo mismo.

ALINA ¡Todo lo contrario! Creo que, de esta forma, puede esclarecerse más que, en la especie humana, la reproducción no es sólo un hecho biológico, sino que es un hecho sociocultural adquiere una repercusión social, además de reconocer que la sexualidad no tiene, como única función, a la reproducción, sino que es una parte integrante de la personalidad y que se expresa en todo lo que una persona hace.

ROSA Pero, Alina, en nuestro contexto subyacen tradiciones culturales sexofóbicas, que reducen la sexualidad a la reproducción e, incluso, la catalogan como “la enfermedad de la naturaleza”.

ALINA ¿Y no crees que es hora de preocuparnos por cambiar eso? No constituye un problema nuevo. Al estudio de la sexualidad, se han dedicado muchas personas de ciencia desde principios de los años 20 y a lo largo de nuestro siglo. Pudiéramos mencionar las ideas de Sigmund Freud (1856-1939), quien consideraba la sexualidad como fuerza primigenia que motiva todos los actos humanos.

ABEL ¡Ah!, muy interesante. ¿Has oído hablar de Gregorio Marañón, el creador del Movimiento Sexológico en España, en los años 20? ¿Y de los trabajos de Kinsey, Masters y Johnson, en los Estados Unidos, después de la segunda Guerra Mundial? Estos últimos autores estimaron que, para adentrarse y comprender las complejidades de la sexualidad humana, es necesario aprender anatomía y fisiología, y manejar las características psicológicas y sociales del ser humano. ¿Qué opinan de esto?

ROSA Tienen razón; por supuesto que, sin ese enfoque, no lograremos cambios en los conceptos y las actitudes de nuestros estudiantes en cuanto a la sexualidad.

ALINA Fíjate, Rosa, el conocimiento, por sí solo, no garantiza que nuestros estudiantes lleguen a adoptar decisiones conscientes y responsables en su comportamiento sexual; por eso, es necesario la integración de la construcción de conocimientos, y de normas y valores morales sexuales, destacando, en todo momento, la influencia que en los procesos biológicos ejercen los factores sociales, culturales y psicológicos.

ROSA Abel, ¿qué haces que estás tan calladito?

ALINA Es verdad, nos tienes intrigadas.

ABEL En un momento lo sabrán. Mientras discutían, yo daba los toques finales a esta propuesta de contenido. ¿Qué opinan?

LA REPRODUCCIÓN Y LA SEXUALIDAD HUMANA

- Somos adolescentes
- La maravilla de nacer
 - De la fecundación al nacimiento. Cuidemos a la embarazada y al recién nacido
 - El embarazo en la adolescencia
- Adoptemos actitudes sexuales y reproductoras responsables
 - Conservemos y mejoremos nuestra salud sexual

ALINA ¡Muy bien, Abel! Creo que has logrado conjugar nuestros criterios de abordar lo anatomofisiológico de la reproducción, junto a los aspectos relacionados con la higiene y la sexualidad humanas, pero... hay algo que me llama mucho la atención.



- ABEL** Dímelo, no tengas pena.
- ALINA** ¿Por qué todo en primera persona del plural: somos, cuidemos, adoptemos, conservemos? ¿Por qué no en singular?
- ABEL** Recuerda que debemos considerar como sujeto escolar, no sólo a los alumnos en forma individual, sino a todo el grupo, y tener muy en cuenta las interacciones que se producen entre ellos y las que establecen con la comunidad en la que conviven.
- ROSA** Esto es muy importante tratándose de la reproducción y la sexualidad humanas, que tienen tanta repercusión en la adopción, por parte de los alumnos, de actitudes en su familia, en su grupo y en su comunidad.
- ABEL** Y mucho más en los adolescentes. Ellos experimentan una gran necesidad de reconocimiento de su colectivo, lo que constituye una poderosa fuerza que los impulsa a desarrollar actitudes y valores, de acuerdo con las exigencias del grupo.
- ROSA** Además, sólo en el grupo tenemos posibilidades de fomentar las relaciones de cooperación y ayuda entre sexos, de discutir y analizar actitudes y opiniones, todo lo cual es importante en la formación de la responsabilidad individual.
- ABEL** Me alegra mucho que hayan comprendido mi intención.
- ROSA** Opino que debemos adoptar esta propuesta con la mayor flexibilidad, pues podemos encontrar diferencias entre las concepciones y los intereses de los estudiantes de 10 y 11 años y los de 14 y 15, ya que en esta etapa suele haber desniveles en el desarrollo físico y psíquico, incluso, entre los muchachos y las muchachas de la misma edad.
- ALINA** De hecho, esto nos obliga a pensar en:
- ¿Cómo determinar cuáles son las concepciones y los intereses de los estudiantes acerca de la reproducción y la sexualidad humanas?**
- 
- ABEL** Pienso que debemos confeccionar un buzón titulado ¿Qué sé y qué quiero saber acerca de la reproducción y la sexualidad humanas?, y pedirles que:

Elaboren preguntas sobre lo que quieran saber acerca de la reproducción y la sexualidad humanas.



- ROSA** Los estudiantes pueden expresar sus inquietudes en forma anónima y, si lo mantenemos durante toda la unidad didáctica, sería una fuente de retroalimentación para nosotros, debido a que nos permitirá conocer los cambios cognoscitivos que deben producirse durante el desarrollo del programa de actividades.
- ALINA** Estimo que la idea del buzón es muy buena, yo hice algo similar el curso escolar pasado y obtuve buenos resultados. Además, si después distribuimos el material recopilado por equipos de trabajo, podemos potenciar la comunicación entre ellos y el surgimiento de otros temas y preocupaciones.
- ROSA** Esto facilitará que desaparezcan paulatinamente las inhibiciones y los temores a hablar sobre la reproducción y la sexualidad.
- ALINA** Y también contribuirá a fomentar actitudes positivas ante la reproducción y la sexualidad humanas, que favorezcan el desarrollo armónico de nuestros estudiantes y su preparación para asumir adecuadamente su roles futuros en la sociedad.
- ROSA** No sólo su futuro; su presente es también muy importante. Mantener a los adolescentes en un ambiente de silenciamiento, tabúes y prejuicios puede ser causa de grandes problemas, riesgos y daños, que pueden repercutir en toda su vida.
- ABEL** ¡Oh! Veo que estás hablando con una gran convicción.
- ROSA** Con unos colegas como los míos, ¿quién no se convence?
- ABEL** Bien, creo que nos merecemos un descanso.
- ROSA y ALINA** ¡De acuerdo!



Dimelo, no tengas pena.
 Elabora preguntas sobre lo que quieres saber acerca de
 la sexualidad y la reproducción humana.
 ¿Por qué en plural? ¿Por qué no en singular?
 ¿Por qué no en singular?



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 1

1. ¿Qué importancia tiene la educación sexual?
2. ¿Por qué debemos crear un clima de confianza al tratar temas relacionados con la sexualidad humana?
3. ¿Es recomendable decir siempre la verdad a los estudiantes ante sus inquietudes sexuales?
4. ¿Por qué es necesario, siempre, tener en cuenta la adecuación de los contenidos al desarrollo de los estudiantes?
5. ¿A qué se debe que se proponga analizar la reproducción junto a los temas referidos a la sexualidad?
6. ¿Qué actividades podemos hacer para conocer cuáles son las ideas y conjeturas de los alumnos acerca de la reproducción y la sexualidad humanas?

2. SOMOS ADOLESCENTES

- ROSA** Considero que ya están creadas las condiciones para comenzar a debatir el primer tema de nuestra unidad didáctica.
- ABEL** Seguramente, en el buzón habrán planteado inquietudes acerca de las transformaciones que observan en sus cuerpos y que no se pueden explicar.
- ALINA** Por supuesto, en muchos de los alumnos y las alumnas se han iniciado los cambios prepuberales y, en algunos casos, los puberales.
- ROSA** Nosotros trabajamos con estudiantes que están en un período muy difícil, al que solemos llamar adolescencia.
- ABEL** Me tienen un poco confundido; Alina habla de cambios puberales y tú dices que esta etapa es la adolescencia. ¿Cómo debemos nombrarla?

- ALINA** Yo entiendo por pubertad al período de desarrollo en el que se producen bruscos cambios físicos y psicológicos que incluyen, desde el clásico “estirón”, hasta el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, el comienzo de la menstruación en las chicas y, en los chicos, la capacidad de eyacular, entre otros.
- ROSA** Hay autores que utilizan indistintamente esa misma definición para el término adolescencia que para el de pubertad. Otros plantean que la adolescencia es una manifestación psico-socio-cultural que va unida a los fenómenos fisiológicos de la pubertad.
- ALINA** Es cierto, aunque la Organización Mundial para la Salud (OMS), se refiere a la pubertad como una etapa inicial en que ocurren los cambios más bruscos.
- ROSA** Y si nos referimos a los límites de edades, agregaríamos que la adolescencia no tiene coordenadas fijas, aparece en fases diversas de duración variable. Según la OMS, comienza a los 10 años y se puede extender hasta los 20. Generalmente los cambios se producen en las chicas con uno o dos años de antelación con respecto a los chicos.
- ALINA** Esa es la causa por la que con frecuencia se observa que nuestras alumnas, entre las edades de 10 y 14 años, son más altas y tienen un mayor desarrollo físico que los alumnos.
- ABEL** Todo lo que dicen es cierto. He observado que muchas veces estas diferencias ocasionan algunos conflictos entre los estudiantes.
- ALINA** Una razón más para dedicar esfuerzos a que comprendan los cambios de esta etapa.
- ROSA** Los cambios en el adolescente no aparecen simultáneamente; por lo que, en algunos casos, presentan un aspecto desproporcionado que provoca cierta desazón en algunos de ellos.
- ABEL** Estoy muy de acuerdo con ustedes en que los estudiantes necesitan conocer cuáles son los cambios que se producen en este período de la vida para, de esta forma, contribuir a que esta etapa transcurra lo más favorablemente posible sin convertirse en una etapa de “crisis”, ya que junto a las transformaciones biológicas, se producen también cambios importantes en su conducta. Por tanto, les invito a pensar en:

¿Cómo dirigir el interés cognoscitivo de los estudiantes hacia el estudio de los cambios que ocurren en la adolescencia?



ALINA Propongo iniciarlo con actividades que les permitan compararse con estadios de desarrollo anteriores. Por ejemplo:

Observen fotografías desde que eran bebotes hasta la actualidad.



ABEL O pudiéramos pedirles que:

Caractericen cómo eran a los 6 meses, a los 6 años, y cómo son ahora.



ROSA Pienso que también es necesario hacerlos reflexionar personalmente sobre las transformaciones de su cuerpo y su persona; por eso me gustaría mucho más preguntarles.

¿Eres igual hoy que en tu cumpleaños anterior? ¿En qué has cambiado?



ALINA ¡Claro Rosa! Esta pregunta los llevará a la autorreflexión y a la valoración de sí mismos, lo que les permitirá reconocer sus cambios, no sólo en el plano biológico, sino también en el plano social, en relación con sus gustos, intereses, formas de actuar y sus relaciones con otros estudiantes.

ABEL Sería interesante que, durante la puesta en común de las respuestas a estas preguntas, los estudiantes expongan en un clima de confianza sus criterios e inquietudes, lo cual les ayudará a reconocer, en primer lugar, que los cambios de la adolescencia son una consecuencia natural de las transformaciones que ocurren tanto en los alumnos como en las alumnas para convertirse en hombres y mujeres, respectivamente.

ALINA Esto les ayudará a construir conocimientos acerca de su cuerpo y su crecimiento, así como de las diferencias con el otro sexo, lo cual está imbricado con la identificación genérica.

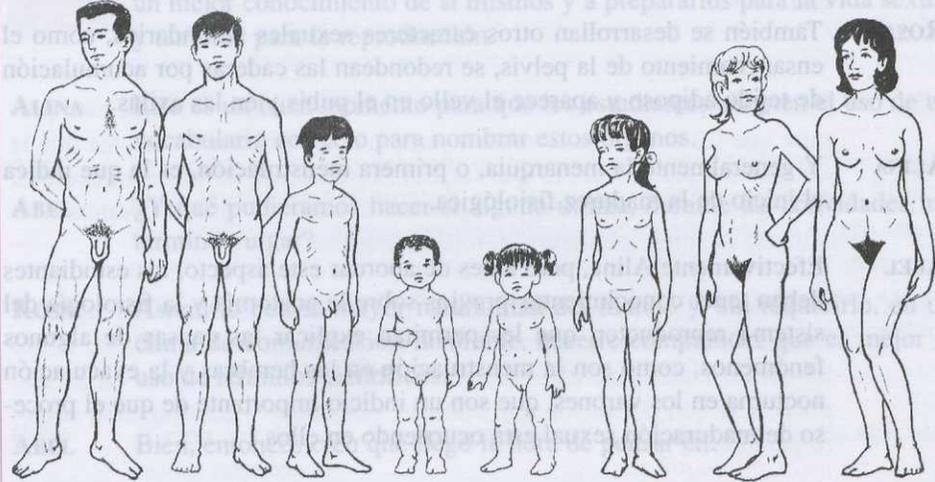
ROSA Después de comparar sus vivencias personales, me gustaría proponerles que observen la siguiente lámina y que:

Describan cuáles son los principales cambios que se producen durante la adolescencia en las niñas y los niños, y ubíquense en el estadio en que se encuentran. (Fig.1)



FIGURA 1

ALGUNOS CAMBIOS EN LOS CARACTERES SEXUALES



- ABEL** ¡Muy bien! Esta actividad les permitirá concluir que el crecimiento y el desarrollo, durante la adolescencia, son acelerados, y comprobar que las diferencias biológicas entre las chicas y los chicos se acentúan.
- ALINA** También debemos aprovechar la oportunidad para recalcar que aunque haya algunos estudiantes más crecidos o desarrollados que otros, no implica que sean más saludables que los demás.
- ABEL** Creo que sería bueno precisar qué cambios son los que se estudiarán mediante estas actividades.
- ROSA** Por supuesto. En los varones el primer cambio que se observa al llegar a la pubertad es el desarrollo de los testículos y el crecimiento del pene. Se desarrollan los caracteres sexuales secundarios, como el vello en la cara, en las axilas y en el pubis.
- ABEL** Además, se producen cambios en el tono de la voz. Durante este proceso el adolescente pasa a veces por una etapa de curiosas fluctuaciones que oscilan entre el vozarrón y el falsete, lo que los coloca en situaciones embarazosas que debemos manejar con mucho tacto, evitando las burlas entre los estudiantes.

- ALINA** En las niñas, el primer signo del comienzo de la pubertad suele ser el crecimiento incipiente de las mamas, que acaece a veces muy pronto, a los ocho años, o más tarde, hacia los trece. Hay muchachas que, antes de cumplir los doce años, ya han desarrollado por completo las mamas.
- ROSA** También se desarrollan otros caracteres sexuales secundarios, como el ensanchamiento de la pelvis, se redondean las caderas por acumulación de tejido adiposo y aparece el vello en el pubis y en las axilas.
- ALINA** Y generalmente la menarquia, o primera menstruación, es la que indica el inicio de la madurez fisiológica.
- ABEL** Efectivamente Alina, pero antes de abordar este aspecto, los estudiantes deben tener conocimientos previos sobre la anatomía y la fisiología del sistema reproductor, que les permitan explicar las causas de algunos fenómenos, como son la menstruación en las hembras y la eyaculación nocturna en los varones, que son un indicio importante de que el proceso de maduración sexual está ocurriendo en ellos.
- ALINA** De acuerdo, Abel, aunque discrepo de ti en un detalle.
- ABEL** ¿A qué te refieres?
- ALINA** No me gustaría utilizar la denominación de “órganos del sistema reproductor”. ¿Acaso es la reproducción la única función que ellos tienen? ¿No estamos negando, de esa forma, su función en la sexualidad humana?
- ABEL** Tienes razón, Alina. ¿Y qué solución propones?
- ALINA** Adoptar la tendencia de muchos autores de denominarlos órganos genitales; de esta forma, no le atribuimos solamente la función reproductora y, además, pudiéramos estudiarlos de acuerdo con la clasificación establecida de genitales externos e internos. ¿Qué opinas, Rosa?
- ROSA** Sí, es cierto lo que dices, pero genital significa lo mismo que reproductor, ¿no?
- ABEL** Así es, etimológicamente. ¿Y por qué no llamarlos órganos sexuales?
- ALINA** No estoy de acuerdo, ya que de esta forma reduces lo sexual solamente a lo genital.
- ABEL** Entonces pienso que lo más conveniente es utilizar la denominación de órganos genitales.

ROSA Creo que es una clasificación correcta, que se utiliza mundialmente en la literatura especializada. También quiero agregar que considero de vital importancia el estudio de las características estructurales y funcionales de los órganos genitales, ya que ayuda a los alumnos y a las alumnas a un mejor conocimiento de sí mismos y a prepararlos para la vida sexual y también para la reproducción.

ALINA Este es un buen momento para que los estudiantes adopten el uso de un vocabulario correcto para nombrar estos órganos.

ABEL ¿Y qué pudiéramos hacer si alguno utiliza, durante las actividades, un término vulgar?

ROSA Asumirlo con la mayor naturalidad del mundo y, sin requerirlo, en un clima de comunicación favorable, hacerle comprender que es mejor el uso de términos científicos.

ABEL Bien, entonces creo que llegó la hora de pensar en:

¿Cómo abordar con los estudiantes el estudio anatómico y fisiológico de los órganos genitales?



ALINA Propongo iniciar el estudio de los órganos genitales masculinos y femeninos en forma paralela, organizando y distribuyendo el trabajo por equipos.

ROSA Me gusta la idea de trabajar en equipos, pero considero que, por su complejidad, debemos abordar el estudio anatómico-fisiológico de los órganos genitales de ambos sexos por separado, de forma tal que se puedan ir comprendiendo simultáneamente los cambios biológicos y conductuales que se manifiestan en los adolescentes de ambos sexos.

ABEL Claro, eso se corresponde con la estrategia trazada de tratar conjuntamente los temas de la reproducción y la sexualidad humanas.

ALINA Entonces, les sugiero iniciar solicitando a las alumnas y a los alumnos que:

Observen láminas o modelos anatómicos de los órganos genitales masculinos e identifiquen tanto los genitales externos como los internos.



ROSA A continuación, sugiero pedirles que:

Indaguen qué importancia tiene que los testículos estén situados en una bolsa (escroto) fuera de la cavidad abdominal.



ABEL Pienso que, después de esta actividad, podrán comprender que esto permite que los testículos se mantengan a una temperatura más baja que la del interior del cuerpo, lo que facilita la formación de espermatozoides, que es su función fundamental; por eso se recomienda a los hombres no utilizar, de modo permanente, ropas apretadas.

ALINA Considero que esta actividad puede poner a las alumnas y los alumnos en una situación de conflicto cognitivo que los motive a estudiar cómo las características estructurales de los órganos genitales están en correspondencia con la función que realizan, por lo que a continuación sugiero plantearles que:

Indaguen, mediante una consulta bibliográfica, cuáles son las características y, dentro de éstas, las funciones de los órganos genitales masculinos.



ROSA Esta actividad puede realizarse por equipos, ya que esto contribuirá al desarrollo de habilidades relacionadas con la planificación de una tarea colectiva y la búsqueda y la comprensión de la información. Después, pudieran:

Organizar un panel en el cual diserten sobre las características estructurales y las funciones de los órganos genitales masculinos.



ABEL Durante este panel se logrará la puesta en común del trabajo de cada equipo, lo que debe propiciar el intercambio de sus ideas y contrastar los datos obtenidos por cada uno durante la revisión bibliográfica, de modo que se establezca la relación estructura-función.

ALINA Al abordar la relación estructura-función de los testículos podrán comprobar que tienen dos funciones bien diferenciadas: producir espermatozoides y, además, hormonas masculinas, que son las que “dirigen” los cambios anatómicos (entre los que se observa el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios), y que también influyen en los cambios en su conducta.

ROSA Esto pudiera dar oportunidad a que afloren algunas ideas erróneas de los estudiantes: a veces piensan que la erección del pene se produce por la presencia de fibras musculares, o que el semen y la orina se pueden expulsar simultáneamente.

ALINA Estoy casi segura de que también tendrán confusiones con respecto a las dimensiones del pene, que están basadas en “metas de virilidad” que se transmiten de generación en generación.

ABEL Es cierto, el tamaño del pene es algo que preocupa a los muchachos de todas las edades y es tema de conversación entre las muchachas. Si bien sus dimensiones varían considerablemente de un hombre a otro, en el estado adulto las diferencias no son tan marcadas cuando el pene está erecto y se ha comprobado que esto no influye en las relaciones sexuales. Si los alumnos ganan claridad en este aspecto, pudiéramos contribuir a elevar su autoestima y la seguridad en sí mismos.

ROSA ¿Creen ustedes que sea necesario abordar el fenómeno de las eyaculaciones nocturnas?

ALINA Necesario no, indispensable. Generalmente, cuando los adolescentes se mantienen ignorantes en relación con las eyaculaciones nocturnas, al descubrir el hecho, se quedan perplejos, desconcertados o asustados y, en algunos casos, piensan que están enfermos o que han sufrido alguna lesión. Deberíamos comenzar sondeando las posibles ideas de los alumnos al respecto, proponiéndoles que:

Expongan sus criterios acerca del planteamiento siguiente: “Las eyaculaciones nocturnas son indicativas también de que han comenzado los cambios.”



ROSA Entre las características que seguramente habrán anotado estarán las eyaculaciones nocturnas, pero es muy posible que muchos escolares no tengan la menor idea de qué son.

ALINA O, lo que es peor aún, que tengan una idea tergiversada.

ABEL Precisamente, por eso es fundamental que afloren sus ideas, que puedan ser contrastadas y que, si es necesario, el profesor ofrezca explicaciones accesibles que permitan comprender que las eyaculaciones nocturnas son una manifestación natural de los cambios de la adolescencia y un indicativo de que sus órganos genitales están madurando.

ROSA Hasta aquí hemos discutido cómo realizar el estudio de los órganos genitales masculinos, como punto de partida para entender los cambios que ocurren durante la adolescencia en los muchachos.

ABEL Pero un momento, falta un aspecto importante que aún no hemos analizado.

ROSA ¿A qué te refieres?

ABEL Al tema de la masturbación.

ALINA Es cierto, en ocasiones, desde que son niños y niñas, descubren que puede resultar agradable manipular sus genitales externos. Existen estudios sobre la adolescencia que han demostrado que, aunque se comenta más entre los muchachos, también suele suceder en las muchachas.

ABEL Y generalmente este comportamiento genera ansiedad y sentimiento de culpa entre ellos.

ALINA Esto es provocado por tabúes que existen en la sociedad alrededor de la masturbación y que tienen su origen en una posición negativa del pensamiento humano, causada a lo largo de muchos siglos, por la represión de todo lo sexual.

ABEL Muchos estudiantes tienen ideas absurdas en relación con la masturbación. Algunos creen que “acorta el hilo de la vida”, que “disminuye su futura capacidad para el matrimonio” o “que provoca acné”.

ROSA Sin embargo, me preocupa mucho abordar este difícil tema con las alumnas y los alumnos en clase. ¿No estimulará la práctica de la masturbación?

ALINA No lo creo. Si somos cuidadosos y abordamos el tema con la suficiente veracidad y claridad, podemos “descorrer el velo del misterio”. Por eso, sugiero pedirles que:

Expongan sus criterios acerca del planteamiento siguiente: “La masturbación no disminuye la capacidad para las futuras relaciones sexuales”.



ABEL Pienso que el análisis en colectivo de los criterios de los estudiantes, con la dirección del profesor, puede ayudar a clarificar sus ideas sobre la

masturbación como un estadio transitorio normal del desarrollo sexual para muchos adolescentes.

ALINA Por otro lado, he leído que la masturbación cumple en los adolescentes varias funciones de importancia, como son el alivio de la tensión sexual, la mejoría de la autoconfianza en el desempeño sexual, el dominio de los impulsos sexuales, el conocimiento del propio cuerpo, de sus zonas erógenas, y el aprender a manipularlo para obtener placer y también para saber darlo.

ROSA Apoyándonos en la influencia del colectivo podemos esclarecer dudas y ayudar a los estudiantes a “ahorrar” miedos innecesarios y a comprender y aceptar su sexualidad como algo natural.

ABEL Tengamos en cuenta que la adolescencia es una etapa de hallazgo y eclosión, en la que se produce paralelamente la maduración emocional e intelectual con el desarrollo físico.

ALINA Ha llegado el momento de meditar sobre:

¿Cómo proceder para que el estudio anatómico y fisiológico de los órganos genitales femeninos permitan la comprensión de los cambios durante la adolescencia?



ABEL Yo pienso que pudiéramos proceder de manera similar a como tratamos los órganos genitales masculinos.

ROSA Estoy de acuerdo y, además, es posible que, al finalizar, se pueda realizar una puesta en común que permita hacer conclusiones generalizadoras y llegar a consensos grupales.

ABEL Entonces, continuamos el trabajo, solicitando que:

Realicen el juego “Buscando los órganos que me interesan.”



ALINA ¿Y cómo se realiza este juego?

ABEL De forma muy sencilla. Se entregan tarjetas donde aparezcan nombres de diferentes órganos del cuerpo humano y los estudiantes seleccionarán aquellos que corresponden a los órganos genitales femeninos.

ALINA Me parece interesante y, además, esto sirve para diagnosticar las ideas previas o conocimientos que los muchachos o las muchachas tienen al respecto.

ROSA Como es natural, algunos órganos, como **ovario, útero, y vagina**, van a ser identificados por muchos estudiantes; sin embargo, otros, como las trompas de Falopio, las glándulas de Bortolino, etc., “no correrán igual suerte”.

ABEL Y esto, a la vez, los motiva a indagar en la búsqueda de cuáles son esas estructuras.

ALINA Así es, pero pienso que además pudiéramos pedirles que:

Observen láminas mudas o modelos anatómicos de los órganos genitales femeninos e identifiquen y nombren los genitales externos e internos.



ABEL A partir de sus conclusiones, podrán identificar las estructuras conocidas por ellos y, con la intervención del profesor, se mostrarán cuáles son las otras.

ALINA Estoy de acuerdo, pero sería bueno que después de identificadas las estructuras, les pidiéramos que:

Expongan sus ideas acerca de las funciones de los órganos genitales femeninos.



ROSA De seguro van a distinguir primero que los órganos genitales externos reciben el nombre de vulva y que están constituidos por los labios menores y mayores, el clítoris y las glándulas de Bartolino.

ABEL Y es importante apuntar que el clítoris es una estructura excitable que, al igual que el pene en el hombre, posee innumerables terminaciones nerviosas.

ALINA Así es, pero no olvidemos que en el buzón algunos estudiantes han hecho referencia al himen, membrana del orificio vaginal sobre la cual se basa el “mito de la virginidad”.

ABEL ¡Ah!, el mito de la virginidad, muy importante hablar de esto, ya que puede contribuir a eliminar tabúes que, en ocasiones, son causas de grandes conflictos.

ALINA También es imprescindible que los estudiantes analicen las características de los órganos genitales femeninos internos.

ABEL Con esta actividad, se clarifican muchas ideas sobre la relación estructura-función de la vagina, el útero, las trompas de Falopio y los ovarios.

ROSA Exacto, pero:

¿De qué manera los estudiantes pueden abordar el estudio del ciclo menstrual de forma accesible?



ALINA A mí me parece que, para introducir este contenido se deben analizar los dos procesos fundamentales que ocurren durante este ciclo: la fecundación y la menstruación.

ABEL Podemos entonces partir de una pregunta como la siguiente:

¿Cómo ocurre la fecundación?



ALINA Seguramente que en la respuesta a esta pregunta establecerán vínculos entre las funciones de los órganos genitales masculinos y femeninos.

ABEL Y, por supuesto, también harán referencia a los factores que hacen posible que ocurra la fecundación como, por ejemplo: movimientos de los espermatozoides, su calidad y cantidad, secreciones vaginales, etcétera.

ROSA Sí, pero no siempre ocurre la fecundación, por eso me gustaría preguntarles:

¿Qué sucede si no ocurre la fecundación?



ALINA Considero que, de acuerdo con los conocimientos anteriores, no les será difícil comprender que si no ocurre la fecundación, toda la preparación que tenía el útero se desprende, sale al exterior y esto constituye la menstruación.

ROSA Entonces, es necesario indicarles ahora a los estudiantes que:

Indaguen qué es la menstruación cómo, cuándo y por qué ocurre.



ROSA Es importante que durante la puesta en común se haga referencia a las alteraciones que sufren algunas mujeres ante los cambios hormonales, como son dolores, cambios de humor, etcétera.

ALINA Y además se debe tener en cuenta que durante esos días debe tenerse una rigurosa higiene.

ABEL Pero también sería bueno destacar que después de la madurez sexual en la mujer, como un proceso cíclico, ocurre mensualmente la ovulación aproximadamente entre los días 12, 13 ó 14 de un ciclo de 28 días y, a partir de esa fecha, puede ocurrir la fecundación o la menstruación.

ALINA Me gustaría verlo representado en una gráfica sencilla. ¿Qué opinan?

ABEL Puede ser y, de esa forma, ponemos a prueba la creatividad de nuestros estudiantes, al pedirles que:

Elaboren una gráfica donde representen, de forma sencilla, en qué días del mes ocurre la ovulación y la menstruación.



ROSA Esta es una manera concisa y eficaz de constatar si lograron comprender estos dos procesos.

ALINA Y, además, al discutir las gráficas confeccionadas entre los diferentes equipos, es posible que se interrelacionen conocimientos diversos que los lleven a pensar qué es lo que pasa si hay fecundación.

ABEL Es casi seguro que lo piensen; por eso, ahora debemos preguntarles:

¿Qué ocurre si hay fecundación?



ROSA De seguro, por las vivencias cotidianas y por comentarios familiares, los alumnos y las alumnas conocen que el primer indicio de que ha ocurrido fecundación es que no hay menstruación.

- ALINA** Así es, la fecundación, que tiene lugar en las trompas, constituye la fusión del núcleo del óvulo con el núcleo del espermatozoide, dando lugar al huevo o cigoto.
- ABEL** Claro, pues la gran movilidad de los espermatozoides les permite ascender por la vagina, recorrer los órganos genitales internos y fecundar el óvulo.
- ALINA** También creo que es buena idea reflexionar sobre esto pues a veces los adolescentes realizan juegos sexuales que no implican la penetración del pene en la vagina; sin embargo, si eyaculan cerca de su abertura, puede producirse un embarazo.
- ROSA** Efectivamente, y a esto es a lo que se le llama “embarazo virginal”.
- ABEL** Este análisis les permitirá llegar a la conclusión de que no siempre es necesario que se realice el coito para que haya embarazo.
- ROSA** Es muy cierto eso que dices, a lo que también podemos agregar que, según los avances de la ciencia y la técnica a nivel mundial, existe la fecundación sin coito mediante la inseminación artificial y la fecundación “in vitro”.
- ALINA** Es verdad, y están siendo utilizados desde hace varios años con buenos resultados por aquellas parejas que no logran una fecundación natural.
- ROSA** Considero que hasta aquí, hemos esbozado las principales características de los órganos genitales así como sus funciones; estos elementos les permitirán conocer los cambios fundamentales que se producen en los adolescentes.
- ABEL** Entonces, terminamos por hoy.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 2

1. Señale los principales cambios que se producen en las niñas y los niños durante la etapa de la pubertad a la adolescencia.

2. ¿Por qué es importante que los adolescentes conozcan las características anatómo-fisiológicas de los órganos reproductores masculino y femenino?
3. ¿Qué importancia tiene para los adolescentes la masturbación?
4. ¿Podría desarrollarse este apartado sin tener en cuenta modelos anatómicos o láminas que muestren los sistemas reproductores masculino y femenino? Exponga su criterio.

3. LA MARAVILLA DE NACER

ALINA Buenos días, Rosa. ¿Qué haces?

ROSA Estoy observando este álbum fotográfico de mi familia.

ABEL Es asombroso el parecido que se aprecia entre todos.

ALINA ¡Se me acaba de ocurrir una idea!

ABEL ¿De qué se trata?

ALINA ¿Y si iniciamos el estudio del tema “La maravilla de nacer”, precisamente, invitando a los alumnos a traer al aula sus álbumes familiares?

ROSA ¡Claro, Alina! ¡Es una idea muy atractiva!

ABEL Pues... ¡manos a la obra!

3.1. DE LA FECUNDACIÓN AL NACIMIENTO. CUIDEMOS A LA EMBARAZADA Y AL RECIÉN NACIDO

ABEL Lo que no acabo de imaginarme es cómo, a partir de la observación de un álbum fotográfico familiar, vamos a implicar a los alumnos en el estudio del maravilloso proceso, que culmina con el nacimiento de un niño o una niña.

ALINA Muy sencillo, ¿qué nos ocurrió a nosotros cuando veíamos el álbum de Rosa?

ROSA Creo que se percataron de lo que he cambiado desde que era una bebé hasta el día de hoy.

ALINA No sólo eso, también observamos cómo eras cuando estabas embarazada y cuando tuviste a tus hijos.

ABEL ¡Es cierto! Discutimos mucho a quién se parecían más ellos, si a tí o a su papá, y llegamos a la conclusión de que tenían una mezcla de las características de los dos.

ALINA ¿Y ustedes no creen que los alumnos se preguntarán por qué y cómo ocurren todos estos cambios?

ABEL Estimo que debemos pensar acerca de:

¿Qué reflexiones e interrogantes pueden plantear los estudiantes en torno a la reproducción humana, durante la observación de un álbum fotográfico familiar?



ROSA Considero que la principal interrogante que puede surgir en los alumnos y las alumnas es: ¿por qué los hijos son diferentes y, a la vez, parecidos a los padres?

ABEL Estoy de acuerdo; es lógico que los estudiantes hagan esta pregunta, pero además es muy importante, porque una respuesta acertada les permitirá una mayor comprensión de la unidad y la diversidad de la especie humana, lo que constituye el hilo conductor de este bloque.

ALINA Evidentemente, este es un fenómeno cotidiano que los estudiantes han observado no sólo en los seres humanos, sino también en los animales, y al que han tratado de hallarle alguna explicación.

ABEL Explicación que, en ocasiones, puede estar matizada por ideas confusas, como la que plantea que en los descendientes se mezcla la sangre de los progenitores. Este criterio es reforzado a veces por el manejo de términos tales como “es de sangre pura”, cuando nos referimos a un animal de “raza pura”.

ROSA Entonces, pudiéramos pedirles que:

Elaboren hipótesis que les permitan explicar por qué los hijos se parecen y, a la vez, son diferentes a los padres.



ALINA Después, mediante una puesta en común, podemos contrastar las hipótesis de cada equipo, de forma que salgan a la luz posibles preconcepciones que deben ser aclaradas en el debate.

- ABEL** Y... ¿Hasta dónde creen ustedes que lleguen con sus hipótesis?
- ALINA** Yo pienso que pudieran llegar a plantear que, en el proceso de fecundación, al ocurrir la fusión del óvulo con el espermatozoide, se une la información hereditaria proveniente de ambos progenitores.
- ABEL** Dudo mucho que lleguen a esta conclusión tan fácilmente. Estimo que debemos ayudarles y proponerles que después de elaborar sus conjeturas:

Escuchen una breve conferencia del profesor acerca de cómo se trasmite la información hereditaria de padres a hijos.



- ALINA** Esta actividad puede ayudarles a aclarar sus dudas y, posteriormente, motivarlos hacia la búsqueda de más información.
- ABEL** Me parece muy bien, pero... ¿qué aspectos trataríamos sobre este tema?
- ROSA** Considero que es importante que reconozcan que la información hereditaria de cada uno de los padres está contenida en los gametos (células sexuales), es decir, en los óvulos y los espermatozoides.
- ABEL** Entonces, es necesario especificar que esta información hereditaria se encuentra en los cromosomas que, a su vez, están formando parte del material nuclear de estas células.
- ALINA** Y pudiéramos agregar que cada una de nuestras células posee 46 cromosomas, que contienen todos los datos acerca de cómo somos.
- ROSA** No sé, me preocupa mucho que atiborremos a los alumnos con conocimientos innecesarios. Quizás no sea indispensable tener que llegar a hablar de cromosomas y menos aún de si son 46.
- ALINA** ¿Y cómo podrán comprender de qué forma ocurre la determinación del sexo?
- ABEL** Esa pregunta me la han hecho muchas veces, tanto alumnos como alumnas.
- ROSA** ¡Pero ustedes están locos! Responder esa pregunta significa meternos en “camisa de once varas”.

ALINA ¿Y no crees que vale la pena? De esta manera, los estudiantes encontrarán respuesta a un problema en el cual están muy interesados.

ROSA Me convencen, pero cómo.

ABEL Podríamos empezar por pedirles que, teniendo en cuenta los conocimientos que poseen:

Debatan acerca de qué determina que la descendencia sea del sexo femenino o masculino.



ROSA Opino que es poco lógico esperar que los alumnos y las alumnas tengan muchas ideas acerca de esto.

ABEL Al contrario; los estudiantes suelen tener muchas ideas al respecto, algunas de ellas surgidas en forma espontánea, y otras, transmitidas culturalmente.

ALINA Hay muchos hombres que, al considerar que la mujer es la que determina el sexo, adoptan posiciones machistas que han ocasionado disgustos en la pareja y hasta divorcios; por eso resulta muy importante tratar este aspecto.

ROSA Bien, de acuerdo, pero no me van a negar que es un tema complejo.

ABEL Es por esto que propongo a los estudiantes que:

Escuchen una breve exposición por el profesor acerca de las características de los cromosomas que permiten la determinación del sexo.



Esta exposición debe apoyarse en láminas o esquemas que faciliten la comprensión de lo expuesto.

ROSA Pienso que esta planificación para el programa de actividades es adecuada, pero me pregunto:

¿Cómo los alumnos podrán comprender la determinación del sexo durante la fecundación?



ALINA Realicé una actividad que me dio muy buen resultado. ¿Quieren que se la explique?

ABEL ¡Es una orden!

ALINA Pues, es muy sencillo. Hice dos circunferencias; dibujé en una de ellas dos X (XX) y en la otra dibujé XY, y las colgué al cuello de una hembra y un varón, respectivamente. Después, hice que analizaran los posibles gametos que pudiera producir cada uno, procediendo entonces a unir los gametos y a determinar el sexo en las posibles combinaciones. (Fig. 2)

FIGURA 2



ROSA Ya ves..., lo que a veces parece muy difícil, suele ser muy ameno y sencillo si buscamos la forma en que los estudiantes lo relacionen con lo que ya saben, por lo que propongo pedirles que:

Representen, mediante un diagrama o esquema, cómo se distribuyen los cromosomas sexuales durante la fecundación.



ABEL Bien, todo esto es muy interesante y responde a las preguntas que seguramente surgirán entre los alumnos y las alumnas.

ROSA Creo que sólo hemos llegado al inicio de este apartado; todavía debemos abordar el embarazo, el parto y la lactancia.

ALINA Es cierto, y les recuerdo que constituye una magnífica oportunidad para hacer valer la estrategia que hemos asumido en nuestra unidad didáctica, ya que el conocimiento de la biología del embarazo, el parto y la lactancia es la base para, a su vez, desarrollar sentimientos, valores y normas de conducta adecuados.

ABEL Entonces, ha llegado el momento de reflexionar sobre:

¿Cómo implicar a los estudiantes en el estudio del embarazo, el parto y la lactancia, de forma que contribuya a una adecuada educación sexual?



ALINA Pienso que, una vez culminado el estudio de la fecundación, los escolares conocen que se ha formado una célula llamada huevo o cigoto, que contiene la información hereditaria necesaria en el desarrollo de un nuevo ser humano, por lo que estamos en condiciones de preguntarles:

¿Cómo es posible que a partir de una sola célula, se desarrolle un nuevo ser humano?



ABEL Al responder esta pregunta, las alumnas y los alumnos podrán exponer sus ideas y conjeturas acerca de cómo, a partir de una célula, puede desarrollarse un embrión, así como las transformaciones que ocurren durante los nueve meses que dura el embarazo.

ROSA Y nosotros los invitaríamos a estudiar este proceso, que se denomina desarrollo embrionario, teniendo en cuenta sus conocimientos precedentes sobre la división celular, que fue estudiada en el bloque III dedicado a los seres vivos. Entonces, pudiéramos orientarles que:

Observen y comenten una cronología de los principales sucesos ocurridos durante todo el desarrollo embrionario hasta el momento del parto. (Fig.3)



FIGURA 3
DESARROLLO EMBRIONARIO Y FETAL

MES	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS
1	Se desarrolla lo que será la futura cabeza.
2	Se forman rasgos de lo que serán manos, pies, nariz, orejas, oídos y ojos.
3	Se desarrollan los órganos del sistema reproductor. Comienzan a funcionar el hígado y los riñones. Se forman los huesos del cráneo.
4	Crece los músculos de brazos y piernas. Comienza a moverse.
5	Ya posee cuerdas vocales y pelo por todo el cuerpo, especialmente en la cabeza.
6	Se desarrollan el sentido del gusto, el olfato y el oído. Pueden ver la luz a través del abdomen de la madre.
7	Crece el cerebro, los riñones y el hígado.
8	Maduración de los pulmones.
9	Acumulación de grasa. Adquisición de la forma definitiva.

ABEL ¿Ya han pensado cómo puede ser utilizada esta cronología?

ROSA Sí, Abel, creo que este cuadro-resumen puede permitir a los estudiantes familiarizarse con las principales transformaciones que se producen durante el desarrollo embrionario.

ALINA Estoy convencida de que el análisis de esta cronología les posibilitará que:

Elaboren hipótesis sobre cómo respira y se nutre el feto durante el embarazo.



ROSA Por supuesto, Alina, que, a partir de las hipótesis que elaboren, podrán indagar y comprobar sus ideas y establecer las principales características de la placenta, el cordón umbilical y las membranas extraembrionarias que permiten y protegen la vida del feto hasta el momento del parto.

ABEL Y, de esa forma, se puede explicar también qué significado tiene esa marca que tenemos en nuestro abdomen, a la que llamamos ombligo.

ALINA Pero eso sólo es un detalle más. Todavía tenemos que pensar en muchas cosas de vital importancia.

ROSA Es cierto, todavía no hemos abordado ni el parto ni la lactancia.

ALINA ¡No sólo eso! Creo que debemos pensar también en:

¿Cómo desarrollar en nuestros estudiantes una actitud responsable ante el embarazo, el parto y la lactancia?



ROSA Sí, es indispensable discutir acerca de cómo lograr la comprensión de la complejidad de los cambios que ocurren en la mujer durante el embarazo y el parto, y qué debe hacerse para lograr que todo llegue a un final feliz.

ABEL Ambos integrantes de la pareja tienen una gran responsabilidad, y aún más... creo que debe ser una preocupación de todos los miembros de la comunidad. ¡Cuántas veces hemos observado a personas que se manifiestan indolentemente ante una embarazada que sube a un ómnibus, y son incapaces de brindarles el asiento!

ABEL Es verdad. Pero, ¿cómo pudiéramos lograr conductas adecuadas en nuestros estudiantes?

ROSA Tendríamos que pensar en actividades en las que estuvieran muy implicados con la búsqueda de soluciones a sus inquietudes y preocupaciones, y en las que tuvieran que establecer relaciones con especialistas y personas de la comunidad dedicados a velar por la salud de las embarazadas y los recién nacidos.

ABEL Y también que requieran del trabajo en colectivo, de la cooperación de todos para lograr un resultado.

ALINA ¡Ya sé, tengo una idea! ¿Qué tal si les sugerimos realizar unas entrevistas al personal médico?

ABEL Tendrían que organizarlas muy bien.

ALINA Por supuesto, les propongo iniciar la actividad invitando a los alumnos a imaginar lo siguiente:

Si nos visitara un médico, ¿qué preguntas necesitarían hacerle sobre el embarazo, el parto y la lactancia?



ABEL Estoy de acuerdo con tu propuesta, Alina, creo que de esta forma la entrevista puede ser muy motivante; aunque también podría ser una comadrona.

ROSA ¡Es curioso cómo pesan los estereotipos! Hablamos de *un* médico y de *una* comadrona. ¿Por qué no *una* médico o *un* comadron? En cualquier caso es interesante esta idea de la entrevista.

ALINA Entonces les invito a pensar en:

¿Qué interrogantes pudieran plantear los estudiantes sobre el embarazo, el parto, la lactancia y los cuidados a la embarazada y al recién nacido?



ALINA Pudieran hacer preguntas sobre la evolución de la gestación, interesarse en saber cuáles son los primeros síntomas de embarazo y qué debe hacerse cuando hay alguna sospecha de éste.

ABEL Es muy aconsejable que se insista en la importancia de asistir a tiempo al consultorio médico, pues esto permite la atención especializada durante este período y evita complicaciones en el momento del parto.

ROSA Creo que esto es muy importante. Por un lado, contribuye a tomar conciencia del significado del embarazo y de la necesidad de su atención esmerada, y por otro, permite que los estudiantes establezcan nexos con conocimientos construidos con anterioridad con respecto al funcionamiento del cuerpo humano como un sistema íntegro.

ALINA Podiéramos sugerirle a la persona entrevistada que destaque aspectos por los que la pareja y toda la familia deben preocuparse para lograr un embarazo feliz, como son: la alimentación adecuada sobre la base de los mejores alimentos a su alcance, velar porque el peso de la embarazada aumente correctamente y evitar, por todos los medios, el consumo de tabaco, alcohol y algunos medicamentos, debido a que pueden ser la causa de nacimientos prematuros e, incluso, en exceso pueden llegar a provocar cambios en el material hereditario y, como consecuencia, deformaciones y enfermedades congénitas.

- ABEL** También es importante prevenir el uso de los rayos X durante los primeros meses del embarazo.
- ROSA** Así es, ya que esto puede provocar daños irreparables al embrión en desarrollo.
- ALINA** Sería una buena oportunidad para aproximarlos a la relación Ciencia-Técnica-Sociedad.
- ROSA** Sí, pero...¿cómo?
- ALINA** Muy sencillo. En la actualidad se han desarrollado técnicas para la detección precoz de malformaciones y enfermedades congénitas. Por ejemplo, el ultrasonido permite detectar defectos en la formación del sistema nervioso.
- ROSA** Resultaría conveniente que el entrevistado se refiriera a que los peligros de malformaciones se reducen considerablemente si se evita tener hijos antes de los veinte años y después de los treinta y cinco.
- ABEL** De esta manera estaríamos sentando las bases para abordar los temas del embarazo en la adolescencia y la planificación familiar.
- ALINA** Abel, por favor, no te vayas del tema, pensemos en otras posibles preocupaciones de los alumnos y las alumnas.
- ABEL** ¡Correcto! Entonces sólo nos faltarían las interrogantes relacionadas con el parto, la lactancia y el cuidado del recién nacido.
- ROSA** ¿Y te parece poco? ¿Cuántas preocupaciones deben tener los alumnos y las alumnas en torno a estos temas? Por ejemplo: ¿Cómo ocurre el parto? ¿Qué quiere decir que “se ha roto la fuente”? ¿Sufrir la mujer durante el parto? ¿Qué es la cesárea y por qué tiene que realizarse en ocasiones?
- ALINA** Es fundamental que, durante la preparación y el desarrollo de la entrevista, se propicie que las alumnas y los alumnos emitan sus criterios valorativos sobre estos temas y puedan concluir que un embarazo y un parto sin problemas dependen, sobre todo, del estado de salud de los futuros padres y de la preparación de la pareja.
- ROSA** Otra conclusión muy importante debe estar relacionada con la importancia de la lactancia materna, en la futura salud del bebé.

ABEL Creo que deben conocer que la leche materna constituye, por sí sola, el mejor alimento que se puede dar al niño durante los primeros meses de vida y, de ser posible, extenderla hasta el año, no sólo por su valor nutritivo, sino también por la acción inmunológica que reporta al recién nacido. Se me ocurre que pudieran:

Indagar en qué consiste el movimiento internacional por declarar a los hospitales maternos como: "Hospital Amigo del Niño y de la Madre".



ROSA También sería muy interesante abordar que el estímulo que desencadena la producción de leche es la succión del niño, y que su secreción está regulada por los sistemas nervioso y endocrino, lo que será otra oportunidad para evidenciar el funcionamiento integral del organismo y permitirá aplicar conocimientos.

ABEL Con lo que hemos discutido, he tratado de resumir los principales aspectos que los alumnos deben tener en cuenta a la hora de organizar la entrevista. ¿Qué opinan?

- Evolución del embarazo.
- Cuidados a la futura madre durante el embarazo.
- Cómo se producen y se pueden evitar las malformaciones congénitas, los abortos y los nacimientos prematuros.
- Preparación de la embarazada para el parto. Medidas higiénicas.
- La lactancia materna. Sus beneficios.

ALINA Muy útil ese resumen, Abel.

ROSA Así es, pero, ¿por qué no incluir en el resumen, algo acerca de la responsabilidad del futuro padre?

ABEL Tienen razón, ya que, por ejemplo, un padre alcohólico o que fuma en presencia de la embarazada supone una amenaza para el feto.

ALINA De acuerdo. Ahora creo que debemos meditar acerca de cómo vamos a organizar esta entrevista, de forma que logremos la participación activa de todos los estudiantes.

ROSA ¡Un momento, Alina! Te recuerdo que debíamos revisar el buzón que confeccionamos al iniciar la unidad didáctica; quizás allí existan algunas preguntas que les puedan ser útiles.

ALINA Tienes razón, Rosa, y con estas preguntas y otras nuevas que preparen los alumnos a partir de sus intereses y preocupaciones, podemos orientarles que

Elaboren y debatan la guía de la entrevista titulada “Nos visita un o una especialista” y realizarla.



ABEL Sugiero pedirles a los alumnos y a las alumnas que confeccionen tarjetas con las preguntas encontradas en el buzón.

ALINA Podríamos hacer la entrevista por dos variantes. En una, invitaríamos al entrevistado al aula, donde se le harían las preguntas, con la participación de todo el colectivo. De la otra forma, cada equipo realizaría las entrevistas a diferentes personas, y con posterioridad se haría una puesta en común en el colectivo, a partir de informes confeccionados por cada equipo.

ABEL Bien, ya hemos organizado la entrevista, pero:

¿Cómo podemos evaluar qué cambios conceptuales y actitudinales han provocado estas actividades en nuestros estudiantes?



ROSA Es cierto, debemos pensar en actividades de aplicación que favorezcan la integración de las nuevas informaciones en la red conceptual de los estudiantes y permitan hacer una síntesis de los aspectos tratados.

ABEL Podríamos pedirles, por ejemplo que:

Dramaticen una consulta médica en la que el especialista orienta a una pareja de futuros padres.



ALINA De acuerdo, considero que la actividad se ajusta a las necesidades y, además, contribuye al desarrollo de la creatividad. También, podríamos proponerles que:

Diseñen afiches, dibujos, póster o el guión de un “spot” televisivo, dirigidos a su comunidad, con mensajes sobre cómo cuidar a la embarazada y al recién nacido.



ABEL Muy buena tu idea. Esta actividad no sólo nos permitiría evaluar los cambios conceptuales y actitudinales en los alumnos, sino que también los transforma en comunicadores de mensajes positivos a la comunidad, en este caso, en promotores de salud y educación de sus familiares y vecinos.

ROSA Bueno, colegas, hemos trabajado duro, creo que nos merecemos un buen descanso.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 3

1. Mencione las actividades que se proponen para explicar por qué los hijos se parecen y, a la vez, son diferentes a sus padres.
2. ¿Qué conocimientos del bloque “Seres vivos” constituyen prerequisites en el estudio de este tema?
3. Ejemplifique cómo podemos contribuir a formar en los estudiantes una actitud responsable ante el embarazo, el parto y la lactancia.
4. Mencione qué variantes de las interacciones en el grupo se proponen para organizar actividades durante el estudio de este tema.
5. ¿Qué actividades se recomiendan para convertir a los estudiantes en promotores de la salud en su comunidad?

3.2. EL EMBARAZO EN LA ADOLESCENCIA

ROSA El embarazo en la adolescencia constituye un problema y un motivo de preocupación en el mundo entero, por lo que debemos prestar atención esmerada al preparar este tema.

ABEL Es cierto; los adolescentes, desde el punto de vista biológico, están en condiciones de fecundar, pero esto no significa que estén aptos social y psicológicamente para un embarazo.

ALINA Más aún: existe una discrepancia entre el comienzo de la capacidad de fecundar y la madurez biológica necesaria en el embarazo y el parto. Los

órganos del sistema reproductor no tienen todavía un desarrollo que permita el crecimiento adecuado del feto; por esta razón, aumentan los riesgos de aborto espontáneo y de complicaciones obstétricas, es decir, las que se relacionan con el embarazo y el parto.

ROSA Investigaciones realizadas por la Organización Mundial de la Salud han demostrado que la mortalidad perinatal aumenta en la medida que disminuye la edad de la madre menor de veinte años.

ABEL A eso le podemos sumar que, con frecuencia, la futura madre adolescente, por temor a revelar su situación, esconde el embarazo, y sólo acude a la consulta obstétrica cuando ya su estado de gestación está muy avanzado, razón por la cual no se pueden tomar las medidas adecuadas para garantizar tanto su salud como la del feto.

ROSA Generalmente, las adolescentes en esta circunstancia desarrollan trastornos emocionales de rechazo y estados depresivos que se complican cuando deben enfrentar la crianza del hijo, muchas veces sin el apoyo del padre.

ABEL Frecuentemente esta tarea entra en contradicción con los intereses lógicos del adolescente de dedicarse a los estudios, y a otras actividades propias de su edad.

ALINA ¿Y qué me dicen de los problemas socioeconómicos? En general, los padres adolescentes no están preparados para mantener y educar a sus hijos y tienen que depender de otros familiares. Con frecuencia, se interrumpen los estudios, lo que les impide alcanzar la preparación suficiente, afectándose las posibilidades de obtener trabajo.

ABEL El embarazo en una adolescente significa una situación conflictiva, para la cual no existe solución buena.

ROSA Entonces, lo mejor es evitar que suceda:

¿Qué actividades podemos desarrollar para lograr una conducta sexual responsable que evite los embarazos en la adolescencia?



ALINA Pienso que debíamos comenzar por detectar qué ideas tienen los alumnos y las alumnas al respecto, pidiéndoles que:

Emitan opiniones acerca de si los adolescentes están preparados para ser padres.



ABEL ¡De acuerdo! Conociendo sus criterios y formas de pensar al respecto daríamos oportunidad de plantear algunas dudas e inquietudes que pudieran tener, propiciando la discusión en colectivo de sus opiniones y después buscar la información necesaria para solucionarlas, por lo que les sugeriría que:

Realicen una indagación en la comunidad donde viven sobre el embarazo en la adolescencia, sus riesgos biológicos y sociales.



ROSA ¿Y cómo organizaremos esta indagación?

ALINA Propongo distribuir el trabajo en diferentes equipos que pudieran realizar sus actividades mediante visitas a especialistas, consultas bibliográficas, búsqueda de datos estadísticos, confección de gráficos, etc., que además de brindarles la información necesaria, los entrenarán en la elaboración de tareas propias de investigadores.

ROSA ¿Y qué harían con toda la información recopilada?

ALINA Yo sugiero que se les pida que:

Elaboren un resumen de las consecuencias biológicas y sociales del embarazo en la adolescencia a corto y a largo plazo.



ABEL Sí. Este resumen puede ser confeccionado en tres etapas: individual, a nivel grupal y por equipos.

ROSA Debemos tener en cuenta la necesidad de mantener un clima grupal agradable, estimulando las decisiones por consenso, e impedir el “aplastamiento de ideas”.

ABEL Pienso que ahora se hace necesaria una actividad en la que los estudiantes apliquen sus ideas a nuevas situaciones.

ROSA Eso pudiera lograrse mediante una dramatización, por ejemplo invitarlos a que:

Realicen una dramatización con el título “El embarazo en la adolescencia”.



ALINA ¿Qué clase de dramatización, Rosa?

ROSA ¡Ya verán! Podemos seleccionar un grupo de siete a nueve estudiantes, entre los que pueden distribuirse los roles siguientes: una adolescente, su novio (también adolescente), un profesor o una profesora, amigos y los padres de ambos adolescentes.

ABEL ¿Y qué historia van a dramatizar?

ROSA Los estudiantes seleccionados elaboran un guión a partir de una situación hipotética y se les pide que dramaticen la historia. El profesor puede intervenir en momentos determinados e introducir elementos de giro en la situación que movilicen al resto del grupo a debatir y emitir criterios sobre lo que ocurriría en esos casos.

ABEL ¡Es una idea muy atractiva! Se me ocurre que la situación inicial pudiera ser que la adolescente está embarazada y se lo tiene que comunicar a su novio, pide ayuda al profesor o a la profesora, a los amigos y, por supuesto, debe decírselo a los padres para tomar una decisión.

ALINA ¡Muy bien! Pero esto nos va a situar ante otro problema, sobre el que los estudiantes deben reflexionar:

Cuando una adolescente queda embarazada, ¿cuál es la mejor solución?



ROSA Para esta circunstancia, no existe solución buena. El embarazo en la adolescente siempre debe considerarse como una situación muy riesgosa y seria.

ABEL Sólo existen dos alternativas en este caso: la interrupción del embarazo mediante el aborto, o el parto.

ALINA Creo que ya abordamos con los estudiantes sobre los riesgos y peligros para la vida de la madre adolescente y el niño, si la decisión fuese el parto.

ROSA Exacto, pero no hemos discutido nada acerca del aborto; inclusive, muchos estudiantes tienen muy pocas ideas sobre cómo es el aborto y cuáles son sus posibles secuelas. Por eso pienso que podríamos pedirles que:

Realicen encuestas a médicos y personal especializado sobre el aborto y sus consecuencias.



ABEL La realización de estas encuestas permitirá a los alumnos investigar que el aborto es una intervención quirúrgica que requiere el uso de anestesia general y que, aunque se realice en un hospital y con personal calificado, puede ocasionar graves consecuencias como por ejemplo, inflamación en el útero y trompas de Falopio, que son causas de esterilidad en la mujer.

ALINA Se ha comprobado estadísticamente que las mujeres a las que se les ha practicado el aborto tienen con más frecuencia partos prematuros y abortos espontáneos.

ROSA Es cierto, por eso creo que es indispensable que, con la información recogida en las encuestas, se realice una actividad que propicie el debate sobre este tema.

ALINA Sería conveniente proponerles que:

Realicen un barómetro de valores sobre las siguientes proposiciones acerca del aborto, el embarazo y el parto en adolescentes.

- * *El aborto es una intervención quirúrgica y condicional, por consiguiente, ciertos riesgos.*
- * *El aborto puede utilizarse como método anticonceptivo.*
- * *Mediante el aborto, una muchacha puede quedar estéril.*
- * *El parto de mujeres jóvenes, ocasiona serios riesgos para la madre y el bebé.*
- * *Unos padres inmaduros son un riesgo para un correcto desarrollo del hijo.*
- * *En ningún caso se debe recurrir a un aborto clandestino, sin garantías médicas y hospitalarias.*
- * *Si no se está en situación de cuidar adecuadamente a un hijo, se deben utilizar métodos anticonceptivos seguros.*



** La prohibición de los abortos impulsa a muchas mujeres, sobre todo adolescentes, que no pueden hacer frente a una maternidad responsable, a abortos clandestinos, por lo que mueren anualmente en el mundo, un número elevado de ellas.*

** Existen píldoras abortivas, que tomadas en el momento adecuado y con el debido control médico, transforman la interrupción del embarazo, en un poco más que una menstruación.*

** Cada cual tiene el deber y el derecho de decidir en conciencia.*

ROSA ¡Barómetro de valores! ¿Qué quieres decir con eso, Alina?

ALINA Es una técnica grupal que permite a los estudiantes desarrollar la posibilidad de valorar integralmente, en sus diversas facetas, un hecho o fenómeno, en este caso, el aborto. Creo que es muy importante que las alumnas y los alumnos puedan emitir sus valoraciones y discutir las en forma colectiva, ya que la realidad no es en “blanco y negro”, sino “en colores”.

ROSA ¿Y en qué consiste la técnica?

ALINA Entregamos las proposiciones por equipos, escritas en tarjetas. Cada equipo se reúne y busca elementos a favor y en contra de cada proposición. Luego, pueden emitir ante el grupo sus criterios valorativos sobre los planteamientos, lo que propiciará que se clarifiquen las ideas de los estudiantes.

ABEL La participación de los alumnos y las alumnas en esta actividad los ayuda a actuar con mayor independencia, conciencia y responsabilidad.

ALINA Creo que es importante, antes de concluir nuestras reflexiones, que tengamos presente que las actividades que programemos deben estimular en los alumnos y alumnas el interés por informarse, pensar y tomar decisiones, dentro de un marco de valores sobre la sexualidad que no los perjudique a ellos ni a sus familias.

ROSA Lógicamente, yo pienso que la conclusión fundamental a la que llegarán los estudiantes es que la forma de solucionar el embarazo en la adolescencia es evitarlo.

ALINA Precisamente, eso es lo que nos queda pendiente: planificación familiar y métodos anticonceptivos.

ABEL Alina, creo que podemos dejar el tratamiento de esos temas para otro momento; por hoy, es más que suficiente.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 4

1. Enumere razones por las que los adolescentes no están aptos biológica, psíquica ni socialmente para el embarazo y el parto.
2. ¿Qué actividades se proponen para abordar con los alumnos las consecuencias del embarazo en la adolescencia?
3. ¿Qué importancia tiene que organicemos actividades en que se propicie el intercambio de criterios entre los estudiantes?
4. ¿Debe considerarse el aborto como una buena solución al embarazo en la adolescencia?

4. ADOPTEMOS ACTITUDES SEXUALES Y REPRODUCTORAS RESPONSABLES

ALINA y Buenos días, Abel.

ROSA

ABEL Buenos días, colegas.

Se escucha la canción de fondo...

“ Sólo el amor engendra lo que perdura.
Sólo el amor convierte en milagro el barro.”

ALINA Abel, ¿has amanecido romántico hoy? ¿De quién es esa canción?

ROSA ¿No la reconoces? Es una canción muy hermosa de Silvio Rodríguez, titulada *Sólo el amor*.

ABEL Pues la idea que se me ha ocurrido es comenzar tratando el tema del amor.

- ROSA** ¿Claro, Abel! ¿Cómo pensar en personas felices sin amor?
- ALINA** El amor, ese sentimiento humano en que la dicha de otro ser resulta esencial para la propia felicidad.
- ABEL** El deseo que un ser humano siente por su pareja se convierte en una auténtica necesidad que implica sentimientos y sensaciones de entusiasmo, ternura y delicadeza.
- ALINA** Que en determinados casos puede ser por personas de un mismo sexo.
- ABEL** Así es, y constituye una opción sexual y amorosa que debemos respetar.
- ROSA** Es cierto, aunque se trata de una opción minoritaria.
- ALINA** Claro, pero que debe respetarse mientras no suponga violencia hacia otros.
- ABEL** Es curioso que saquemos a relucir la violencia a propósito de la homosexualidad, cuando éste es un terrible problema que generalmente se da en relaciones heterosexuales: recordemos el problema del acoso sexual, o el de las violaciones que han sufrido muchas mujeres. Este es un importante tema a tratar.
- ROSA** Sí, es muy importante integrar el concepto amor y respeto en la educación de la sexualidad. Lamentablemente, muchos adultos y adolescentes tienen un criterio sobre la sexualidad muy estrecho, reducido a la esfera biológica y a las relaciones corporales.
- ALINA** Conozco a una psicóloga que dice que la educación sexual consiste precisamente en la educación del amor engalanado por la identificación en las aspiraciones, las esperanzas y en la vida toda, e insiste también en que no puede desarrollarse separando los aspectos fisiológicos de los psicológicos y socioculturales.
- ABEL** Eso que dices corrobora nuestra línea de trabajo y nos permite pensar en una sexualidad amistosa; más allá de lo puramente biológico.
- ROSA** Pero, ¿cómo nos propones que motivemos a los alumnos en este sentido?
- ABEL** Les propongo comenzar de la manera siguiente :

Escuchen y emitan sus opiniones sobre canciones de amor.



ALINA ¡Claro! Por eso estabas escuchando la canción de Silvio cuando llegamos.

ROSA A mí me gustaría mucho utilizar versos de poetas como Neruda, Machado, etcétera.

ABEL Creo que, además, debemos tener en cuenta los planteamientos hechos por los estudiantes en el buzón al inicio de la Unidad Didáctica, ya que nos permitirán conocer cuáles son sus ideas previas e inquietudes con respecto a este tema.

ALINA Yo estoy convencida de que el amor se construye y se educa. El ser humano puede lograr muchas cosas como resultado de su esfuerzo, su creatividad y su voluntad por construir algo bello. ¿Acaso es el amor una excepción?

ROSA Por supuesto que no. Recordemos que educar a nuestros adolescentes para el amor implica lograr un cambio de actitud desde su egoísmo infantil a la generosidad adulta, desde la necesidad de ser amados a la capacidad de amar, y desde la experiencia afectiva a una actitud de integración personal en la sociedad.

ALINA Es evidente que esto no lo lograremos nosotros solos, en esta tarea debemos contar con el apoyo de padres y otros miembros de la comunidad.

ROSA También con la influencia de los medios masivos de comunicación y la cinematografía, que algunas veces no influyen positivamente.

ABEL Se me ocurre que pudiéramos hacer debates de películas o de obras literarias. De esa forma, estimularíamos una posición activa de los estudiantes ante estas influencias.

ALINA ¡Sí, es una idea atractiva!

ABEL Y también pudiéramos pedirles que:

Elaboren poemas individuales o colectivos acerca del amor en la adolescencia.



ROSA ¿Poemas colectivos? Eso va a generar desorden en el aula.

ABEL De ninguna manera, Rosa, si sabemos dirigir la creatividad y el entusiasmo de los alumnos. De cualquier forma, opino que “cuando aula suena es porque alumnos contentos trae”, y la alegría es una buena compañera del aprendizaje.

ALINA ¡Me sorprendes, Abel! Realmente hoy tienes la “chispa encendida”.

ABEL Tenía que responder a tu reto, ¿no?

ROSA Te felicito, como siempre, has aportado ideas muy buenas.

ABEL Pero esperen, aún no he terminado. He encontrado unos fragmentos de cartas de nuestro Héroe Nacional José Martí a María Mantilla, que ofrecen una visión muy hermosa de un verdadero amor. Sugiero pedir a los alumnos:

Leer y debatir el siguiente fragmento de una carta de José Martí a María Mantilla:



Y mi hijita ¿qué hace, allá en el Norte, tan lejos? ¿Piensa en la verdad del mundo, en saber, en querer, en saber para poder querer, querer con la voluntad, y querer con el cariño? ¿Se sienta, amorosa, junto a su madre triste? ¿Se prepara a la vida, al trabajo virtuoso e independiente de la vida, para ser igual o superior a los que vengan luego, cuando sea mujer, a hablarle de amores, a llevársela a lo desconocido, o a la desgracia, con el engaño de unas cuantas palabras simpáticas, o de una figura simpática? ¿Piensa en el trabajo, libre y virtuoso, para que la deseen los hombres buenos, para que la respeten los malos, y para no tener que vender la libertad de su corazón y su hermosura por la mesa y por el vestido? Eso es lo que las mujeres esclavas, esclavas por su ignorancia y su incapacidad de valerse, llaman en el mundo “amor”. Es grande, amor; pero no es eso. Yo amo a mi hijita. Quien no la ame así, no la ama. Amor es delicadeza, esperanza fina, merecimiento, y respeto.

ROSA ¡Magnífico! Esta actividad que propones es una gran oportunidad para el debate de las ideas de los estudiantes acerca del amor y las relaciones de la pareja, así como de las situaciones de desigualdad que lamentablemente, ocurren muchas veces, sobre todo para las mujeres. Es muy probable que, entre nuestros alumnos y alumnas, existan algunos que pose-

an experiencias en este sentido, y los que no, estarán mejor preparados para el futuro.

ALINA Tengamos presente que la propia institución escolar crea las condiciones para una mayor interacción entre adolescentes de ambos sexos, por lo que es lógico que este asunto del amor en la pareja sea del interés de todos.

ABEL Entonces, creo que ha llegado el momento de:

Pensar en actividades que permitan reflexionar a los estudiantes en los factores que influyen en la selección de la pareja.



ROSA Precisamente, quería hablarles de una experiencia que tuve hace unos años, al utilizar una técnica de dinámica grupal.

ALINA ¿De qué se trata, Rosa?

ROSA La técnica se denomina “Miremos más allá”, y se utiliza para descubrir el modelo ideal que se quiere alcanzar. Pienso que, en este caso, pudiéramos partir de la actividad siguiente:

¿Qué cualidades debe tener mi novio o mi novia? ¿Qué cualidades debo tener o adquirir para convivir con mi pareja?



ABEL Tienes razón, debemos orientar a cada estudiante que responda las preguntas en forma escrita, teniendo en cuenta cualidades físicas y morales, así como los principales rasgos de la personalidad que le gustaría que tuviera su pareja (o tener ellos para su pareja). Posteriormente, se pueden integrar en equipos, con el objetivo de analizar, de conjunto, los criterios individuales que, sin duda, resultarán enriquecidos.

ALINA He leído algunos estudios relacionados con los motivos que argumentan los jóvenes para acoplarse como pareja: los muchachos citan a menudo el placer, la diversión y razones físicas, mientras que en las muchachas predomina el amor, el compromiso y la emoción.

ABEL Me parece que esos son tópicos: las muchachas tienen también la tendencia a centrar la atención en lo físico a la hora de la selección y hay muchos jóvenes que saben apreciar otras cualidades que las puramente físicas.

ROSA Una de las características más típicas de la adolescencia es que sueñan despiertos y se quedan un poco en la "superficie". Esto es natural, pero debemos estimularlos a que reflexionen porque, al final, lo que hace a una pareja perdurar no son precisamente el pelo o los ojos lindos, sino las cualidades morales, los comportamientos.

ALINA Si a esto le sumamos que, generalmente, los adolescentes reciben exigencias distintas referidas a los valores morales por parte de la sociedad y, en particular, de la propia familia, el tema se hace muy complejo.

ABEL Me gustaría que profundizáramos en esto, pues es real que, en muchas culturas, existen pautas de doble moral referentes al amor y a la sexualidad.

ROSA La propia naturaleza proporciona los elementos irreductibles de diferenciación sexual. Las mujeres pueden menstruar, gestar, lactar, mientras que los hombres no. Este condicionamiento biológico, en interacción dinámica con los factores sociales, conforman las bases para la constitución de una identidad genérica de la sexualidad.

ALINA Las investigaciones acerca de la expresión de los géneros demuestra que la mayoría de los rasgos, cualidades y modos de conducta asociados tradicionalmente a cada sexo, tienen un carácter socio cultural. Desde la antigüedad hasta nuestros días, se han establecido rígidos estereotipos de lo que es considerado como masculino y femenino, en cuanto a la forma de vestir, actuar, expresar sus sentimientos e, inclusive, en cuanto a la selección de las profesiones.

ABEL Lo que ustedes dicen explica muchas actitudes y formas de pensar que observamos en nuestros estudiantes y que son el resultado de una educación sexista.

ALINA Estoy de acuerdo contigo, Abel. Pero es muy importante que nos quede claro que oponernos a una educación sexista, no implica que neguemos la existencia de los géneros y, mucho menos, que no orientemos la formación de una identidad genérica en las alumnas y los alumnos.

ABEL Con el respeto hacia las opciones minoritarias de homosexualidad libremente ejercida.

ALINA Así es, no debemos hacer rechazos violentos, ni discriminaciones a aquellas parejas homosexuales.

ROSA Por supuesto, debemos velar porque los debates entre los estudiantes en torno a los vínculos entre la pareja permitan, sin negar la existencia de las diferencias de género, crear nuevas posibilidades en las relaciones sobre la base de la equidad y la colaboración, que borren todo tipo de supremacía de un género sobre otro.

ABEL ¿Y cómo vamos a lograrlo?

ALINA Creo que debemos organizar el debate de forma tal que permita la puesta en común de las ideas de los diferentes equipos acerca de las cualidades del novio o de la novia ideal o de la pareja que se desee seleccionar.

ROSA Podemos pedir a los equipos que anoten en el pizarrón las cualidades que seleccionaron y dirigir el debate sobre la base de las características de la pareja que son más señaladas, y dentro de ellas, deslindar cuáles son positivas y cuáles no.

ABEL De esta forma, pudiéramos construir un modelo colectivo “de pareja ideal”.

ALINA No, Abel, ese no es el objetivo de la actividad. Yo pienso que es inadecuado imponer un modelo único, aunque esté elaborado en colectivo. El objetivo nuestro es que cada estudiante sea capaz de construir su modelo de “novio” o “novia ideal”, que le sirva de guía para la selección de su pareja por lo cual debe tener un carácter muy personal.

ROSA ¡Muy buena tu alerta! Lo importante es despertar la responsabilidad individual por medio de la influencia del colectivo. Los estudiantes, al expresar sus criterios y sentimientos sobre las cualidades de la pareja, defienden sus posiciones, valoran críticamente la actuación de otras personas, y esto es de vital importancia en el desarrollo de convicciones propias.

ABEL Se me ocurre que pudieramos invitarlos a que:

Preparen un mural con caricaturas donde se manifiesten posiciones sexistas sobre el amor y las relaciones de la pareja.



ROSA Bueno, estimo que un debate a partir de las críticas a las posiciones sexistas que se expresen en las caricaturas pudiera conducirles a otro de los propósitos fundamentales de este tema. ¿Qué opinan?

ALINA De acuerdo, creo que, llegado este momento, debemos reflexionar acerca de:

¿Cómo preparar a nuestros estudiantes para la formación de una familia feliz?



ROSA Considero que es una necesidad de primer orden. El individuo nace en una familia y, posteriormente, la mayoría, constituye la propia; en la que vive y debe hallar satisfacción y felicidad.

ABEL Aunque esa sea la opción mayoritaria y merezca una atención especial, no debemos presentarla como la única legítima, generando sentimientos de frustración, y culpabilidad en quienes tienen otras inclinaciones u otros planteamientos.

ROSA La educación de la sexualidad debe tener todo esto en cuenta, porque, además, la adopción de comportamientos correctos en la vida en común, y en particular en la familia, contribuye a mantener la salud física y mental.

ALINA Sería necesario iniciar este aspecto tratando de conocer qué ideas y concepciones poseen los alumnos, por lo que sería interesante pedirles que:

Observen y describan una lámina donde se representa la participación de los diferentes miembros de una familia en las actividades domésticas.



ABEL Efectivamente, creo que puede contribuir a motivar a los estudiantes hacia el análisis del tema. Me gustaría, además, que valoraran el papel de los padres en el funcionamiento de la familia.

ALINA ¡Correcto! Esto nos daría de nuevo la oportunidad de continuar el debate sobre las relaciones de respeto, consideración, cortesía e igualdad entre los sexos, la búsqueda de mutua satisfacción, el necesario esfuerzo por no caer en rutinas desgastantes y cultivar la relación enriqueciéndola y renovándola, la necesidad de cooperación al realizar las tareas del hogar y de adoptar hábitos correctos de higiene.

ROSA También pudiéramos orientar a los estudiantes que analicen algunos temas de películas o novelas que aborden esta situación.

ABEL Seguramente esta actividad dará pie al desarrollo de la imaginación de los estudiantes y empezarán a preguntarse también cuándo contraer

matrimonio, cuántos hijos conviene tener, cómo educarlos correctamente...

ROSA Es posible, pero sin perder de vista la responsabilidad social que esto conlleva, debido a las graves consecuencias a nivel mundial, de la superpoblación.

ALINA Precisamente, por eso me pregunto:

¿Cómo podemos ayudar a los adolescentes para que en el futuro desempeñen su rol de padres con la responsabilidad requerida?



ROSA Coincido con tu reflexión y pienso que es necesario que busquen más información respecto al significado que tienen en la vida la maternidad y la paternidad; por eso sugiero que:

Realicen entrevistas a algunos padres sobre el significado y problemática de la maternidad y la paternidad.



ABEL Después, podemos propiciar el intercambio de los criterios recogidos por los estudiantes durante el desarrollo de las entrevistas, lo que les permitirá tener una visión más rica sobre la problemática asociada a la maternidad y la paternidad.

ALINA La formación de una familia, la decisión de tener un hijo, deben ser el resultado de un serio análisis de la pareja, ya que el nacimiento de un niño o una niña representa el inicio de una etapa de responsabilidades permanentes compartidas como progenitores.

ROSA Esto nos lleva necesariamente a abordar el tema de la planificación familiar.

ABEL Sugiero comenzar con una actividad que nos permita sondear las ideas que poseen los estudiantes al respecto:

Expongan sus ideas acerca de: Cómo una pareja pudiera tener hijos solamente en el momento y número deseado.



ALINA Y esto nos conduce también al estudio de los métodos anticonceptivos.

ABEL ¡Cuidado! No debemos confundir ambos términos. Planificación familiar se refiere a la decisión de la pareja de tener el número de hijos deseado y en el momento más adecuado, por haber alcanzado una relación estable y duradera y poseer las condiciones idóneas para garantizar la crianza y educación de los hijos; mientras, la anticoncepción se refiere al conjunto de métodos que permiten evitar el embarazo en el momento no deseado.

ROSA Yo tengo preocupación sobre si es necesario tratar con los estudiantes el tema de los métodos anticonceptivos. Recuerden que ellos sólo tienen entre 10 y 14 años.

ALINA Te repito que es preferible actuar con un año de anticipación que con un sólo minuto de retraso. ¿Acaso no conocemos que, por muchas razones, entre las que se encuentra la carencia de información adecuada, los adolescentes inician una relación sexual sin la debida protección? ¿No los estamos exponiendo, en ese caso, a mayores riesgos?

ROSA Comprendo lo que dices. No obstante, creo que debemos tener en cuenta la edad de los estudiantes al seleccionar las actividades.

ABEL No te preocupes, Rosa. No pretendemos que sean especialistas. Yo sugeriría empezar pidiéndoles que:

Realicen una investigación bibliográfica sobre los diferentes métodos anticonceptivos.



ALINA Pudieran buscar la información en entidades médicas, consultar libros y materiales publicados, con el fin de conocer los métodos anticonceptivos, y después podemos proponerles que:

Organicen una mesa redonda sobre los métodos anticonceptivos.



ABEL De esa manera, los estudiantes pueden preparar ponencias por equipos y designar ponentes en la mesa redonda o panel informativo.

ROSA Ahora, lo que me preocupa es... ¿qué métodos anticonceptivos deberían estudiar los alumnos?

ALINA Pienso que pueden abordar desde aquellos métodos que impiden la fecundación, como: el del calendario, el condón o preservativo, el diafragma y las tabletas anticonceptivas, hasta aquellos que evitan la implantación del embrión en el útero, como los dispositivos intrauterinos.

ROSA Insisto en que no debemos tratar los métodos anticonceptivos simplemente por tratarlos. Estimo que debemos seleccionar aquellos que los estudiantes puedan comprender, a partir de sus conocimientos sobre la anatomía y la fisiología de la reproducción humana.

ABEL Creo que estás un poco temerosa con respecto a este tema...

ROSA No interpreten mi temor como un tabú, es simplemente una preocupación por no atiborrar a los estudiantes con información que no sea significativa para ellos, y porque, al final, lejos de obtener los objetivos que deseamos, provoquemos más confusiones y dudas.

ALINA ¡Ahí está la cuestión! Estoy de acuerdo contigo en que es necesario que, al abordar cada método anticonceptivo, los estudiantes puedan, basándose en conocimientos anteriores, explicar por qué, mediante ellos, se puede evitar el embarazo y cuáles son sus ventajas y desventajas.

ABEL Sí, sí, comprendo tu preocupación. Por eso pienso que cada uno de nosotros debe hacer su selección, teniendo en cuenta las características de los estudiantes. Creo que es necesario abordar con ellos el preservativo o condón, como método anticonceptivo.

ROSA ¿Por qué, Abel?

ABEL Muy sencillo, porque es un método muy apropiado para parejas jóvenes y, sobre todo, porque contribuye a evitar el contagio de enfermedades de transmisión sexual.

ALINA ¡Claro! Y eso nos introduce directamente hacia el próximo tema a tratar: *Conservemos nuestra salud sexual.*

ROSA ¡Un momento, Alina! Ya estás adelantándote a los acontecimientos; aún no hemos terminado con este apartado.

ALINA ¿Todavía?, ¿qué falta?

ROSA Estoy segura de que, durante el desarrollo del tema, pueden aflorar algunos conceptos sexistas referidos a que si la mujer es la que queda embarazada, debe ser ella quien se preocupe.

ABEL Es imprescindible que los alumnos sean conscientes de que si en la relación sexual, como es lógico, participan el hombre y la mujer, las consecuencias que de ella se deriven incumben a los dos. El hombre tiene tanta responsabilidad como la mujer en lo que a anticoncepción se refiere y su preocupación en este aspecto puede ser signo de cariño, respeto y consideración por su compañera.

ALINA Por eso, la pareja debe conversar y ponerse de acuerdo para seleccionar el método anticonceptivo más apropiado. Pudiéramos preguntar a los alumnos:

¿Qué opiniones tienen acerca de la responsabilidad de la pareja, al seleccionar los métodos anticonceptivos?



ROSA Debe tenerse en cuenta que un método no siempre es el adecuado para todas las parejas, y que el médico o la enfermera pueden orientar cuál es el más recomendable en cada caso.

ABEL Bueno, creo que aquí podemos concluir.

ALINA No, todavía no, pues no hemos abordado aún cómo conseguir que el placer sea compartido.

ABEL Tienes razón, pero...

ROSA Sé lo que te preocupa Abel, no se trata por supuesto de estudiar aquí "técnicas nuevas", pero sí de llamar la atención sobre la necesidad, de una búsqueda compartida y de la mutua satisfacción.

ALINA Te entiendo.

ABEL Yo también y además estoy de acuerdo.

ROSA Entonces ahora sí hemos terminado...



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 5

1. Mencione una variante didáctica para iniciar el estudio del apartado "Adoptemos actitudes sexuales y reproductoras responsables".
2. ¿Qué criterios de los estudiantes suelen manifestarse al debatir el tema sobre la selección de la pareja?
3. ¿Oponernos a una educación sexista implica negar la formación de la identidad de género en las alumnas y los alumnos?
4. ¿Qué importancia tiene el debate colectivo de los criterios de los estudiantes sobre la selección de la pareja?
5. Diga por qué no es lo mismo hablar de planificación familiar que de métodos anticonceptivos.
6. ¿Qué importancia tiene abordar con los estudiantes el estudio de los métodos anticonceptivos?

4.1. CONSERVEMOS Y MEJOREMOS NUESTRA SALUD SEXUAL

ROSA Recuperadas las fuerzas, podemos continuar.

ALINA ¡Al fin! Ya estamos en condiciones de abordar el tema de la conservación de la salud sexual.

ROSA Veo que lo consideras de gran importancia.

ALINA Por supuesto, si tenemos en cuenta que muchos de nuestros estudiantes están llegando a la adolescencia, o ya son adolescentes. Creo que es muy necesario discutir con ellos cuáles son las normas para un comportamiento sexual más seguro, responsable y satisfactorio, porque una sexualidad sana y feliz también contribuye a mantener la salud.

ABEL Algunos datos recientes sugieren que las relaciones sexuales se están iniciando a edades más tempranas. Mi criterio es que éste es un problema

muy serio. Por lo general, los jóvenes no se protegen adecuadamente durante las primeras relaciones sexuales, lo que eleva el riesgo de contraer enfermedades, así como de un embarazo.

ROSA Me convencen, y los invito a pensar en:

¿Qué aspectos abordar con los estudiantes sobre este tema?



ALINA Considero que los escolares tienen algunas premisas referentes a la higiene de los órganos genitales, por lo que opino que debemos centrar la atención en el estudio de las enfermedades de transmisión sexual. Llama la atención cómo cada año se hacen más frecuentes estas enfermedades a edades menores.

ROSA En este concepto se incluyen enfermedades como la blenorragia, la sífilis, el herpes genital, las infecciones por Chlamydia, la hepatitis B y el SIDA, entre otras.

ABEL Aunque todas son preocupantes, el SIDA, por su condición de incurable hasta el momento, es la más inquietante, sobre todo, cuando se sabe que la vía fundamental de transmisión es la relación sexual.

ALINA Hay enfermedades que solamente se transmiten por contacto sexual y otras como el SIDA pueden tener, además, otras vías de contagio, tales como jeringuillas no esterilizadas o transfusiones de sangre no controladas.

ROSA ¡Un momento! Yo estoy de acuerdo con ustedes en que es necesario abordar con los estudiantes que existen enfermedades de transmisión sexual, y creo que es muy importante que valoren qué conductas evitan contagiarse y transmitir las, pero ... ¿ustedes pretenden que ellos se conviertan en "Enciclopedias médicas"? ¿O que se produzca un rechazo temeroso de la sexualidad?

ABEL De ninguna manera, Rosa, pero no vas a negar que es necesario que los estudiantes tengan un nivel de información que les permita adoptar actitudes y conductas sexuales responsables en un futuro.

ROSA No obstante, yo insisto en que debemos hacer mayor énfasis en lo formativo que en lo informativo.

ALINA Es cierto, y debemos tener muy en cuenta las edades y la etapa de desarrollo de nuestros alumnos, pues podemos tener, desde estudiantes en los

que no se han iniciado los cambios puberales, hasta adolescentes en que ya se manifiestan motivaciones ligadas a la actitud de pareja y quién sabe si hasta las primeras relaciones sexuales.

ABEL El objetivo de nuestro trabajo debe ir encaminado a que en todos se desarrolle la autorregulación en la esfera sexual, sobre la base del carácter voluntario de la conducta y del sentimiento de responsabilidad.

ALINA Entonces, les propongo iniciar este tema mediante una actividad que nos permita “sondear” las ideas y las motivaciones de los alumnos y las alumnas al respecto, al proponerles que:

Expongan sus criterios acerca de la siguiente caricatura.
(Fig. 4)



FIGURA 4



ABEL Es posible que salgan a la luz algunas ideas confusas y dudas de los estudiantes sobre la forma de transmisión del SIDA y de otras enfermedades, o sobre la efectividad del condón o preservativo para evitarlas.

ROSA De esta forma, pudiéramos indagar qué ideas poseen acerca de este tema e invitarlos a aclarar sus dudas e interrogantes mediante esta actividad:

Realicen una entrevista a algún especialista sobre las principales enfermedades de transmisión sexual que afectan a la comunidad en que viven.



ALINA Al realizar la entrevista, garantizamos que busquen referencias sobre las enfermedades de transmisión sexual que más abundan, evitando atiborrarlos con informaciones innecesarias.

ROSA Ahora debemos pensar en...

¿Cómo evaluar los cambios actitudinales y conductuales de los estudiantes?



ABEL Tengo una sugerencia. Podemos pedirles que:

Organicen una campaña a favor de la conservación de la salud sexual con mensajes educativos para otros estudiantes y la comunidad.



ROSA Estoy de acuerdo. Esta actividad puede estimular a la reflexión crítica de los estudiantes y la aplicación práctica de lo aprendido.

ABEL Y, en esa misma medida, nos permitirá evaluar si las alumnas y los alumnos han podido construir patrones adecuados de conducta sexual, que contribuyan a autorregular su comportamiento de forma efectiva, conciliando las motivaciones individuales y las sociales.

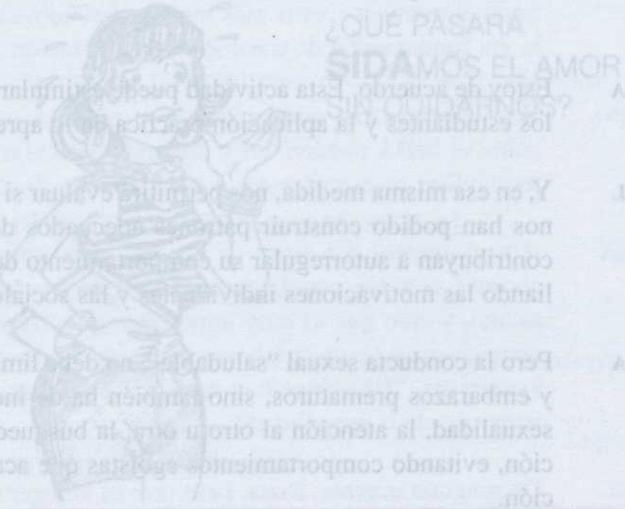
ROSA Pero la conducta sexual “saludable”, no debe limitarse a evitar contagios y embarazos prematuros, sino también ha de incluir el desarrollo de la sexualidad, la atención al otro u otra, la búsqueda de la mutua satisfacción, evitando comportamientos egoístas que acaban socabando la relación.

ALINA Además, si tenemos todo esto en cuenta estaremos contribuyendo a convertir a los estudiantes en mensajeros de la salud, preparándolos así para la próxima unidad didáctica, porque, como ya ha dicho Alina, una sexualidad sana y feliz también contribuye a mantener la salud.



PAUSA DE RECAPITULACIÓN 6

1. Explique por qué es importante abordar con los estudiantes cómo conservar la salud sexual.
2. ¿Qué se entiende por enfermedad de transmisión sexual?
3. ¿Qué actividades se proponen para evaluar los cambios actitudinales y conductuales de los estudiantes?



Además, si tenemos todo esto en cuenta podemos contribuir a con-
tribuir a la salud sexual de los estudiantes y a la salud sexual de la
comunidad.

De esta forma, podríamos indagar qué ideas poseen acerca de este tema
e invitarlos a aclarar sus dudas e interrogantes, mediante esta actividad:

12. Exponga por qué es necesario que la selección de la pareja se realice cuidadosamente.
13. Exponga qué importancia tiene la educación sexual en la formación integral de las alumnas y los alumnos.

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

II. ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

1. ¿Qué aspectos se tuvieron en cuenta para abordar, en este curso, el tema de la reproducción y la sexualidad humanas?
2. ¿Considera que las actividades propuestas permiten la construcción de los conocimientos de forma activa? ¿Por qué?
3. Exponga cómo interesar a sus alumnos en el tema de la reproducción y la sexualidad humanas.
4. Describa cómo están organizados los contenidos de esta unidad didáctica.
5. Explique qué se entiende por pubertad.
6. ¿Por qué se considera a la adolescencia como una etapa importante del desarrollo?
7. Establezca la relación entre los conceptos de menstruación y fecundación.
8. Explique por qué los cromosomas tienen una función fundamental en la transmisión de la información hereditaria de padres a hijos y en la determinación del sexo.
9. Mencionen las principales transformaciones que ocurren durante el desarrollo embrionario y fetal.
10. ¿Cómo podemos lograr una conducta sexual responsable que evite los embarazos en la adolescencia?
11. Explique qué consecuencias puede ocasionar un aborto al organismo de una adolescente.

12. Exponga por qué es necesario que la selección de la pareja se realice cuidadosamente.
13. Exponga qué importancia tiene la educación sexual en la formación integral de las alumnas y los alumnos.

PALANA DE RECAPITULACIÓN 6

SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN

NOTA: Todas las cuestiones planteadas han sido discutidas detenidamente en la unidad didáctica. Por esta razón nos hemos limitado a referir algunos elementos que facilitarán dar respuesta a las preguntas anteriores:

1. Ver Introducción de esta unidad didáctica.
2. Las actividades propuestas permiten la participación activa de los estudiantes, pues la mayoría son de tipo práctico vinculadas con la teoría, y sólo cuando la práctica comprueba la teoría; sólo entonces es que se cumple el objetivo de enseñanza en el proceso cognoscitivo.
3. Ver Introducción de esta unidad didáctica.
4. Ver Introducción de esta unidad didáctica.
5. Ver el inicio del Apartado 1.
6. Ver Apartado 1. Incluye el análisis de la Fig. 1.
7. Ver Apartado 1.
8. Ver Subapartado 3.1. Incluye el análisis de la Fig. 2.
9. Ver Figura 3.
10. Ver el contenido del Subapartado 3.2. "El embarazo en la adolescencia".
11. Ver el contenido del Subapartado 3.2. "El embarazo en la adolescencia". Analice los iconos de transferencia de este subapartado.
12. Ver el contenido del Apartado 4.
13. Para responder a esta actividad, es indispensable que los alumnos, guiados por el profesor, puedan llegar a generalizaciones acerca de lo tratado en la unidad didáctica.

I. III. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CLASE

UNA PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA EL TRABAJO CON LOS ALUMNOS

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
<i>A.1. ¿Cómo es posible que la especie humana se conserve en el tiempo?</i>	
1. Introducción	69
2. Somos adolescentes	70
3. La maravilla de nacer	74
3.1. De la fecundación al nacimiento. Cuidemos a la embarazada y al recién nacido	74
3.2. El embarazo en la adolescencia	76
<i>A.2. Realicen una comparación entre la reproducción en el hombre y en los animales.</i>	
4. Adoptemos actitudes sexuales y reproductivas responsables.....	77
4.1. Conservemos y mejoremos nuestra salud sexual	79
<i>A.3. Elaboren preguntas sobre lo que quieren saber acerca de la reproducción y la sexualidad humanas.</i>	
<i>A.4. Recolecten anuncios, fotografías, afiches y artículos de la prensa, que se refieran a la reproducción y la sexualidad humanas.</i>	
<i>A.5. Analicen y discutan tarjetas con proposiciones sobre la reproducción y la sexualidad humanas, y emitan sus criterios.</i>	

Comentarios A.2. al A.5. Estas actividades pueden ser una buena ocasión para sacar a la luz las ideas previas sobre la sexualidad, los cambios asociados a la pubertad y la adolescencia, así como de las características de género del ser humano y qué actitud adoptar ante la reproducción. También, permitirán el debate sobre estos aspectos y algunos materiales deberán ser archivados para el uso

1. INTRODUCCIÓN

La relación de esta unidad con las unidades anteriores es muy estrecha, pues en ellas se han abordado, dentro del bloque de “Seres vivos”, aspectos tan importantes como “El mundo vegetal” y “El mundo animal,” correspondiendo ahora aproximarnos al tema “Educación sexual,” por lo que vamos a pasar a concretar las sugerencias de actividades que pueden incluirse en el estudio de esta unidad, cuyo orden se ajusta a la secuencia de los contenidos tratados.

A.1. ¿Cómo es posible que la especie humana se conserve en el tiempo?

Comentarios A.1. Esta actividad permitirá a los escolares retroalimentar conocimientos adquiridos referentes, en especial, a la reproducción en los animales, lo cual ayudará a aclarar ideas confusas que puedan tener sobre esta función. Podría realizarse un debate en el aula donde el profesor, después de dar las orientaciones, actuará como guía.

A.2. Realicen una comparación entre la reproducción en el hombre y en los animales.

A.3. Elaboren preguntas sobre lo que quieran saber acerca de la reproducción y la sexualidad humanas.

A.4. Recolecten anuncios, fotografías, afiches y artículos de la prensa, que se refieran a la reproducción y la sexualidad humanas.

A.5. Analicen y discutan tarjetas con proposiciones sobre la reproducción y la sexualidad humanas, y emitan sus criterios.

Comentarios A.2. al A.5. Estas actividades pueden ser una buena ocasión para sacar a la luz las ideas previas sobre la sexualidad, los cambios asociados a la pubertad y la adolescencia, así como de las características de género del ser humano y qué actitud adoptar ante la reproducción. También, permitirán el debate sobre estos aspectos y algunos materiales deberán ser archivados para el uso

colectivo o plasmados en un mural que se ubicará en un lugar visible del aula. En las tarjetas podrán aparecer proposiciones como las siguientes:

- La reproducción humana es igual y, al mismo tiempo, diferente a la de los animales.
- La sexualidad tiene que ver con la forma en que piensas y actúas.
- Existe relación entre el amor y la sexualidad.
- La "finalidad" del amor es la reproducción.

2. SOMOS ADOLESCENTES

A.6. *Observen fotografías desde que eran bebés hasta la actualidad.*

A.7. *Caractericen cómo eran a los 6 meses, a los 6 años y cómo son ahora.*

A.8. *¿Eres igual hoy que en tu cumpleaños anterior?*

A.9. *¿En qué has cambiado?*

A.10. *Describan cuáles son los principales cambios que se producen durante la adolescencia en los niños y las niñas y ubíquense en el estadio en que se encuentran actualmente.*

Comentarios A.6. al A.10. Estas actividades brindan la posibilidad de que los alumnos y las alumnas aprecien los cambios que se producen en los diferentes períodos de sus vidas y despierten su interés por conocer cómo ocurren. También puede propiciarse un debate en equipos para analizar preguntas como las siguientes:

- ¿Cuáles son los cambios que se están produciendo...

- a) ...en tu cuerpo a nivel anatómico y fisiológico?
- b) ...en tus sentimientos?
- c) ...en las relaciones con tus familiares?
- d) ...en tus relaciones con amigos y amigas?

- ¿Cómo caracterizarías la etapa que estás viviendo?

Sería oportuno aprovechar el debate para esclarecer dudas y explicar otras manifestaciones normales de la sexualidad en esta etapa, así como profundizar en los cambios psicológicos a que están aparejados los cambios físicos.

A.11. *Observen láminas o modelos anatómicos de los órganos genitales masculinos.*

A.12. *Identifiquen y nombren los órganos genitales masculinos externos e internos.*

Comentarios A.11. y A.12. Ambas actividades están estrechamente relacionadas, pues una vez que hayan observado detenidamente, en láminas o modelos anatómicos, los órganos genitales masculinos, los alumnos y las alumnas serán capaces de identificar y nombrar tanto los genitales externos como los internos, propiciando así la aclaración de dudas o concepciones erróneas al respecto.

Además, estas actividades conducen a que los estudiantes, a partir de la observación, consideren las características morfológicas de dichos órganos.

A.13. *Indaguen qué importancia tiene que los testículos estén situados en una bolsa (escroto) fuera de la cavidad abdominal.*

A.14. *Indaguen, mediante una consulta bibliográfica, cuáles son las características y, dentro de éstas, las funciones de los órganos genitales masculinos.*

A.15. *Organicen un panel en el cual diserten sobre las características estructurales y las funciones de los órganos genitales masculinos.*

Comentarios A.13. al A.15. Pudieran encontrar en un libro de anatomía, fisiología e higiene, que las temperaturas relativamente altas inhiben la formación de espermatozoides, así como también las ropas muy apretadas. Además, estas actividades contribuirán a que los estudiantes desarrollen habilidades en la búsqueda de información, siendo su objetivo fundamental que conozcan cuáles son las características de los órganos genitales para establecer la relación estructura-función de dichos órganos y posteriormente que expongan e intercambien sus ideas, a la vez que contrastan los datos obtenidos con las ideas que poseían.

A.16. *Expongan sus criterios acerca del planteamiento siguiente: “Las eyaculaciones nocturnas son indicativos también de que han comenzado los cambios.”*

Comentario A.16. Mediante la realización de esta actividad, las muchachas y los muchachos debatirán sus puntos de vista sobre el planteamiento presentado y el profesor servirá de guía, interviniendo para realizar aclaraciones.

A.17. *Exponga sus criterios acerca del planteamiento siguiente: “La masturbación sistemática no disminuye la capacidad para las futuras relaciones sexuales.”*

Comentarios A.17. Con esta actividad, pretendemos que los alumnos y las alumnas conozcan que la masturbación es un estadio transitorio normal del desarrollo sexual de los adolescentes, tanto en muchachas como en muchachos, y durante el análisis colectivo de los criterios que expongan los estudiantes, se des-

2. tacaará que este hecho cumple varias funciones importantes en el organismo de los jóvenes, a la vez que ayudará a ahorrar miedos innecesarios y a comprender la sexualidad del género de que se trate, como algo natural.

A.18. *Realicen el juego: "Buscando los órganos que me interesan."*

A.19. *Observen láminas mudas o modelos anatómicos de los órganos genitales femeninos e identifiquen y nombren los genitales externos e internos.*

A.20. *Expongan sus ideas acerca de las funciones de los órganos genitales femeninos.*

Comentarios A.18. al A.20. El propósito de estas actividades es que una vez que conozcan los órganos genitales femeninos, puedan identificar y nombrar los internos y los externos, establecer la relación estructura-función y, posteriormente, exponer las ideas elaboradas durante la puesta en común acerca de las funciones de dichos órganos. En definitiva, los conceptos a tratar podrían ser:

vagina: Órgano genital femenino interno, situado entre el útero y la vulva, cuya función fundamental es la copulación; también constituye el canal de salida del feto en el acto del parto, y de la sangre y los tejidos del útero durante la menstruación. Sus paredes son musculomembranosas.

útero: Órgano genital femenino interno, musculoso y hueco, situado en la parte inferior de la cavidad abdominal, cuya función fundamental es la de anidar al huevo o cigoto y facilitar el desarrollo del feto hasta su expulsión en el acto del parto; también se le llama matriz.

trompas de Falopio: Conocidas también como trompas uterinas. Lugar donde ocurre la fecundación del óvulo, generalmente, y sin ellas éste no llegaría al útero.

ovarios: Órgano genital femenino interno, con forma de almendra, en el cual se forman los óvulos y se producen hormonas.

A.21. *¿Cómo ocurre la fecundación?*

A.22. *Expongan sus ideas acerca de las funciones de los órganos genitales internos.*

A.23. *¿Qué sucede si no ocurre la fecundación?*

A.24. *Indaguen qué es la menstruación, cómo, cuándo y por qué ocurre.*

A.25. *Elaboren una gráfica donde se representen, de forma sencilla, en qué días del mes ocurren la ovulación y la menstruación.*

A.26. *¿Qué ocurre si hay fecundación?*

A.27. *¿Siempre que hay atraso en la menstruación, habrá ocurrido fecundación?*

A.28. *Exponga sus conjeturas acerca de la posibilidad de que ocurra la fecundación si una pareja realiza el coito cuando la mujer se encuentra entre:*

. Los 7 y 12 días después del inicio de la menstruación.

. Los 13 y 16 días después del ciclo menstrual.

. Los 17 y 28 días después del primer día de la menstruación.

Comentarios A.21. al A.28. Todas estas actividades están relacionados entre sí, pues el propósito que se persigue es que los estudiantes establezcan vínculos entre las funciones de los órganos genitales masculinos y femeninos, mediante una puesta en común donde afloren ideas sobre los factores que hacen posible que ocurra la fecundación.

A.29. *Realicen el juego “Encontrar la palabra perdida”.*

Comentarios A.29. Este juego permite a los estudiantes reafirmar los conocimientos adquiridos sobre las características estructurales y fisiológicas de los sistemas reproductores masculino y femenino. Existen varias posibilidades para realizarlo y una de ellas es dividir al grupo en equipos y orientarles para que analicen las proposiciones que se les entregan en tarjetas individuales, y para que las completen con la palabra adecuada. Se les informará que el equipo que primero termine lo indique levantando la tarjeta para ser evaluado.

Algunas proposiciones pudieran ser similares a las siguientes:

- Saco pequeño que contiene los testículos
- Cambio que ocurre cada 28 días, aproximadamente, en los órganos del sistema reproductor femenino
- Líquido acuoso que contiene a los espermatozoides
- Tubo situado en el interior del pene
- Órgano copulador femenino
- Delgada membrana que cubre la entrada de la vagina
- Lugar donde se producen los espermatozoides
- Célula sexual masculina
- Célula sexual femenina

3. LA MARAVILLA DE NACER

3.1. DE LA FECUNDACIÓN AL NACIMIENTO. CUIDEMOS A LA EMBARAZADA Y AL RECIÉN NACIDO

A.30. *Observen un álbum fotográfico familiar prestando atención a los parecidos entre los miembros de una familia.*

A.31. *Emitan hipótesis que les permitan explicar por qué los hijos se parecen y, a la vez, son diferentes a los padres.*

A.32. *Escuchen una breve conferencia del profesor acerca de cómo se transmite la información hereditaria.*

Comentarios A.30. al A.32. Estas actividades propiciarán un clima que permitirá generar intereses y descubrir inquietudes de los alumnos, a partir de reconocer el parecido entre padres e hijos, como un fenómeno cotidiano, que es necesario debatir.

La contrastación, en colectivo, de hipótesis elaboradas en pequeños grupos permitirá sacar a la luz posibles preocupaciones acerca de cómo se transmiten los caracteres hereditarios de generación en generación. Este será el punto de partida para desarrollar la breve conferencia que dará respuesta a los planteamientos realizados.

A.33. *Debatan acerca de qué determina que la descendencia sea del sexo femenino o masculino.*

A.34. *Escuchen una breve exposición, por el profesor, de las características de los cromosomas que permiten la determinación del sexo.*

A.35. *Representen mediante un diagrama o esquema cómo se distribuyen los cromosomas sexuales durante la fecundación.*

Comentarios A.33. al A.35. Estas actividades permitirán la aclaración de posibles preocupaciones de los alumnos sobre la determinación del sexo, además de despertar el interés por el estudio de este tema, partiendo de las contradicciones entre lo conocido y lo desconocido. Esta breve exposición debe puntualizar que la especie humana posee 46 cromosomas en cada una de sus células; de ellos, 44 (22 pares) determinan la información de cómo va a ser el cuerpo (autosomas) y 2 (un par) son cromosomas sexuales, es decir, determinan el sexo. Los cromosomas sexuales se denominan X y Y. La representación de esta expresión, de forma muy simplificada, puede ser la siguiente:

$(22+X) + (22+X) = 44XX$ (niña)

$(22+X) + (22+Y) = 44XY$ (niño)

A.36. *¿Cómo es posible que, a partir de una sola célula, se desarrolle un nuevo ser humano?*

Comentarios A.36. Para esta actividad, los alumnos y las alumnas poseen elementos cognitivos acerca de la división celular por mitosis, en los cuales podrán apoyarse y profundizar en el desarrollo embrionario y fetal.

A.37. *Observen y comenten una cronología de los principales sucesos ocurridos durante todo el desarrollo embrionario hasta el momento del parto.*

A.38. *Elaboren hipótesis sobre cómo respira y se nutre el feto durante el embarazo.*

A.39. *¿Dónde vive el embrión, primero, y después el feto, hasta el momento del parto?*

A.40. *Si nos visitara un médico, ¿qué preguntas necesitarían hacerle sobre el embarazo, el parto y la lactancia?*

A.41. *Indaguen en qué consiste el movimiento internacional por declarar a los hospitales maternos como “Hospital Amigo del Niño y de la Madre.”*

A.42. *Elaboren y debatan la guía de una entrevista titulada “Nos visita un o una especialista” y realícenla.*

Comentarios A.37. al A.42. Estas actividades pueden estructurarse de forma tal que, partiendo de las dudas y las interrogantes de los alumnos y las alumnas, se logre una mayor implicación en el estudio de los cambios que ocurren durante todo el maravilloso proceso que culmina en el nacimiento. El profesor podrá organizar la búsqueda de información, partiendo del debate colectivo de la guía de la entrevista a médicos o personal especializado. Esto permite la vinculación de los estudiantes con la comunidad y contribuye a desarrollar actitudes positivas ante la vida. El profesor, sin imponer sus criterios debe facilitar la elaboración de la guía, de manera que responda a interrogantes tales como: ¿Qué cambios ocurren en la mujer durante el embarazo? ¿Qué cuidados debemos adoptar para garantizar la salud de la madre y el futuro hijo? ¿Cómo ocurre el parto? ¿Qué preparación deben tener ambos padres para este momento? ¿Por qué es importante la lactancia materna durante los primeros meses de vida? Con el fin de incrementar la lactancia materna, se desarrolla a nivel internacional un programa para mejorar la calidad de atención al grupo materno infantil, y en función del trabajo realizado por el logro de este objetivo, se otorga a estas instituciones el galardón: “Hospital Amigo del Niño y de la Madre.”

A.43. *Dramaticen una consulta médica en la que el especialista orienta a una pareja de futuros padres.*

A.44. Diseñen afiches, dibujos, póster o el guión de un “spot” televisivo, dirigidos a su comunidad, con mensajes sobre cómo cuidar a la embarazada y al recién nacido.

Comentarios A.43. al A.44. Mediante estas actividades, los estudiantes podrán aplicar lo aprendido y desarrollar su creatividad; además, permitirán al grupo y al profesor evaluar los cambios conceptuales y actitudinales logrados durante las tareas anteriores. Es muy importante que durante la distribución de roles, el papel de médico o especialista sea asignado indistintamente a alumnos o a alumnas, evitando de esta forma que se adopten criterios sexistas en cuanto a las posibilidades de desempeño profesional de ambos sexos.

3.2. EL EMBARAZO EN LA ADOLESCENCIA

A.45. Emitan opiniones acerca de si los adolescentes están preparados para ser padres.

A.46. Realicen una indagación en la comunidad donde viven sobre el embarazo en la adolescencia y sus riesgos biológicos y sociales.

A.47. Elaboren un resumen de las consecuencias biológicas y sociales del embarazo en la adolescencia a corto y a largo plazos.

A.48. Realicen una dramatización con el título “El embarazo en la adolescencia”.

A.49. Cuando una adolescente queda embarazada, ¿cuál es la mejor solución?

Comentarios A.45. al A.49. Aunque en la unidad didáctica se realizan comentarios al respecto, queremos señalar que puede resultar muy productivo que se retomen las experiencias, lo que nos permitirá evaluar su efecto en el colectivo. Las reflexiones de los estudiantes, durante ambas actividades, deben servir para enfrentarlos a una situación problemática que los conducirá a exponer sus criterios y generará la necesidad de búsqueda de información que les posibilite hallar respuesta a sus inquietudes.

A.50. Realicen encuestas a médicos y personal especializado sobre el aborto y sus consecuencias.

A.51. Realicen un “barómetro de valores” sobre las siguientes proposiciones acerca del aborto, el embarazo y el parto en adolescentes.

* El aborto es una intervención quirúrgica y condiciona, por consiguiente, ciertos riesgos.

- * *El aborto puede utilizarse como método anticonceptivo.*
- * *Mediante el aborto, una muchacha puede quedar estéril.*
- * *El parto de mujeres jóvenes ocasiona serios riesgos para la madre y el bebé.*
- * *Unos padres inmaduros son un riesgo para un correcto desarrollo del hijo.*
- * *En ningún caso se debe recurrir a un aborto clandestino, sin garantías médicas y hospitalarias.*
- * *Si no se está en situación de cuidar adecuadamente a un hijo, se deben utilizar métodos anticonceptivos seguros.*
- * *La prohibición de los abortos impulsa a muchas mujeres, sobre todo adolescentes, que no pueden hacer frente a una maternidad responsable, a abortos clandestinos, por lo que mueren anualmente en el mundo, un número elevado de ellas.*
- * *Existen píldoras abortivas, que tomadas en el momento adecuado y con el debido control médico, transforman la interrupción del embarazo, en un poco más que una menstruación.*
- * *Cada cual tiene el deber y el derecho de decidir en conciencia.*

Comentarios A.50. y A.51. Estas actividades se comentan suficientemente en la unidad didáctica, y están encaminadas fundamentalmente a estimular a los estudiantes a reflexionar sobre el embarazo en la adolescencia, llevándolos a la conclusión de que la mejor forma de solucionarlo es evitándolo.

4. ADOPTEMOS ACTITUDES SEXUALES Y REPRODUCTIVAS RESPONSABLES

A.52. *Escuchen y emitan sus opiniones sobre canciones o poemas de amor.*

A.53. *Elaboren poemas individuales o colectivos acerca del amor en la adolescencia.*

Comentarios A.52. y A.53. Ambas actividades están concebidas para motivar a los estudiantes a reflexionar y emitir sus ideas acerca del amor. Los profesores podrán seleccionar canciones o poemas de amor, dependiendo de las edades y las características de los estudiantes, de manera que estas actividades permitan despertar el interés de las alumnas y los alumnos, y favorezcan el intercambio de opiniones.

A.54. *Lean y debatan el siguiente fragmento de la carta de José Martí a María Mantilla.*

A.55. *¿Qué cualidades debe tener mi novio o mi novia?*

A.56. *Preparen un mural con caricaturas donde se manifiesten posiciones sexistas sobre el amor y las relaciones de la pareja.*

Comentarios A.54. al A.56. A lo que se comenta en el apartado 4, podemos agregar que estas actividades deben propiciar el debate entre los estudiantes sobre el significado del amor y los criterios a tener en cuenta para la selección de la pareja, velando porque cada estudiante pueda construir su modelo. Por esta razón, es importante establecer un equilibrio adecuado entre las actividades individuales y las colectivas, de forma que los modelos personales se ajusten a las exigencias sociales y se propicie la crítica a las posiciones sexistas.

A.57. *Observen y describan una lámina donde se representa la participación de los diferentes miembros de la familia en las actividades domésticas.*

A.58. *Establezcan conjeturas acerca de qué ocurriría si sus padres no cooperaran en las tareas del hogar.*

A.59. *Elaboren un dibujo colectivo con el título "En mi familia todos cooperamos."*

Comentarios A.57. al A.59. Estas actividades facilitarán el intercambio de ideas sobre las relaciones familiares y permitirán sacar a luz posibles concepciones sexistas de los estudiantes sobre las relaciones de la pareja, la distribución de tareas en el hogar y la identificación de los roles de género. El profesor debe propiciar el debate colectivo sobre la necesidad de cooperar en la realización de las tareas del hogar.

A.60. *Expongan sus conjeturas acerca de: ¿A qué edad se deben tener los hijos? ¿Qué significa ser madre o padre?*

A.61. *Realicen una entrevista a sus padres sobre el significado de la maternidad y la paternidad.*

Comentarios A.60. y A.61. A los comentarios realizados queremos agregar que, durante la puesta en común de estas actividades, podrá propiciarse el debate colectivo, de forma tal que afloren las ideas de los estudiantes acerca del significado de la maternidad y la paternidad.

A.62. *Expongan sus ideas acerca de cómo una pareja pudiera tener hijos solamente en el momento deseado.*

A.63. *Realicen una investigación bibliográfica sobre los diferentes métodos anticonceptivos.*

A.64. *Organicen una mesa redonda sobre los métodos anticonceptivos.*

A.65. *¿Qué opiniones tienen acerca de la responsabilidad de la pareja, al seleccionar los métodos anticonceptivos?*

Comentarios A.62. al A.65. Estas actividades están suficientemente comentadas en el apartado correspondiente.

4.1. CONSERVEMOS Y MEJOREMOS NUESTRA SALUD SEXUAL

A.66. *Expongan sus criterios acerca de esta caricatura (figura 4 de la unidad).*

Comentarios A.66. Esta actividad facilitará una discusión interesante que les permitirá valorar las consecuencias de la promiscuidad para la salud, lo que debe contribuir al desarrollo de la responsabilidad individual en las relaciones de la pareja.

A.67. *Realicen una entrevista a algún especialista sobre las principales enfermedades de transmisión sexual que afectan a la comunidad en que viven.*

A.68. *Realicen un panel sobre las enfermedades de transmisión sexual.*

A.69. *Organicen una campaña a favor de la conservación de la salud sexual con mensajes educativos para otros estudiantes y la comunidad.*

Comentarios A.67. al A.69. A los comentarios realizados en este subapartado queremos agregar que es muy conveniente organizar las tres actividades por equipos, velando porque en cada una de ellas se realice una distribución adecuada de las diferentes tareas y se garantice la participación de todos los estudiantes en la confección del guión, la ejecución de la entrevista y la puesta en común mediante el panel. Por último la realización de la campaña a favor de la conservación de la salud sexual es una buena oportunidad para que los estudiantes apliquen lo aprendido en la elaboración de mensajes, lo que favorece el desarrollo de la autoexpresión y la autoestima.

El contenido de la unidad posee un hilo conductor que permite abordar los aspectos biológicos de la reproducción humana vinculándolos con la educación sexual, de forma tal que se logre la construcción de conocimientos, actitudes y normas de conducta que contribuyan al desarrollo de la autorregulación consciente y responsable de la esfera sexual.

Se han diseñado actividades que impliquen a los estudiantes (y a los docentes) en la selección y organización de los contenidos de enseñanza, de modo que adquieran una concepción preliminar de la tarea.

... el desarrollo de la unidad se realizará a través de los contenidos de la unidad, los cuales se abordarán de manera integral y con un enfoque multidisciplinario, considerando la diversidad de los estudiantes y la diversidad del mundo vivo.

- Procurar que, durante los debates, el ambiente ayude a que todos se sientan cómodos y participativos, promoviendo la participación activa de todos de manera equitativa.

IV. RECAPITULACIÓN DE LOS PROBLEMAS DIDÁCTICOS CONTEMPLADOS

NOTA: Recordemos que el objetivo de esta recapitulación es impulsar una lectura detenida de los aspectos didácticos tratados en la unidad y contribuir así a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportaciones de la investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias.

No se trata, claro está, de realizar una búsqueda exhaustiva de todos los aspectos didácticos tratados (puesto que la mayoría de ellos aparece explícita o implícitamente en casi todas las unidades didácticas) sino de recoger aquellos que en opinión del lector o lectora aparezcan más destacados o hayan atraído más su atención. Tampoco creemos conveniente intentar una presentación ordenada con criterios definidos, etc., sino tan sólo señalar, repetimos, los aspectos didácticos más destacados en la unidad.

Con el objetivo de proporcionar una cierta retroalimentación a cada profesor, se incluye en este apartado la recopilación realizada por el propio equipo de profesores que ha preparado la unidad, pero se insiste en la conveniencia de que cada profesor realice esta tarea de recapitulación, indicando las páginas en que cada aspecto ha sido tratado.

* El contenido de la unidad posee un hilo conductor que permite abordar los aspectos biológicos de la reproducción humana vinculándolos con la educación sexual, de forma tal que se logre la construcción de conocimientos, actitudes y normas de conducta que contribuyan al desarrollo de la autorregulación consciente y responsable de la esfera sexual.

* Se han diseñado actividades que impliquen a los estudiantes (y a los docentes) en la selección y organización de los contenidos de enseñanza, de modo que adquieran una concepción preliminar de la tarea.

* Se establecieron relaciones con otras unidades didácticas del bloque, a partir de actividades generadoras de contenido en un clima próximo a lo que es una investigación colectiva, lo que contribuirá a desarrollar una concepción integradora de la unidad y la diversidad del mundo vivo.

* Se ha discutido acerca de las preconcepciones de los estudiantes, refiriéndonos a sus ideas acerca de la reproducción y la sexualidad humanas, teniendo en cuenta las posibles confusiones acerca de la transmisión de los caracteres hereditarios y la determinación del sexo.

* Especial atención le prestamos a la existencia de posibles tabúes sobre la sexualidad humana. En primer lugar, el tabú a abordar este tema por los estudiantes, y por qué no, también por los profesores, valorando la necesidad de aceptar a priori el diálogo franco con las alumnas y los alumnos sin evadir los aspectos que demuestren ser de su interés y creando un clima de confianza, que permita la comunicación de sus conjeturas.

* También abordamos tabúes sobre las manifestaciones de la sexualidad en la adolescencia, en los cambios físicos y conductuales que se producen en esta etapa, así como los relativos a las relaciones de la pareja y la formación de la familia, que permitan abordar el problema de las discriminaciones sexistas.

* Hemos insistido durante el desarrollo de toda la unidad didáctica en la asequibilidad de las actividades que se programen, teniendo en cuenta que las edades de nuestros estudiantes oscilan entre 10 y 14 años, y que en esta etapa se consolida la identificación genérica y la orientación sexual. La adecuación de las actividades al desarrollo de los estudiantes se realiza sin que ello signifique que permanezcan a la zaga del mismo, sino que tienen que ir más allá e influir activamente en éste. Cuando de educación sexual se trata, "es mejor actuar con un año de anticipación que con sólo un minuto de retraso."

* Se ha concedido una especial importancia a potenciar la dimensión colectiva de las actividades. Los adolescentes experimentan una gran necesidad de reconocimiento en su colectivo. Esto constituye una poderosa fuerza, ya que el sistema de conocimientos, normas y valores de un grupo puede convertirse en guía para la conducta individual. Por lo tanto, en la concepción del programa de actividades se hace énfasis en:

- Propiciar el debate y la confrontación de opiniones sobre las normas de conducta sexual, fomentando la capacidad de valorar críticamente, expresar sus criterios y sentimientos propios, defender sus posiciones, (lo que permitirá el desarrollo de puntos de vista individuales) y despertar la responsabilidad propia.

- Diversificar las formas de organización del trabajo colectivo, utilizando el trabajo en parejas, equipos o a nivel de grupo, de acuerdo a la complejidad de la tarea y a las posibilidades de lograr una mejor comunicación entre los miembros del grupo.
- Procurar que, durante los debates, el ambiente ayude a que todos se sientan parte de la discusión, evitando crear un clima de excesiva competencia que limite el compromiso de todos con la solución de un problema.
- Controlar que se realice una adecuada distribución de las tareas, garantizando la participación activa de todos sin distinción de sexos ni edades, y estimulando la cooperación entre las alumnas y los alumnos.
- Brindar oportunidades que permitan modificar actitudes y criterios erróneos a partir de la influencia del colectivo sobre cada uno de sus integrantes.

* Se ha facilitado la sistematización y aplicación de conocimientos y actitudes en una variedad de situaciones que permita profundizarlos y construir otros nuevos. Lo esencial no es la cantidad de información, sino su calidad y continuidad.

* También hemos propiciado la elaboración de productos tales como la preparación de póster, dibujos, poemas y dramatizaciones, que pueden incrementar el interés y desarrollar la creatividad de los estudiantes. La organización de una campaña a favor de la conservación de la salud sexual, con mensajes a sus coetáneos y a la comunidad, no sólo permitirá evaluar los cambios conceptuales y actitudinales de los estudiantes, sino que también puede ser una buena oportunidad para conciliar las motivaciones individuales de los estudiantes con las necesidades de la sociedad.

Acercos de la Pedagogía sexual, existe gran número de artículos y tesis doctorales dedicados al tema; no obstante, sugerimos la consulta del libro de R. Aller, titulado *Pedagogía sexual*, Ed. Luis Miracle S/A., Barcelona, 1965. En el libro de B. Castellanos, y A. González, titulado *Sexualidad humana. Personalidad y Educación*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1995, se brinda con un enfoque histórico una visión muy clara del lugar que ocupa la sexualidad en la personalidad humana; además, podrán encontrar una fundamentación pedagógica de la educación sexual.

Otros libros, que pueden consultarse son: *En defensa del amor*, de S. Schnabi, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 1982; *¿Piensas ya en el amor?*, de H. Brückner, Ed. Gente Nueva, La Habana, 1981; y *Los jóvenes y sus inquietudes amorosas*, de Natividad Guerrero Borrego y Hortensia Romero González, Editora Política, La Habana, 1989.

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

En cada unidad se abordan distintos contenidos científicos y de Didáctica de las Ciencias para los que existe una amplia bibliografía. Nos limitaremos, por ello, a recomendar, para cada uno de los aspectos, algunos textos en los que el lector o la lectora pueda encontrar una visión de conjunto y abundantes referencias bibliográficas para posibles profundizaciones.

Puede consultarse el libro de Willian H. Masters, Virginia E. Johnson y Robert C. Kolodny, titulado *La sexualidad humana*, Edición Revolucionaria, La Habana, 1988, que aborda con una gran profundidad un amplio estudio de la reproducción y la sexualidad humanas, desde los puntos de vista biológico, social y cultural, como resultado de la larga experiencia de los autores en el estudio científico de este tema. De igual forma, puede ser de gran utilidad la consulta del libro de S. Schnabl, titulado *El hombre y la mujer en la intimidad*, Ed. Científico Técnica, La Habana 1989.

Acerca de la Pedagogía sexual, existe gran número de artículos y tesis doctorales dedicados al tema; no obstante, sugerimos la consulta del libro de R. Aller, titulado *Pedagogía sexual*, Ed. Luis Miracle S/A., Barcelona, 1965. En el libro de B. Castellanos, y A. González, titulado *Sexualidad humana. Personalidad y Educación*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1995, se brinda con un enfoque histórico una visión muy clara del lugar que ocupa la sexualidad en la personalidad humana; además, podrán encontrar una fundamentación pedagógica de la educación sexual.

Otros libros, que pueden consultarse son: *En defensa del amor*, de S. Schnabl, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 1982; *¿Piensas ya en el amor?*, de H. Brückner, Ed. Gente Nueva, La Habana, 1981; y *Los jóvenes y sus inquietudes amorosas*, de Natividad Guerrero Borrego y Hortensia Romero González, Editora Política, La Habana, 1989.

Puede también ser interesante la consulta del libro *La Educación Sexual. Guía Teórica y Práctica*, de Barragan Medero, F., Ed Paidós Barcelona, 1991, al igual que el libro *Pedagogía de la sexualidad*, de Font, P., Ed. Grao, Barcelona, 1990.

V. BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

En cada unidad se abordan distintos contenidos científicos y de Didáctica de las Ciencias para los que existe una amplia bibliografía. Nos limitaremos, por ello, a recomendar, para cada uno de los aspectos, algunos textos en los que el lector o la lectora pueda encontrar una visión de conjunto y abundantes referencias bibliográficas para posibles profundizaciones.

Puede consultarse el libro de William H. Masters, Virginia E. Johnson y Robert C. Kolodny, titulado *La sexualidad humana*, Edición Revolucionaria, La Habana, 1988, que aborda con una gran profundidad un amplio estudio de la reproducción y la sexualidad humanas, desde los puntos de vista biológico, social y cultural, como resultado de la larga experiencia de los autores en el estudio científico de este tema. De igual forma, puede ser de gran utilidad la consulta del libro de S. Schnabl, titulado *El hombre y la mujer en la intimidad*, Ed. Científico-Técnica, La Habana 1989.

Acercos de la Pedagogía sexual, existe gran número de artículos y tesis doctorales dedicados al tema; no obstante, sugerimos la consulta del libro de R. Alier, titulado *Pedagogía sexual*, Ed. Luis Miró, S.A., Barcelona, 1965. En el libro de B. Castellanos y A. González, titulado *Sexualidad humana. Personalidad y Educación*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1995, se brinda con un enfoque histórico una visión muy clara del lugar que ocupa la sexualidad en la educación humana; además, podrán encontrar una fundamentación pedagógica de la educación sexual.

Otros libros que pueden consultarse son: *En defensa del amor*, de S. Schnabl, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 1982; *Piensas ya en el amor?*, de H. Brückner, Ed. Gente Nueva, La Habana, 1981; y *Los jóvenes y sus inquietudes amorosas*, de Natividad Guerrero Borrego y Hércules Romero González, Editora Política, La Habana, 1989.

Materiales impresos del "Curso de Formación de Profesores de Ciencias" (FORCIENCIAS)

- Guía Didáctica
- Unidad Introdutoria

Bloque I. *Comprender y orientar los cambios de la materia*

- Unidad I.1. La energía: La invención de un concepto fructífero
- Unidad I.2. Cambios en la energía de los sistemas
- Unidad I.3. ¿Cómo se transmite la energía? Introducción al estudio de las ondas
- Unidad I.4. Usos de la energía: Papel de la energía en nuestras vidas
- Unidad I.5. Fuentes de energía: Problemas asociados a su obtención y uso

Bloque II. *Los sistemas ecológicos*

- Unidad II.1. Ecología: Todo está enlazado
- Unidad II.2. Población: Un nivel estructurante
- Unidad II.3. La Biosfera: El ecosistema mayor
- Unidad II.4. Ecología y sociedad: Integración para una gestión sustentable

Bloque III. *Seres vivos*

- Unidad III.1. Diversidad y unidad de los seres vivos
- Unidad III.2. De la célula a los organismos
- Unidad III.3. Necesidad de ordenar la diversidad
- Unidad III.4. El mundo vegetal
- Unidad III.5. El mundo animal

Bloque IV. *Propiedades y estructuras de la materia*

- Unidad IV.1. Aire, agua, tierra: Un modelo para la materia
- Unidad IV.2. Los materiales en la vida cotidiana: Sus propiedades y usos
- Unidad IV.3. Combustiones y corrosiones
- Unidad IV.4. Naturaleza eléctrica de la materia
- Unidad IV.5. Los ácidos y las bases: Sustancias contrapuestas

Bloque V. *Estudio de algunos sistemas materiales: La Tierra como medio físico de la Biosfera*

- Unidad V.1. La Tierra en el Universo. El Sistema Solar
- Unidad V.2. La Atmósfera y el aire
- Unidad V.3. La Hidrosfera
- Unidad V.4. La Litosfera. Rocas y minerales. Suelos

Bloque VI. *El cuerpo humano y la salud*

- Unidad VI.1. Del medio ambiente a la célula y de ésta al medio ambiente. Funciones nutricionales
- Unidad VI.2. La interrelación organismo - medio ambiente es coordinada y regulada. Las funciones de relación
- Unidad VI.3. La sexualidad y la reproducción humana
- Unidad VI.4. Hacia una sociedad saludable



Ministerio de Educación y Cultura de España

en coproducción con

Ministerio de Cultura y Educación (Argentina)

Ministerio de Educación (Cuba)

Ministerio de Educación / U.P.E.L. / U.C.V. / (Venezuela)

Universidad Autónoma de Barcelona (España)

Televisión Educativa Iberoamericana

4