

DIEZ AÑOS
DE INVESTIGACION
E INNOVACION
EN ENSEÑANZA
DE LAS CIENCIAS

DIEZ AÑOS
DE INVESTIGACION
E INNOVACION
EN ENSEÑANZA
DE LAS CIENCIAS

C.I.D.E. 1983-1993

C.I.D.E. 1983-1993

**DIEZ AÑOS DE
INVESTIGACIÓN E
INNOVACIÓN EN ENSEÑANZA
DE LAS CIENCIAS:**

**INVESTIGACIONES FINANCIADAS POR EL
C.I.D.E. EN EL DECENIO 1983-1993**

**Carlos Palacios Gómez
David Ansoleaga San Antonio
Andrés Ajo Lázaro**

C.I.D.E. 1983-1993. DIEZ AÑOS DE INVESTIGACION

Número 86
Colección: INVESTIGACION

PALACIOS GOMEZ, Carlos

Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias : investigaciones financiadas por el C.I.D.E. en el decenio 1983-1993 / Carlos Palacios Gómez, David Ansoleaga San Antonio, Andrés Ajo Lázaro. -- Madrid : Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia : C.I.D.E., 1993

I. Investigación educativa 2. Innovación pedagógica 3. Ciencias 4. Enseñanza 5. Resumen 6. España I. Ansoleaga San Antonio, David II. Ajo Lázaro, Andrés III. CIDE (Madrid)

© MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA

C.I.D.E. Dirección General de Renovación Pedagógica
Secretaría de Estado de Educación

EDITA: CENTRO DE PUBLICACIONES - Secretaría General Técnica

Tirada: 1.200 ej.

Depósito Legal: M-30792-1993

NIPO: 176-93-150-9

I.S.B.N.: 84-369-2442-8

Fotocomposición e Impresión: ORCHE

Doña Mencía, 39 - 28011 MADRID

ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
I. RESÚMENES DE LAS INVESTIGACIONES E INNOVACIONES	
I.1. Una visión panorámica.....	13
I.2. Aprendizaje y enseñanza de las Ciencias.....	43
I.3. Física y Química.....	100
I.4. Ciencias naturales y del medio ambiente.....	185
II. PERSPECTIVAS DE FUTURO	
II.1. Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en Ciencias: la forma de franquearlos didácticamente (J.P. Astolfi).....	289
II.2. Una visión constructivista del aprendizaje y sus implicaciones para la enseñanza de las Ciencias (R. Driver).....	307
II.3. El cambio conceptual en la enseñanza de las Ciencias y la formación de profesores (P.W. Hewson). ..	331
II.4. El desarrollo de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en las escuelas en diferentes países (C. King). ..	353

II.5. Condicionantes del currículo y aportación de la investigación a la práctica de la educación en Ciencias (A.M. Lucas).....	395
II.6. Instrucción en el aula desde un enfoque C.T.S.: nuevas metas requieren nuevos métodos (J.E. Penick).....	439
III. ÍNDICE DE AUTORES.....	459

PRESENTACIÓN

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los diez últimos años se han producido numerosos cambios en el campo de la investigación en didáctica de las ciencias. Los métodos han evolucionado desde paradigmas falsacionistas hacia un eclecticismo que admite una gran variedad de orientaciones. La temática ha pasado de estar centrada básicamente en la disciplina a ocuparse, sobre todo, del proceso de enseñanza y de aprendizaje. El número de grupos de investigación y de trabajos sobre el tema se ha incrementado de manera espectacular, lo que se constata en las numerosas publicaciones de ciencias. La calidad de las investigaciones, asimismo, ha ido también en continuo aumento, como lo demuestran las decenas de tesis doctorales presentadas en este período de tiempo.

Sin embargo, y a pesar del avance considerable que se ha producido en estos años, el campo de la investigación en didáctica de las ciencias sigue siendo todavía desconocido para una gran parte del profesorado; este distanciamiento entre investigación educativa y actuación docente resulta preocupante en un momento como el actual en el que se inicia un proceso de reforma del Sistema Educativo, que reconoce al profesor el papel de investigador en el aula. Por este motivo, nos ha parecido oportuno ofrecer pautas que permitan a los profesores tomar contacto con el campo, los métodos y los resultados de la investigación.

El presente libro se propone reflejar cuál es el estado de la cuestión sobre la investigación y la innovación en el área de la didáctica de las ciencias, mostrando los trabajos que han sido premiados, subvencionados o que han recibido alguna mención honorífica durante los diez últimos años. Para completar la descripción del campo, se incluyen también diferentes trabajos representativos de algunas de las líneas de investigación de gran actualidad.

En la primera parte, **Resúmenes de las investigaciones e innovaciones**, se recogen los resúmenes de todos los trabajos que la Subdirección General de Investigación Educativa en 1982 y el CIDE desde 1983 han venido financiando o premiando; su diversidad temática y metodológica, así como la variedad de equipos de investigación que los han realizado puede ser una buena muestra de la, todavía corta, historia de la investigación en didáctica de las ciencias de nuestro país.

La denominación de las diferentes convocatorias de ayudas a la investigación se ha modificado en diversas ocasiones desde 1982. Con el fin de facilitar al lector la ubicación de cada investigación, se incluyen a continuación sus nombres y los años en que se han convocado:

- *Planes de Investigación Educativa XI, XII y XIII*. Fueron convocados en los años 1982, 1983 y 1984.
- *Ayudas a la Investigación Educativa*. Se convocan anualmente desde 1984.
- *Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Educativa*. Se convoca con temas prefijados, con una periodicidad anual o bianual.
- *Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativa*. Se convocan bianualmente en tres modalidades: Investigación, Innovación y Tesis doctorales.

La publicación de un catálogo dedicado exclusivamente a la investigación sobre educación en ciencias se ha estimado conveniente dado el alto grado de desarrollo de este campo en todo el mundo. En el caso concreto de la investigación promocionada desde el CIDE, representa, aproximadamente, el 10% del total de las ayudas y premios concedidos, no existiendo ninguna otra área que tenga un volumen de trabajos semejante.

Una buena parte de los resúmenes que aquí se presentan ya han sido publicados con anterioridad en los catálogos que bianualmente publica el CIDE. Muchos de ellos se han reformado con el fin de adaptarlos al lector al que preferentemente va dirigida esta obra, como es el profesor de ciencias.

Se incluyen también algunos resúmenes provisionales de trabajos que se encuentran en marcha en la actualidad. En el caso de los

trabajos correspondientes a la convocatoria de Ayudas de 1992, (cinco en total), no ha sido posible incluir su resumen en esta obra por encontrarse dichos trabajos en fase inicial de realización.

El libro está organizado en dos partes. La primera comienza con un pequeño estudio descriptivo sobre las investigaciones que luego se resumen, con objeto de presentar una perspectiva amplia acerca de cuánto, quiénes y sobre qué se ha investigado, que se ha denominado **Una visión panorámica**. A continuación se han agrupado los resúmenes en torno a las disciplinas que tradicionalmente conforman el Área de Ciencias. El resultado de esta agrupación puede considerarse satisfactorio al haberse podido encajar la mayor parte de los trabajos en alguna de las disciplinas. Aquéllos trabajos que no se enmarcan en ninguna disciplina específica se han englobado en un apartado más general al que se ha denominado **Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**. Los restantes apartados corresponden a **Física y Química y Ciencias Naturales y del Medio Ambiente**.

En la segunda parte del libro, **Perspectivas de Futuro**, se recogen las ponencias presentadas en los "Encuentros sobre Investigación y Desarrollo del Currículo en Ciencias" celebrados en el CIDE durante los meses de junio y septiembre de 1992. Los ponentes, destacados investigadores extranjeros, fueron: J.P. Astolfi, R. Driver, P. Hewson, C. King, A. Lucas y J. Penick.

La organización de estos encuentros se enmarca en una de las tareas que tiene encomendada el CIDE, junto a la labor de promoción y difusión de la investigación, como es la de coordinación de la misma. El propósito de dichos encuentros fue facilitar el intercambio de puntos de vista entre los diferentes equipos de investigación que han venido colaborando con el CIDE y destacados investigadores extranjeros del campo de la educación en ciencias. En ellos, cada uno de los seis investigadores invitados presentó una ponencia y dirigió tres talleres de trabajo. La petición que se les hizo al ser invitados a participar en el Encuentro fue que reflejaran sus puntos de vista acerca de cuáles deberían ser las futuras líneas de investigación y de desarrollo curricular en la enseñanza de las ciencias. Las ponencias recogidas representan, por lo tanto, algunas de las "grandes líneas" de investigación sobre las que se está trabajando en el mundo.

La inclusión de estos seis trabajos en el libro se realiza con la

intención de ampliar el panorama presentado en la primera parte con las aportaciones de otros expertos en el tema, que han desarrollado su trabajo desde ámbitos y perspectivas diversas.

La presentación conjunta de los resúmenes de los trabajos realizados por los investigadores nacionales y las ponencias de los investigadores extranjeros invitados al encuentro mencionado sirve para ofrecer un panorama variado de las líneas de investigación en el campo de la enseñanza de las ciencias, que puede servir para conocer sobre qué se ha investigado en el pasado y en qué se está investigando en la actualidad. Todo ello con el propósito de acercar los resultados de la investigación a la práctica docente y, en última instancia, contribuir a incrementar la calidad de la enseñanza.

I.

**RESÚMENES DE LAS
INVESTIGACIONES E INNOVACIONES**

I.1.

UNA VISIÓN PANORÁMICA

Se acaba de completar la primera década de existencia del Centro de Investigación, Documentación y Evaluación (CIDE). Desde su creación en 1983, el CIDE viene desarrollando una labor de promoción, coordinación y difusión de la investigación educativa en España, que le permite disponer de una visión panorámica de la misma.

La culminación de esta década ofrece una buena oportunidad para levantar la cabeza y echar la vista atrás para reflexionar y efectuar un balance de qué ha supuesto la investigación en estos diez años, cuánto se ha investigado, quiénes lo han hecho y desde qué perspectivas se han abordado tales trabajos. Se está realizando esta tarea desde diferentes áreas; el trabajo que aquí se presenta se refiere al área correspondiente a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Se trata de una área permanente de investigación en el CIDE, que genera un gran volumen de actividad. Una caracterización del estado actual de la investigación educativa en ciencias en España financiada desde el CIDE, así como de su evolución durante estos diez años, puede contribuir a ampliar el conocimiento general de esta área.

El área de ciencias está integrada por las disciplinas de Física, Química, Biología y Geología. A raíz de la reforma del currículo, se ha empezado a hablar de Ciencias de la Naturaleza, que supone un enfoque multidisciplinar de aquéllas; también se han considerado incluidas en el área de ciencias.

A lo largo de este periodo, 90 proyectos de investigación e innovación en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias han contado con alguna ayuda o premio de este Organismo. Corresponden a las convocatorias de ayudas y premios comprendidas entre 1982 y 1992. Las ayudas en el área de ciencias representan aproximadamente un 10% del total de ayudas y premios concedidos, no habiendo ninguna otra área curricular con un volumen de trabajos semejante.

El estudio —de pretendido carácter descriptivo, no valorativo— se ha efectuado a partir del análisis de estos 90 trabajos. No se

trata de dar una visión general de todo el panorama investigador en didáctica de las ciencias en España en este tiempo, puesto que no se recoge toda la investigación existente (hay un volumen de investigación que recurre a otras fuentes de financiación). No obstante, el presente estudio puede aportar una serie de datos de interés para caracterizar algunos rasgos de esta investigación educativa nacional en enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

El hecho de que los resultados de este estudio se vean corroborados por los de otros similares, ofrece un grado de validez muy considerable.

Se realiza una descripción cuantitativa a partir de una serie de criterios de análisis, establecidos de acuerdo con los datos y la perspectiva que se tiene desde el CIDE. Tales criterios son los siguientes:

- 1) contexto de la investigación en didáctica de las ciencias;
- 2) características de los autores;
- 3) características de los trabajos;
- 4) contenidos de los trabajos.

Se pretende que todo ello pueda suscitar el interés tanto de los propios investigadores, en cuanto que se les devuelve un *feed-back* del conjunto de su trabajo, como de los profesores de ciencias, con el fin de facilitar su aproximación a los resultados de la investigación educativa.

1. Contexto de la investigación en didáctica de las ciencias

1.1. Evolución del número de investigaciones realizadas

Un primer dato de interés es cuánto se ha investigado al cabo de estos diez años y cómo ha ido evolucionando esta producción de investigación en didáctica de las ciencias a lo largo de cada año. Esta evolución hay que relacionarla con la función del CIDE en materia de financiación de investigaciones sobre educación. Las competencias de este Organismo han ido variando a medida que se ha ido produciendo la descentralización de las competencias

educativas hacia las Comunidades Autónomas, de manera que la actuación del CIDE pasa a desarrollarse en dos ámbitos: uno a nivel nacional, mediante convocatorias dirigidas a todo el Estado, y otro a nivel del territorio gestionado directamente por el Ministerio de Educación y Ciencia. Esto ha podido repercutir en el número de investigaciones realizadas bajo financiación del CIDE.

En total, 90 trabajos son los que han recibido alguna ayuda o premio en estos diez años y son los que se han recopilado para este estudio.

Se ha tratado de buscar la existencia de alguna tendencia en la evolución por años. Es decir, analizar si ha habido una trayectoria ascendente, descendente o de cualquier otro tipo, con el fin de relacionarlo con algún factor relevante. Pero se ha llegado a la conclusión de que la producción de investigaciones en estos diez años no presenta ninguna tendencia clara en su evolución.

Por un lado, no se puede afirmar que la producción haya ido en aumento ni en disminución; por otro, la producción anual es muy desigual entre unos años y otros, con una distribución muy irregular, una evolución muy errática.

El gráfico 1 presenta la evolución por años del número de investigaciones.

NÚMERO DE INVESTIGACIONES
Evolución por años

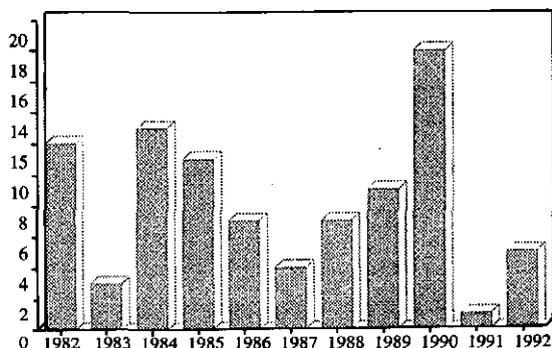


GRÁFICO 1

Aunque se tiene la certeza de que ha habido un crecimiento exponencial de la investigación educativa en España en un periodo de tiempo similar al que abarca este estudio. Sin embargo, la investigación en la que ha participado el CIDE no lo refleja.

Se pueden señalar, al menos, dos factores que de alguna manera podrían explicar este hecho. Uno es el carácter limitado del volumen total de ayudas que concede anualmente el CIDE. Esto hace que los trabajos presentados de cada área entren en competencia con los de las demás áreas para recibir las ayudas y premios. De este modo, la producción más elevada en ciencias en un determinado año puede entenderse como un efectivo aumento de la producción en ciencias o bien como una disminución de la producción en otras áreas. Igualmente en el sentido contrario respecto a los años de menor producción.

El otro factor que se debe considerar hace referencia a una de las convocatorias que promueve el CIDE, la del *Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Educativa*, la cual establece los temas sobre los que han de versar los trabajos. Esto condiciona la proporción de trabajos seleccionados de cada área al cabo del año, dando unos años prioridad a unos temas y otros años a otros. En el año 1990 esta convocatoria permitió mayor cabida a los proyectos de ciencias, al tratarse de «elaboración de materiales curriculares».

Estos datos tampoco reflejan si globalmente al cabo de los diez años ha habido un aumento o no de la producción en ciencias. Para determinarlo habría que acudir a otros indicadores, como por ejemplo el evidente aumento en el número de trabajos que se publican en las revistas especializadas. En el contexto de este trabajo, en el que no se aprecia este aumento, la explicación que se puede argumentar es que dicho aumento en ciencias es paralelo al experimentado en otras áreas, de forma que cada año existe una mayor competencia para acceder a las ayudas y premios.

1.2. Estudio por convocatorias

El CIDE realiza tres convocatorias periódicas de ayuda a la investigación:

- Ayudas a la Investigación Educativa
- Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas
- Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Educativa

La convocatoria de *Ayudas* se realiza para el territorio administrado por el Ministerio de Educación y Ciencia, es anual y cubre la financiación de proyectos; no tiene un tema prefijado. Se viene convocando desde 1984, en sustitución de los anteriores Planes Nacionales de Investigación (en ese año, 1984, coincide el último Plan, el XIII, con la primera convocatoria de *Ayudas*). Puesto que esta recopilación de trabajos comienza en 1982, se han recogido los trabajos correspondientes a los Planes XI, XII y XIII convocados entre 1982 y 1984 (el primero de éstos fue convocado por la Subdirección General de Investigación Educativa —organismo heredero del anterior INCIE y que dio paso al CIDE— y sus proyectos fueron evaluados ya por el CIDE en 1983).

Los *Premios* se dirigen a todo el ámbito nacional para trabajos ya realizados; es bianual y tiene varias modalidades: investigación, innovación y tesis doctorales (en los primeros años también existían los premios de Breviarios de Educación y Prensa, Radio y Televisión; además se convocaba anualmente).

Finalmente, el *Concurso* también abarca todo el territorio nacional; es una convocatoria anual para financiación de proyectos y se parte de uno o varios temas fijados por el Ministerio de Educación y Ciencia en función de las prioridades que se consideran en cada momento.

Junto a estas tres convocatorias propias del CIDE, se han recogido trabajos pertenecientes a otras convocatorias específicas de Innovación Educativa, correspondientes a 1982 y 1983, que estuvieron coordinadas y gestionadas por el CIDE.

La distribución de ayudas por convocatorias se refleja en el gráfico 2.

DISTRIBUCIÓN POR CONVOCATORIAS

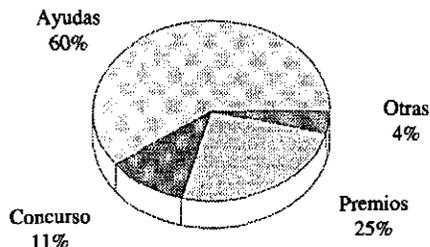


GRÁFICO 2

Estos datos ponen de manifiesto que la vía a través de la cual el CIDE financia más trabajos de investigación educativa en el área de ciencias son las Ayudas a la Investigación: un 60% de los trabajos recogidos pertenecen a esta convocatoria. A través de la convocatoria de Premios se financian menos trabajos, un 25%, teniendo-se en cuenta que su periodicidad es bianual. En cambio, son muy pocos los trabajos correspondientes al Concurso (11%), lo cual indudablemente está en relación con los temas que establece esta convocatoria.

2. Características de los autores

2.1. Tipos de autores: estructura de los equipos de investigación

La actividad investigadora en cualquier campo tiende cada vez más a realizarse en el seno de equipos multidisciplinares. En el caso de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias, esto también es así, tal como se deduce del estudio que a continuación se expone. La caracterización de los tipos de autores puede aportar una información valiosa acerca de cómo se realiza esta investigación.

Con el objeto de agrupar los trabajos según el tipo de autoría, se han distinguido dos posibilidades: que el trabajo esté firmado individualmente por un autor o lo esté por un equipo de autores. El gráfico 3 contiene esta información.

AUTORES DE LAS INVESTIGACIONES

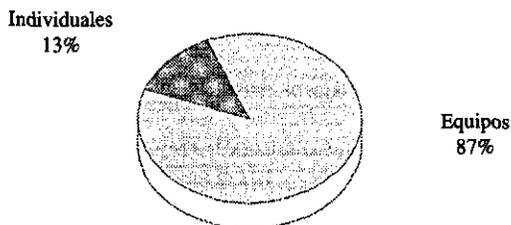


GRÁFICO 3

Destaca con mucha claridad que se trabaja más en equipo que individualmente. El número de trabajos firmados por equipos es muy superior: el 87% de los trabajos aparecen firmados por equipos, mientras que sólo un 13% corresponde a autorías individuales.

El resultado de que mayoritariamente aparezcan equipos de autores no debe llamar la atención, por la razón que se enunciaba al principio. Estos equipos están habitualmente compuestos por investigadores procedentes de diferentes campos que trabajan juntos sobre un tema para darle un enfoque interdisciplinar o, al menos, multidisciplinar.

En cambio, sí debe ser considerado más llamativo el 13% de trabajos pertenecientes a autores individuales, también por esta misma razón: cada vez más se tiende a estos enfoques integrados que exigen la participación de especialistas de diferentes ámbitos del conocimiento. Si bien en el campo de la investigación en didáctica de las ciencias se comprueba esta afirmación, en el campo de la investigación en ciencias esta tendencia es mucho más radical. En este sentido, es posible que, en la medida en que la didáctica de las ciencias vaya adquiriendo el estatus científico de otras disciplinas, el número de equipos de investigadores vaya en aumento.

Un factor incidente en esta proporción de autores individuales puede explicarlo en cierta medida. Es la presencia de la modalidad de Tesis Doctorales en la convocatoria de Premios Nacionales de Investigación Educativa: son trabajos siempre firmados por un autor.

Como análisis complementario a éste, los equipos de investigadores se pueden dividir por su estructura en otros dos tipos: equipos en los que existe la figura de un coordinador o director a la cabeza de una serie de autores o colaboradores y equipos que son colectivos de coautores sin la presencia de una figura de dirección.

Este análisis se ha realizado para ofrecer una caracterización más minuciosa de los autores, aunque los resultados no han sido muy expresivos: no existe un predominio de una estructura sobre la otra, pues hay una gran igualdad en la proporción de uno y otro tipo: un 49% sigue la estructura de un director/coordinador más un equipo de investigadores colaboradores más o menos amplio y un 51% son colectivos sin coordinación unipersonal.

ESTRUCTURA DE LOS EQUIPOS

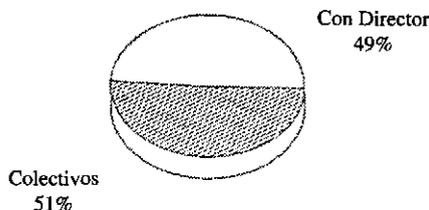


GRÁFICO 4

En total se cuentan 275 autores, 9 firman individualmente y el resto en equipos. El número de equipos es difícil de determinar, ya que diversos autores se mueven entre distintos equipos para diferentes trabajos.

El tamaño de los equipos también varía notablemente, según se puede apreciar en la tabla 1. En ella se analiza el índice «nº de firmas por trabajo», que además de indicar el tamaño de los equipos se puede utilizar para interpretar el nivel de colaboración entre los autores.

NIVEL DE COLABORACIÓN ENTRE LOS AUTORES

N.º firmas/ trab.	N.º trabs.
1	13
2	14
3	18
4	16
5	14
6	7
7	1
8 ó más	7

TABLA 1

Se encuentran 13 trabajos pertenecientes a los 9 autores individuales y hasta 27 firmados por uno o dos autores.

Predominan los equipos de tres a cinco miembros. También se puede destacar los siete trabajos de equipos muy numerosos, de más de siete personas. Suelen corresponder a trabajos de innovación educativa, relacionados con la elaboración de materiales o propuestas didácticas, en los que se necesita la participación de muchos profesores de distintas áreas, con la consiguiente dificultad para la coordinación del equipo.

A través de este estudio no se puede afirmar que ahora existan más equipos de investigación que hace diez años.

2.2. Productividad de los autores

Se aprecia un rasgo interesante en la distribución de los autores según su productividad, índice referido al número de trabajos realizados por cada autor. La productividad refleja la trayectoria investigadora de los autores en su relación con el CIDE. En la tabla 2 se ha analizado mediante el porcentaje de autores con un número determinado de trabajos.

PRODUCTIVIDAD DE LOS AUTORES

N.º trabajos/autor	%	% acumulado
8	0,3	0,3
7	0,7	1
4	2,2	3,2
3	2,2	5,4
2	11,8	17,2
1	82,8	100

TABLA 2

El cálculo del porcentaje acumulado facilita la interpretación: un 1% de los autores han realizado siete u ocho trabajos, lo que se podría considerar un elevado nivel de productividad; pero tan sólo un 5,4% han hecho más de dos trabajos, lo que equivale a que casi un 95% no tiene más que uno o dos trabajos realizados financiados por el CIDE.

Esto quiere decir que la investigación que fundamentalmente financia el CIDE son aproximaciones esporádicas de los profesores a la labor investigadora. Resultaría interesante conocer la trayectoria investigadora de estos autores al margen de las ayudas del CIDE, para comprobar si éstas sirven como lanzamiento de una labor que después se continúa por otros cauces, o si ésta se acaba aquí. En cualquier caso, la conclusión que aquí se puede afirmar es que el CIDE, en general, no financia reiteradamente a los mismos equipos, sino que está abierto a la participación de autores nuevos en su colaboración con él. Lo cual está en consonancia con su labor de promoción de la investigación educativa, al facilitar el acceso a un grupo más numeroso de investigadores.

La máxima productividad se cifra en ocho trabajos; sólo tres autores han participado en siete u ocho (que además coinciden en que forman equipo).

Dadas tanto la variabilidad de los autores en la composición de los equipos como esta corta trayectoria de producción financiada por el CIDE, la estabilidad de los equipos es muy difícil de establecer. Los únicos datos que se pueden ofrecer es que sólo un

número absolutamente pequeño de equipos tienen una cierta estabilidad, es decir, tienen varios trabajos; la mayoría o no realizan más que un trabajo con la financiación del CIDE o sus miembros forman equipo con otras personas para diferentes trabajos.

2.3. Caracterización de los autores según el sexo

¿Investigan más los hombres que las mujeres o investigan por igual en didáctica de las ciencias? Para poder llegar a esta conclusión, habría que comparar la distribución de investigadores/investigadoras con la de profesores/profesoras en las aulas de ciencias. Pero, puesto que con este dato no se ha podido contar porque las estadísticas del Ministerio de Educación no diferencian la distribución por áreas, no ha sido posible contestar al interrogante inicial.

No obstante, y utilizando una aproximación intuitiva, parece que no se puede decir que las dos distribuciones sean equivalentes. Según el gráfico 5, un 67% son varones y un 33% son mujeres. En las aulas es probable que exista un mayor equilibrio de los dos sexos.

DISTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES SEGÚN EL SEXO

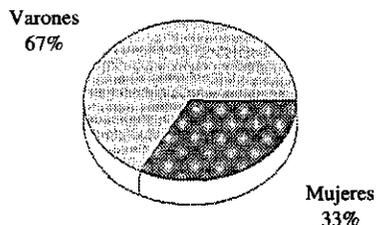


GRÁFICO 5

Para este estudio se ha realizado además un segundo análisis, cruzando la variable sexo con la de tipo de autores. El resultado es que, aunque se tengan en cuenta las diferentes estructuras de los equipos de autores (gráficos 5.1 a 5.3), siguen apareciendo unas diferencias muy similares.

DISTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES SEGÚN EL SEXO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AUTORES

AUTORES INDIVIDUALES

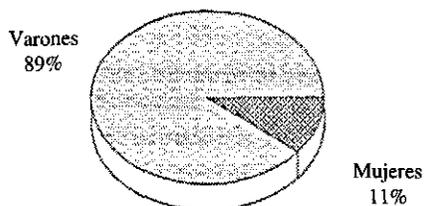


GRÁFICO 5.1

EN EQUIPOS COLECTIVOS

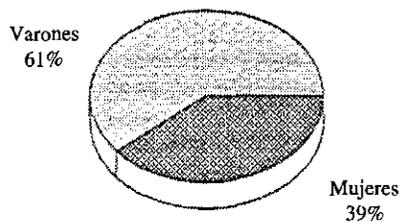


GRÁFICO 5.2

EN EQUIPOS CON DIRECTOR (Figura del Director)

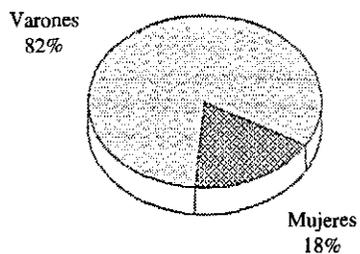


GRÁFICO 5.3

Las menores proporciones de investigadoras frente a investigadores se producen en los casos de autores individuales y de equipos con director (de éstos sólo se considera el sexo de la figura del director). Un 11% de autores individuales son mujeres; un 18% son directoras.

En los que se han denominado equipos colectivos de coautores, la distribución por sexos está más equilibrada: 61% varones y 39% mujeres. Estos equipos suelen ser mayoritariamente mixtos (62%), pero en el 38% de equipos colectivos de un sólo sexo, son muchos más los que están formados sólo por varones que sólo por mujeres (87% frente a 13%).

En definitiva, la participación de la mujer se realiza fundamentalmente en equipo y, sobre todo, más en equipos colectivos que como directoras.

La incorporación de la mujer a la investigación en didáctica de las ciencias (en cuanto a la perspectiva de que dispone el CIDE) no es tan efectiva, probablemente, como a la docencia. Factores actitudinales, motivacionales, personales y sociales estarán detrás de esta realidad.

3. Características de los trabajos

3.1. Nivel de enseñanza

Generalmente, los autores de las investigaciones y las innovaciones centran sus trabajos en el nivel en el que ellos mismos imparten la enseñanza; son pocos los que no se ajustan de esta manera y suele tratarse de profesores universitarios que se dirigen a Secundaria. Por consiguiente, el estudio de los niveles de enseñanza se ha hecho a partir del nivel de enseñanza objeto de la investigación o innovación, es decir, el nivel de la población diana, utilizándolo para considerar el nivel de procedencia de los investigadores.

Teniendo en cuenta que algunos trabajos no se realizan dentro de un único nivel específico, sino que tienen un carácter internivelar, se hacen dos análisis:

– Porcentaje absoluto: porcentaje de trabajos referidos a cada nivel (gráfico 6).

– Porcentaje relativo: lo mismo pero distinguiendo los que se dirigen exclusivamente a cada nivel y los que lo hacen a varios (gráfico 7).

NIVELES DE ENSEÑANZA
DISTRIBUCIÓN EN PORCENTAJES ABSOLUTOS

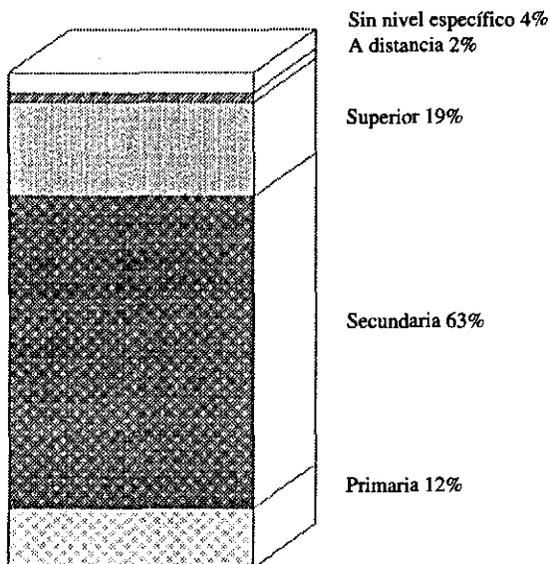


GRÁFICO 6

El nivel de enseñanza sobre el que se han realizado más investigaciones es el de Secundaria (más del 60%), con una gran diferencia respecto a los demás niveles. Para este cálculo, se ha utilizado la estructura marcada por la LOGSE, de modo que al equiparar los trabajos anteriores a esta nueva terminología, se han incluido en este nivel las investigaciones referidas a 7º y 8º de EGB. En el ámbito universitario fundamentalmente Escuelas de Magisterio se encuentra el 19% de los trabajos y el 12% comprende trabajos sin nivel en el ámbito de la Enseñanza Primaria. Un 4% son trabajos sin nivel específico, es decir, trabajos sobre algún aspecto de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en general sin referirlo a ningún nivel.

NIVELES DE ENSEÑANZA DISTRIBUCIÓN EN PORCENTAJES RELATIVOS

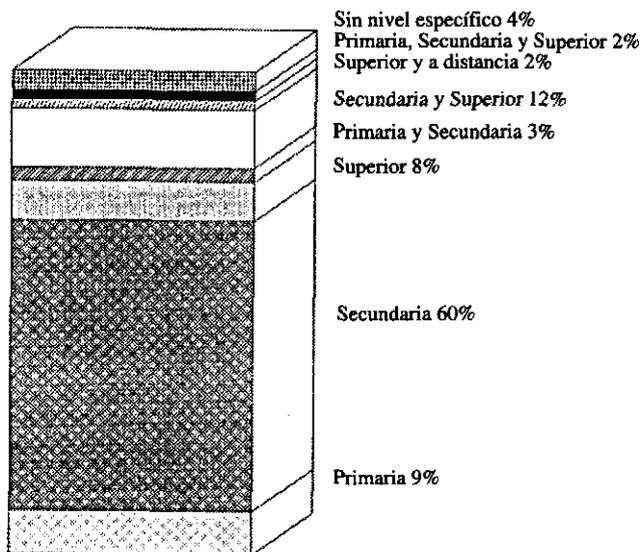


GRÁFICO 7

Los proyectos internivelares son muy escasos. Para los niveles Secundaria-Superior se encuentra sólo el 12% del total de trabajos, muchos menos para Primaria-Secundaria (3%); sólo se han realizado dos estudios que agrupan los tres niveles.

En suma, se puede afirmar que son los profesores de Secundaria los que más se dedican a la investigación educativa en ciencias. En el nivel universitario, en el que la labor investigadora se considera integrada en la tarea docente, el número de investigaciones se reduce. En Primaria hay una alta saturación horaria de dedicación docente y además la enseñanza de las ciencias no se dedica propiamente a las disciplinas científicas sino al área de Conocimiento del Medio Natural y Social.

El profesorado de Secundaria tiene una mayor motivación hacia la investigación porque supone un posible cauce de promoción y, además, encuentra en la vía CIDE prácticamente la única fuente de financiación. En las Facultades, junto a que existen otras fuentes,

es justo reconocer que la didáctica es una de las líneas menos atendidas en la investigación.

3.2. Tipos de trabajos: investigaciones e innovaciones

El término investigación tiende a utilizarse de forma genérica para designar todo trabajo de conocimiento y comprensión de los fenómenos educativos y de búsqueda de soluciones y alternativas para mejorar dicho proceso; pero bajo esta denominación se engloban trabajos de naturaleza muy diversa. Fundamentalmente cabe distinguir dos grandes tipos de trabajos en función de su naturaleza: las investigaciones propiamente dichas y las innovaciones. La investigación educativa establece fundamentos empíricos y premisas racionales que pueden servir tanto para decisiones políticas como para alternativas pedagógicas y didácticas. De la investigación se generan modelos y perspectivas conceptuales acerca de los fenómenos educativos, que terminan por traducirse en innovaciones reales en educación. A su vez, estas innovaciones modifican las perspectivas que emplean los investigadores para analizar, explicar o comprender los fenómenos educativos.

Aunque la innovación y la investigación educativas tradicionalmente se han diferenciado, la frontera cada vez está más difuminada.

En este estudio se han querido distinguir metodológicamente ambas para profundizar en el análisis de la naturaleza de los trabajos. Como referencia se ha utilizado la definición que hace de ambas el Plan de Investigación Educativa y de Formación del Profesorado (MEC, 1989). En este Plan se definen de la siguiente forma:

- La *investigación educativa* consiste en la búsqueda de nuevos conocimientos, con el fin de que éstos sirvan de base tanto para la comprensión de los procesos educativos como para la mejora de la educación.
- Se consideran *innovaciones* las propuestas de métodos, modelos y materiales didácticos, pautas de relación en las aulas, técnicas educativas, etc.

También en dicho Plan se comparan ambas estableciendo analogías y diferencias:

Algunas características de la innovación educativa la aproximan a la investigación:

- implica un actitud indagadora;
- se modifican determinadas condiciones del contexto (modelos y materiales didácticos, formas de interacción en el aula, procedimientos de evaluación, organización de aspectos curriculares, premisas pedagógicas, etc.);
- se observan los efectos de tales modificaciones.

Sin embargo, por otras características la innovación se distancia de la investigación:

- se ofrecen como propuestas no evaluadas, sin aplicarlas a situaciones reales;
- aunque se apliquen, la observación de sus efectos no constituye una evaluación rigurosa o generalizable;
- no hay un control estricto de las condiciones que pueden contribuir a esos efectos.

Las propuestas de innovación no son por sí mismas investigaciones educativas cuando no se acompañan de procedimientos para evaluar objetivamente los efectos de las innovaciones y controlar que tales efectos se deben realmente a ellas y no a otros factores intervinientes en las interacciones educativas.

En resumen, se consideran investigaciones los trabajos que presentan de forma más o menos explícita la formulación de alguna hipótesis (se realizan con la intención de contrastar algo), tienen un desarrollo en el que se controla algo y se sigue una *metodología rigurosa* y finalmente se exponen unos resultados. Por su parte, las innovaciones contienen el desarrollo de una experiencia o la propuesta de materiales didácticos, desarrollos curriculares, recursos metodológicos, presentando o no una evaluación de los mismos.

La distribución por porcentajes de los diferentes tipos de trabajos aparece en el gráfico 8.

TIPOS DE TRABAJOS

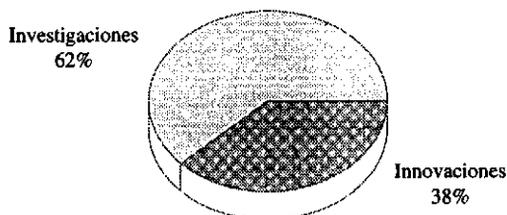


GRÁFICO 8

El 62% son investigaciones y el 38% son innovaciones. El CIDE da cabida a ambos tipos en sus convocatorias. En algunos casos los trabajos se presentan en una categoría que no corresponde a la distribución que aquí se ha hecho según el criterio definido. Suele darse el caso de trabajos que presentándose como investigaciones responden más propiamente a la categoría de innovaciones; el caso contrario no aparece.

Los trabajos de investigación, tal como se han definido, se han clasificado en cuatro tipos: investigación teórica, exploratoria, experimental e investigación-acción.

- *teórica*: trabajos de reflexión, ensayos, etc., que corresponden a un tipo de investigación básica, no aplicada;
- *exploratoria*: conocer e indagar acerca de cómo está un determinado campo (ideas previas, qué saben los alumnos, qué piensa el profesor, actitudes, etc.) sin realizar control de variables;
- *experimental*: analizar el efecto de un tratamiento sobre un grupo o varios, controlando determinadas variables;
- *investigación-acción*: diferentes formas de reflexión en relación con los diferentes aspectos de la práctica.

Según la información del gráfico 9, predomina la investigación experimental (48%), seguida de la exploratoria (34%). La investigación teórica, que es una investigación de base, no aplicada, suma un escaso 5%. El 13% corresponde a investigaciones que explícitamente se realizan bajo el concepto de investigación-acción (otras

con una metodología próxima pero que no lo enuncian explícitamente no se han tenido en cuenta).

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

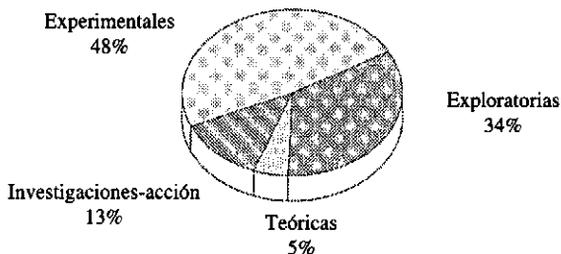


GRÁFICO 9

En resumen, se tiende hacia la investigación aplicada, experimental y exploratoria.

Por su parte, los tipos de trabajos de innovación son las *experiencias didácticas* (consisten en el desarrollo de una experiencia innovadora) y las *propuestas didácticas* (diseño de programas, metodologías o material didácticos); un tipo especial dentro de éstas es el de elaboración de materiales curriculares.

TIPOS DE INNOVACIONES

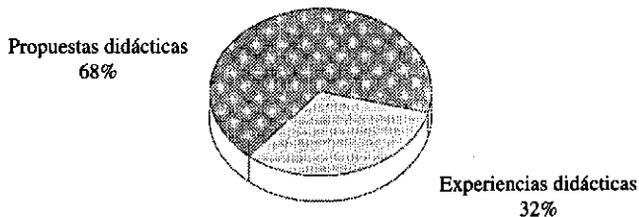


GRÁFICO 10

Las propuestas didácticas son las más numerosas dentro de esta categoría (68%).

4. Contenidos de los trabajos

4.1. Orientación teórica de los trabajos

Todo trabajo de investigación o innovación parte de un fundamento teórico que lo sustenta y da coherencia a su desarrollo y resultados. De ahí la importancia de conocer desde qué presupuestos teóricos parten los autores para poder valorar los resultados a los que llegan, dado que las observaciones no son neutras.

La orientación teórica se refiere a este planteamiento de partida que utilizan los autores para fundamentar y justificar sus trabajos. La intención de este estudio consistía en tratar de poner de manifiesto dichos presupuestos teóricos, pero el resultado no ha podido dar lugar a una mayor profundidad en el análisis. Lo que se ha hecho ha sido ver en cuál de las grandes corrientes de la didáctica se encuadran.

Se han señalado dos orientaciones generales, que coinciden con las tendencias o corrientes habitualmente definidas por las que ha pasado el campo de la didáctica de las ciencias a lo largo de esta década. En la primera mitad de esta década hay numerosas investigaciones que se han realizado desde lo que se ha denominado «método activo», corriente en la que se trataba de promover en el aula metodologías «activas y participativas» y se trataba de aproximar el trabajo del alumno al método científico, concediendo un papel activo al alumno en su propio aprendizaje y considerándolo como un científico novel. A partir del año 1987 han comenzado a aparecer proyectos que se realizan desde orientaciones constructivistas.

Estos datos aparecen expuestos en los gráficos 11 y 12.

ORIENTACION TEORICA DE LOS TRABAJOS DISTRIBUCIÓN

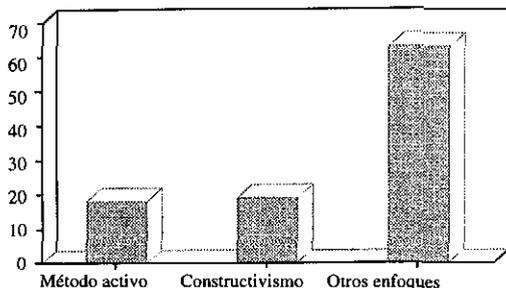


GRÁFICO 11

ORIENTACIÓN TEÓRICA DE LOS TRABAJOS EVOLUCIÓN POR AÑOS

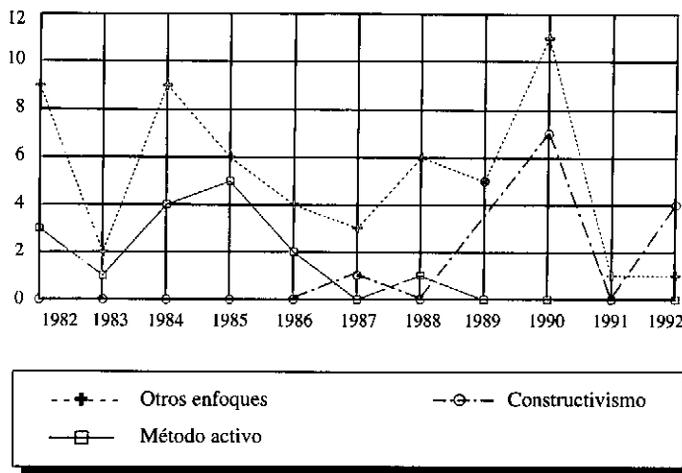


GRÁFICO 12

En el primero se puede apreciar la distribución de los trabajos entre las diversas orientaciones teóricas. En el segundo se pretende expresar la evolución por años de estos enfoques.

A partir de los datos que aparecen aquí reflejados, se pueden distinguir dos grandes grupos de trabajos: los que se orientan según el enfoque «activista» y los que se orientan hacia el enfoque «constructivista». Entre ellos existe una clara ordenación cronológica: el primer grupo corresponde a la primera mitad del periodo mientras que los trabajos constructivistas se extienden a lo largo de los últimos años. El punto de inflexión se podría situar entre el año 1987 y el 1988, en que aparece el primero «constructivista» y el último «activista».

Esto quiere decir que, en efecto, ha existido una evolución de posturas más activistas, que defendían la importancia del «aprender haciendo» y del «aprendizaje por descubrimiento», hacia posturas más constructivistas, en las que lo importante es que el alumno vaya construyendo sus aprendizajes nuevos sobre la estructura de los aprendizajes existentes.

Pero existe un grupo muy numeroso de trabajos que se han agrupado bajo el epígrafe de «Otros enfoques» porque no se podían encuadrar claramente en ninguno de los dos. Realmente sólo se ha podido encuadrar al 37%. Ese 63% restante significa que hay muchos trabajos sin una orientación teórica definida, bien porque su orientación es muy ecléctica, bien porque no se han podido encontrar otros epígrafes claros que los definieran. Pero también hay otros muchos dentro de este 63% que no tienen ninguna orientación teórica: abordan temas desde una perspectiva de aplicación inmediata sin partir de un fundamento teórico, o éste fundamento teórico reside en el pensamiento del autor, pero no lo expone explícitamente como punto de partida del trabajo.

Estas últimas consideraciones deben conducir a algunas reflexiones acerca de cómo se hace la investigación y la innovación y de si se puede seguir en esa misma línea o en qué hay que poner más atención.

4.2. *Áreas de conocimiento*

El área de ciencias reúne un numeroso grupo de disciplinas con una tradición muy desigual en la investigación sobre sus respectivas didácticas.

Los trabajos se han agrupado alrededor de las disciplinas de ciencias con el fin de estudiar en qué campos de ciencias hay más o menos investigación.

En primer lugar se ha establecido una diferenciación a nivel más general, en la que se han agrupado los trabajos en tres bloques: uno relativo al área de *Ciencias Naturales y Medioambientales*, otro al área de *Física y Química* y finalmente otro más amplio y heterogéneo denominado *Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, que aglutina tanto trabajos que se refieren a enseñanza y aprendizaje de las ciencias en general –sin especificar disciplinas– como aquéllos que expresamente se refieren a todas las disciplinas en conjunto –equivalentes al área curricular de Ciencias de la Naturaleza del Diseño Curricular Base.

ÁREAS DE CONOCIMIENTO GENERALES DISTRIBUCIÓN

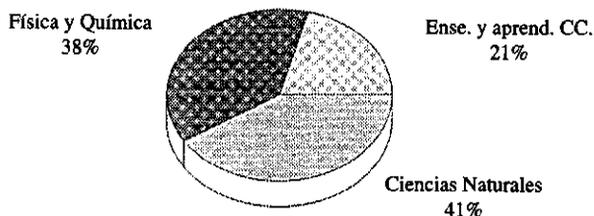


GRÁFICO 13

El resultado de este agrupamiento muestra que un 21% (19 trabajos) pertenecen al área de Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias; un 38% (34 trabajos) son del área de Física y Química; y el resto, 41% (36 trabajos), de Ciencias Naturales y Medioambientales.

Puede llamar la atención que el área de Ciencias Naturales y Medioambientales sea más numeroso que el de Física y Química, que tradicionalmente ha sido más activo respecto a la didáctica, pero una segunda clasificación más pormenorizada que se ha hecho arroja una claridad mayor.

Esta segunda organización se ha efectuado en torno a áreas de conocimiento más concretas y próximas a las disciplinas; se aprecia en el gráfico 14, cuyos datos corresponden al número de investigaciones dentro de cada área.

DISTRIBUCIÓN POR ÁREAS DE CONOCIMIENTO

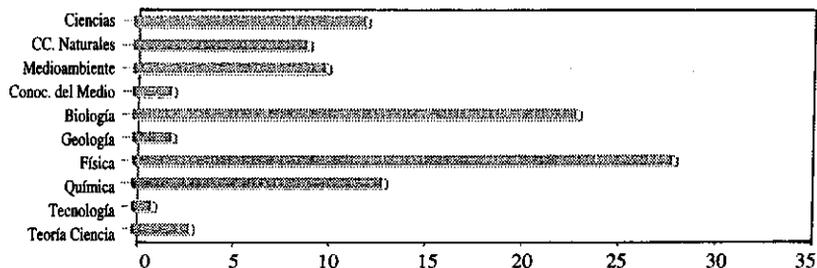


GRÁFICO 14

Se puede establecer una distinción entre áreas que podrían llamarse recurrentes o continuas, es decir, sobre las que hay una continua producción de investigación, y áreas esporádicas, sobre las que solamente se ha hecho algún trabajo al cabo de los diez años. Las primeras son las que tienen una alta frecuencia de aparición: Física, Biología y Química son las que más trabajos recogen (29, 21 y 14, respectivamente; el 33%, 23% y 16% del total de trabajos se refieren a las áreas de Física, Biología y Química, respectivamente).

En el otro extremo, con sólo uno, dos o tres, están Tecnología, Geología y Teoría de la Ciencia. Constituyen las áreas esporádicas que se mencionaban anteriormente. El área de Conocimiento del Medio, aunque también presenta la misma frecuencia, requiere consideración aparte porque se introduce más tarde, en los últimos años, a raíz de la nueva organización de las áreas curriculares de la Reforma.

Con valores intermedios se encuentra otra serie de áreas como son Ciencias de la Naturaleza, Medio ambiente y Ciencias en general.

De esta manera se puede matizar el que haya más cantidad de trabajos en el área de Ciencias Naturales y del Medio ambiente que en el de Física y Química. Por disciplinas, Física es la que más recoge (corroborando la mayor tradición de esta didáctica) y también hay bastantes de Química. El núcleo de las Ciencias Naturales y del Medio ambiente es la Biología, pero además agrupa a un mayor número de disciplinas, lo que hace que aumente su volumen total. En los últimos años se experimenta un incremento muy notable de los temas ambientales.

4.3. Tópicos sobre los que se ha trabajado

Cada una de las investigaciones e innovaciones va asociada a descriptores que facilitan su localización de cara al intercambio de información en materia de educación. Los descriptores que se han utilizado corresponden a los contemplados en el Tesoro Europeo de la Educación (Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 1991). La utilización de este Tesoro condiciona la elección de los tópicos identificadores de las materias

sobre las que versan los trabajos. Generalmente se han definido los trabajos mediante dos o tres descriptores.

La tabla 3 presenta un resumen de los descriptores con una frecuencia de aparición más alta, ofreciéndose el porcentaje de trabajos que se definen por ese descriptor.

TÓPICOS SOBRE LOS QUE SE HA TRABAJADO DISTRIBUCIÓN

TOPICOS	%
Medios de enseñanza	20
Proceso de aprendizaje	13
Programa de estudios	12
Método de enseñanza	11
Medios audiovisuales. Uso didáctico del ordenador	7
Psicología cognitiva Desarrollo cognitivo Proceso cognitivo Conocimiento	6
Formación de profesores Conducta del profesor	4
Interdisciplinariedad	4
Solución de problemas	3

Otros tópicos:

- Actitud del alumno.
- Actividades fuera de programa.
- Actividades escolares.
- Asignación de recursos.
- Contenido de la educación.
- Enseñanza programada.
- Epistemología.
- Evaluación.
- Experiencia de laboratorio.
- Interdisciplinariedad.
- Léxico.
- Libro de texto.
- Material autodidáctico.
- Motivación.
- Nivel de conocimientos.
- Tecnología de la educación.
- Trabajos prácticos.

TABLA 3

Los tópicos más frecuentes son los de *medios de enseñanza* (el 20% de los trabajos), *proceso de aprendizaje* (13%), *programa de estudios* (12%) y *método de enseñanza* (11%). El primero de éstos hace referencia a la elaboración, experimentación o utilización de materiales y recursos didácticos de cualquier tipo; el segundo, proceso de aprendizaje, corresponde a estudios sobre diversos aspectos

de este proceso; el tercero, programa de estudios, define el diseño, experimentación o presentación de algún tipo de programación o plan de estudios; y finalmente, el de método de enseñanza hace alusión a la experimentación, propuesta o aplicación de una metodología de enseñanza en su más amplio sentido. Son éstos, pues, los tópicos más recurrentes.

Algunos otros tópicos relevantes dentro del campo de la didáctica de las ciencias, aunque con una frecuencia menor, son: relacionados con las nuevas tecnologías en educación, se han utilizado los tópicos de *medios audiovisuales* y de *uso didáctico del ordenador*, que entre los dos abarcan un 7% de los trabajos. Dentro del ámbito de corte más psicológico-cognitivo, se puede incluir un 6% de los trabajos, que corresponden a los descriptores de *psicología cognitiva*, *desarrollo cognitivo*, *proceso cognitivo* y *conocimiento*. Un grupo no muy numeroso de trabajos hacen referencia a la figura del profesor, desde dos puntos de vista: *formación de profesores* y *conducta del profesor* (3% en conjunto). Por señalar un tema muy concreto de estudio, bajo el descriptor *solución de problemas* se encuadra el 3%, tópico que suele estudiarse cruzado con variables de corte psicológico-cognitivo. *Interdisciplinariedad* sólo se ha utilizado para los trabajos que tienen intención expresa de ello.

Los otros tópicos aparecen en no más de dos ocasiones, lo cual resulta muy llamativo sobre todo para los de *evaluación* (investigaciones sobre cómo evaluar), un tema al que se pretende conceder mucha importancia a través de la reforma, y *actitud del alumno*.

Conclusiones

Dentro de sus características, este estudio ha servido para dar a conocer algunos rasgos de interés acerca de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias con la que ha colaborado el CIDE.

A lo largo de los diez años se han producido numerosos cambios en el campo de la investigación en didáctica de las ciencias, que se han puesto de manifiesto con este análisis. Lo más destacable se refiere a la orientación teórica con que se plantean los trabajos: de un enfoque de la enseñanza y el aprendizaje centrado en la metodología activa y participativa y en aproximar el trabajo del

alumno al método científico, se ha ido evolucionando hacia el enfoque constructivista, que predomina en los trabajos de los últimos años. Por lo demás, no se han podido encontrar tendencias evolutivas nítidas.

En cuanto a las características de la investigación y la innovación en esta década, se pueden resumir los aspectos más significativos en que son trabajos realizados mayoritariamente por equipos de autores más que por autores individuales; hay un nivel elevado de colaboración y relación entre los autores, de modo que hay pocos equipos estables muy definidos y en cambio muchos autores que se integran en diferentes equipos; el nivel de productividad de los autores es bajo, el 95% sólo han realizado uno o dos trabajos, no teniendo trayectorias estables en la labor investigadora. Mayoritariamente los investigadores son varones (67%); entre los autores individuales y en la figura de director del equipo (en aquéllos que existe) es donde más se aprecia esta diferencia, mientras que en los equipos en que no hay director y son coautores, es donde más se iguala la proporción.

La labor investigadora y de innovación se concentra sobre todo en el nivel de Secundaria; el 60% de los trabajos se refiere a este nivel, sólo un 9% a Primaria y un 8% a Superior; el resto son trabajos internivelares.

Investigaciones propiamente dichas son el 62%, el resto, 38%, son innovaciones didácticas. Dentro de las primeras, abundan las de carácter experimental y algo menos las exploratorias, son muy pocas las teóricas y a partir de 1987 hay un grupo numeroso de investigaciones-acción. Un tercio de las innovaciones exponen experiencias didácticas realizadas dentro y fuera del aula y el resto son propuestas didácticas de materiales curriculares, metodologías didácticas y programas de estudio.

Sobre lo que más se ha trabajado es Física, Biología y Química. Otras áreas son Ciencias de la Naturaleza, Medio ambiente, Ciencias en general, Geología, Tecnología y Teoría de la Ciencia.

Éste es el panorama en el que se ha desarrollado durante los últimos diez años la investigación y la innovación en didáctica de las ciencias que ha financiado el CIDE. Se puede afirmar que se ha producido un avance considerable en estos años. A pesar de ello, el campo de la investigación en didáctica de las ciencias sigue siendo todavía desconocido para una gran parte del profesorado; este dis-

tanciamiento entre investigación educativa y actuación docente resulta preocupante en un momento como el actual en el que está en marcha un proceso de reforma del Sistema Educativo, que reconoce al profesorado el papel de investigador en el aula. Por ello parece que habrá que reforzarse la tarea del CIDE consistente, entre otras, en difundir y aproximar los resultados de la investigación a la práctica docente con el propósito de que la investigación logre su objetivo: servir de guía y fundamento a la práctica docente de cara a una mejora permanente de ésta, más aún en momentos de reforma del sistema educativo.

I.2.

**APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA
DE LAS CIENCIAS**

ÍNDICE

Hacia una enseñanza de las Ciencias acorde con el propio proceso de producción científica (1ª fase).....	47
Hacia una enseñanza de las Ciencias acorde con el propio proceso de producción científica: Concreción y validación experimental del modelo propuesto (2ª fase).....	50
Una aplicación del método científico al estudio de las Ciencias Naturales: Ciclo Superior.....	52
Identificación del comportamiento y características deseables del profesor de Ciencias Experimentales de Bachillerato.....	55
La disposición para el aprendizaje significativo de las Ciencias Experimentales: el control de la propia comprensión.....	58
Análisis epistemológico de la racionalidad científica en el ámbito de la Didáctica.....	61
Bases psicopedagógicas para la elaboración de un currículo de Ciencias (12-16 años).....	64
En pos del significado. Una perspectiva radical para la educación científica.....	66
Diseño, desarrollo e investigación de una programación de Ciencias Naturales para el ciclo 12-16. Proyecto Ferre.....	69

Elaboración y aplicación de instrumentos de diagnóstico de los conocimientos de Ciencias y Matemáticas. Etapa 12-18.....	71
Elaboración y aplicación de materiales didácticos para su desarrollo en un proyecto curricular de Ciencias (Física, Química, Biología y Geología) alternativo y de enfoque constructivista, en el ciclo 12-16, en una muestra de la población escolar de la provincia de Málaga.....	74
C.I.E.N.C.I.A. 12-16 (Currículo para la Investigación y la Enseñanza de las Ciencias Arquímedes).....	77
Elaboración de materiales curriculares para el área de Ciencias de la Naturaleza de la Enseñanza Secundaria Obligatoria.....	80
Estudio experimental basado en la teoría de Lakatos acerca del progreso de la Ciencia y sus implicaciones didácticas.....	83
Investigación sobre Teoría y Didáctica de la Ciencia.....	86
La resolución de problemas de Ciencias: una alternativa metodológica en el marco del Diseño Curricular Base para la Enseñanza Secundaria Obligatoria.....	89
Materiales curriculares para el área de Ciencias de la Naturaleza. Educación Secundaria Obligatoria.....	92
Procesos de control de la comprensión en el aprendizaje de las Ciencias Experimentales.....	95
Proyecto ACES: Aprendiendo Ciencias en Enseñanza Secundaria.....	98

Hacia una enseñanza de las Ciencias acorde con el propio proceso de producción científica (1ª fase).

autores: Daniel GIL PÉREZ (director), Jaime CARRAS-COSA ALÍS, Ana M.^a GENÉ DUCH, Joaquín MARTÍNEZ TORREGROSA y José PAYÁ PERIS.

procedencia: Universidad Autónoma de Barcelona.

convocatoria: XI Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1982.

Planteamiento y objetivos

Ésta es la primera fase de la investigación, en la cual se critican dos paradigmas existentes en la enseñanza de las ciencias: la enseñanza por transmisión de conocimientos elaborados y la enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo. Frente a éstos, los autores proponen un modelo de enseñanza como investigación, que supone un cambio tanto conceptual como metodológico. Se trata de una enseñanza acorde con el proceso de producción de conocimientos científicos.

Se realizan diversos diseños experimentales con el fin de analizar los errores conceptuales en la enseñanza de la física, el grado de familiarización de los alumnos con la metodología científica (concretamente con los trabajos prácticos de física y química) y el planteamiento de la resolución de problemas.

Metodología

En esta primera fase hay dos ejes metodológicos:

- a) Análisis de los errores conceptuales en la enseñanza de la física: se pretende poner de manifiesto que la enseñanza por transmisión verbal de conocimientos ya elaborados no tiene

en cuenta las ideas previas de los alumnos ni su posible contradicción con los conocimientos que se transmiten, por lo que este tipo de enseñanza dejará inalterados sus preconceptos, así como la tendencia a sacar conclusiones precipitadas.

Se analizan 74 textos (21 de 7° de EGB, 20 de BUP, 20 de COU y 13 de Física general). Se aplica un cuestionario sobre conceptos claves (en problemas de física) a 875 sujetos (alumnos de BUP, COU, Magisterio y 2° de Químicas) y se realiza un análisis de porcentajes de error.

- b) Estudio del grado de familiarización de los alumnos con la metodología científica:
- Se aplica un cuestionario a 46 profesores de Instituto y a 59 alumnos del CAP y se analizan 53 textos de EGB, BUP y COU respecto a la inclusión de trabajos prácticos y a la utilización de una metodología científica (análisis de porcentajes).
 - Se estudia qué aspectos de la metodología científica reconocen los alumnos (318 de BUP y 173 de COU) al analizar un texto científico (análisis de porcentajes).
 - Se investigan los trabajos prácticos de biología en relación con su incidencia en la familiarización del alumnado con la metodología científica. Para ello se analizan cuestionarios aplicados a 103 profesores (32 en ejercicio y 71 en formación), 25 libros de texto y 68 libros de prácticas de biología. Por otra parte, 40 alumnos de BUP, 52 de COU, 68 profesores en formación y 46 alumnos de la Facultad de Biología analizan un texto científico en el que deben reconocer los aspectos de la metodología científica (análisis de porcentajes).
 - Se realiza un estudio sobre resolución de problemas. A 55 profesores de BUP, 122 del CAP y 91 alumnos de 2° y 3° de Magisterio se les aplica un cuestionario para obtener información sobre su visión de la resolución de problemas. Además se analizan 63 textos, de EGB, BUP y COU, 8 textos de Física general y 7 problemas (análisis descriptivo en porcentajes).

Resultados

Entre otros resultados, se constata que el 90% de los textos analizados no plantean ninguna actividad para identificar preconceptos.

El 80% de alumnos y el 70% de profesores en formación presentan errores conceptuales sobre la concepción de fuerza como causa del movimiento.

Existe un porcentaje alto de profesores que no consideran algunos aspectos relacionados con la metodología científica (p.e., el 94,5% no incluyen actividades de emisión de hipótesis) y en la mayoría de los textos no se identifican aspectos de la metodología científica (p.e., el 82,9% de los textos no propician la emisión de hipótesis).

Los resultados muestran que un porcentaje alto del profesorado tiene una visión de la resolución de problemas como simples ejercicios de aplicación de la teoría.

Se evidencia la falta de planteamientos cualitativos y estrategias de resolución (p.e., el 83% de los textos no incluyen interpretación de resultados, ni constatan estrategias alternativas).

Descriptoros

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior
Ciencias
Método de enseñanza, Proceso de aprendizaje

Hacia una enseñanza de las Ciencias acorde con el propio proceso de producción científica: Concreción y validación experimental del modelo propuesto (2ª fase).

autores: Daniel GIL PÉREZ (director), Jaime CARRAS-COSA ALÍS, Ana M.^a GENÉ DUCH, Joaquín MARTÍNEZ TORREGROSA y José PAYÁ PERIS.

procedencia: Universidad Autónoma de Barcelona.

convocatoria: XII Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1983.

Planteamiento y objetivos

Este trabajo corresponde a la segunda fase de la investigación. En esta parte se trata de analizar las causas del fracaso de la enseñanza de las ciencias, profundizar en el modelo de enseñanza de las ciencias acorde con el propio proceso de producción de conocimientos científicos y contrastar si dicho modelo disminuye los errores conceptuales e incrementa la familiarización de los alumnos con la metodología científica.

Metodología

En esta segunda fase hay tres ejes metodológicos:

- a) **Análisis de los errores conceptuales:** se pasan dos cuestionarios (pre- y postest) sobre errores conceptuales a 145 alumnos de COU de 7 centros, a 136 profesores del CAP y a 5 grupos de profesores de BUP y COU (145 en total). Tras advertir previamente la facilidad de cometer error, se miden los tiempos de respuesta, la inclusión de explicaciones y los porcentajes de error.

Análisis estadístico: análisis de porcentajes, χ^2 para comparar los resultados de los dos tests y “t” de Student.

- b) Influencia de la utilización de un programa-guía de actividades sobre la persistencia de errores conceptuales: se comparan dos grupos, uno experimental de 2º BUP y uno de control, de 2º de Magisterio.

Los tratamientos son: aplicación de una metodología de enseñanza por transmisión verbal (grupo de control) y de un programa-guía (grupo experimental).

La variable independiente se operativiza a través de un cuestionario, calculándose porcentajes de error y haciendo un análisis de datos con χ^2 .

- c) Influencia de la utilización de un programa-guía sobre la familiarización con la metodología científica: se compara un grupo experimental de enseñanza a través de un programa-guía y un grupo control de enseñanza por transmisión verbal. Los sujetos analizan un texto científico sobre el que tienen que reconocer distintos aspectos de la metodología científica. Se analiza mediante diferencia de proporciones.

Resultados

Se encuentra un elevado porcentaje de preconceptos persistentes distintos de los conceptos científicos, asociados a una “metodología de superficialidad”.

Por otra parte, se encuentra que no existe influencia de las advertencias sobre la dificultad de respuestas correctas y no se encuentran diferencias significativas en cuanto al uso de la “metodología de superficialidad” entre alumnos y profesores.

En cuanto a la influencia de la utilización de un programa-guía de actividades sobre la persistencia de errores conceptuales, se obtienen resultados estadísticamente significativos, que permiten concluir que el “programa-guía” presentado disminuye el porcentaje de error.

Se encuentran diferencias significativas entre el grupo experimental y el de control: la enseñanza por descubrimiento dirigido (“programa-guía”) facilita la familiarización con la metodología científica.

Por último, se presenta un modelo de resolución de problemas

acorde con la metodología científica. Se concluye la necesidad de un modelo de aprendizaje de las Ciencias como cambio conceptual y metodológico.

Descriptores

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior
Ciencias
Método de enseñanza, Proceso de aprendizaje

Una aplicación del método científico al estudio de las Ciencias Naturales: Ciclo Superior.

- autores:** José MATAIX ARNEDO y 30 colaboradores.
- procedencia:** Universidad de Alicante.
- convocatoria:** XI Plan Nacional de Investigación Educativa.
- duración:** 1982-84.

Planteamiento y objetivos

Este trabajo se propone realizar un proyecto de enseñanza experimental de las ciencias naturales que no se limite el aprendizaje memorístico de un texto ni a la explicación magistral. Se intenta que, en el segundo ciclo de EGB, se realice un número considerable de experiencias que induzcan al alumno a sacar conclusiones desde las cuales llegar a los principios teóricos.

Con este método se tiende a desarrollar en el alumno la observación, medición y evaluación de los fenómenos naturales espontáneos y provocados.

Metodología

Los alumnos se distribuyen en equipos de cinco o seis miembros, entregándose a cada uno un guión de la práctica que se ha de realizar en el laboratorio. Cada alumno da su explicación de los fenómenos observados y estas explicaciones son comprobadas por los equipos correspondientes. De entre todas las explicaciones se elige una por equipo y luego se pasa a la clase, donde cada equipo expone la explicación razonada. Los demás equipos la discuten. El profesor procede a la matización final que aclara los puntos no tratados suficientemente.

En este proceso se hace, por consiguiente, un uso constante de los métodos inductivo y deductivo, así como del análisis de datos,

interpolación-extrapolación, etc; en suma, lo que constituye el *método científico*.

Resultados

Se reproducen los programas de los cursos 6º, 7º y 8º de EGB y a continuación se insertan los “modelos de prácticas” realizadas en el laboratorio relativas a los temas del programa. Cada práctica se compone de las siguientes partes: objetivos, material que se utiliza y parte experimental, donde se describe lo que el alumno ha de hacer, formulándole preguntas intercaladas entre el texto.

Se acompaña un modelo de cuestionario para profesores y otro para alumnos, de los que no se dan las conclusiones, sino las puntuaciones de los alumnos de los Colegios Públicos Pintor Sorolla y Santo Negro.

Los resultados se consideran muy satisfactorios, a juzgar por dichas calificaciones.

Descriptores

Enseñanza Primaria, Enseñanza Secundaria

Ciencias de la Naturaleza

Método de enseñanza, Experiencia de laboratorio

Identificación del comportamiento y características deseables del profesor de Ciencias Experimentales de Bachillerato.

autores: Juana NIEDA, Isabel BRINCONES CALVO, Aurora FUENTES, José OTERO GUTIÉRREZ y M.^a Jesús PALACIOS.

procedencia: Universidad Autónoma de Madrid.

convocatoria: XIII Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1984-87.

Publicado por CIDE (MEC), Colección "Investigación", nº 21. Madrid, 1988.

Planteamiento y objetivos

Los objetivos de esta investigación son:

1. Conocer la percepción que tienen los investigadores en didáctica de las ciencias, los inspectores, los profesores de ciencias experimentales y los alumnos sobre las competencias deseables del profesorado de esta área y su estimación sobre el grado en que las poseen.
2. Proporcionar recomendaciones, a partir de estos datos, que faciliten un diseño de formación del profesorado de ciencias experimentales dirigido a paliar las carencias detectadas.

Metodología

Se hace una revisión de la literatura nacional y extranjera para identificar los comportamientos y características deseables en los profesores y se elige un total de 23 variables clasificadas en cuatro apartados: competencias relacionadas con la materia; competencias

relacionadas con las técnicas de enseñanza; características personales del profesor; características profesionales del profesor.

Se confecciona así un primer cuestionario en el que hay que puntuar cada una de las variables según la importancia que se le otorga a esa característica o competencia (no deseable, indiferente, importante, esencial) y estimar el número de profesores (curso 1984-85) que la poseen o manifiestan en un nivel aceptable (ninguno, pocos, bastantes, todos).

En esta primera fase, la encuesta es respondida por grupos de trabajo e investigación en didáctica de las ciencias y por inspectores de Bachillerato.

Los resultados de la primera fase, además de dar a conocer la opinión de grupos de trabajo e inspectores, sirven para elaborar un nuevo cuestionario modificado, que se aplica a profesores de ciencias experimentales de Bachillerato en la segunda fase del trabajo.

También se confecciona una versión especial del cuestionario para alumnos de 3º de BUP en el que se les pregunta sobre el grado en que sus profesores poseen diversas competencias y características. No se les pide que valoren la importancia de las variables.

Para cada una de las variables se obtienen porcentajes de sujetos que señalan cada una de las alternativas.

Resultados

Entre los grupos de trabajo, inspectores y profesores existen desacuerdos importantes a la hora de juzgar la importancia de la mayoría de las variables.

Existe acuerdo en la ausencia de más de la mitad de los comportamientos y características deseables en el profesorado de ciencias experimentales. Sin embargo, no hay acuerdo en los encuestados en que la situación sea excesivamente preocupante en cuanto a la formación de los profesores. En opinión de los grupos de trabajo e inspectores, parecen manifestarse deficiencias en cuanto a necesidad de:

- una enseñanza activa de la ciencia y de sus métodos;
- evaluar adecuadamente;
- ser consciente de la necesidad de mejorar y autoperfeccionarse.

Las variables a las que los grupos de trabajo e inspectores atribuyen la máxima importancia son “Enseñar los métodos de la ciencia” y “Planificar la enseñanza”.

La falta de acuerdo de los profesores sobre el carácter esencial de las variables sugiere investigaciones adicionales sobre las hipótesis explicativas que se adelantan en este trabajo.

Los profesores parecen optimistas en cuanto a sus propias necesidades de formación. Para ellos, en comparación con los grupos de trabajo e inspectores, no existirían áreas prioritarias de perfeccionamiento.

Existen discordancias entre la valoración que otorgan a algunas variables los inspectores y los profesores y la importancia que se le atribuye en la reforma de la enseñanza. Ello podría conducir a una deficiente implantación de los nuevos programas.

Los alumnos están satisfechos con los conocimientos que tienen sus profesores y con el orden con que dan sus clases. Echan en falta especialmente la atención individualizada del profesor dentro y fuera del aula.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Ciencias

Formación de profesores, Conducta del profesor

La disposición para el aprendizaje significativo de las Ciencias Experimentales: el control de la propia comprensión.

autores: José OTERO GUTIÉRREZ, Juan M. CAMPANARIO LARGUERO e Isabel BRINCONES CALVO.

procedencia: Universidad de Alcalá de Henares.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1986.

duración: 1986-89.

Planteamiento y objetivos

El trabajo se enmarca dentro de los estudios sobre la disposición para el aprendizaje significativo de las ciencias a partir de la lectura de textos. Una variable relacionada con esta disposición, como es el control adecuado de la propia comprensión de la ciencia, se toma como núcleo principal del estudio.

Los objetivos de la investigación son:

- Estudiar la capacidad de control de la propia comprensión en textos científicos por alumnos de ciencias de Enseñanza Media, en diferentes contextos.
- Categorizar las pautas de control de dicha comprensión en textos con contradicciones explícitas.
- Identificar cómo evoluciona con la edad, durante la etapa de Enseñanza Media y COU, esta capacidad de control.
- Estudiar su relación con el rendimiento académico.

Metodología

Se han realizado cuatro estudios empíricos: tres de ellos dentro del llamado «paradigma de contradicción», en los que se sitúa al alumno frente a textos científicos contradictorios. Con ello se pretende analizar la evaluación de la comprensión y la posterior

regulación que realizan los alumnos. El cuarto estudio tiene un carácter fundamentalmente descriptivo y en él se analizan las correlaciones entre el rendimiento académico y el control de la comprensión, medido a través de la detección de inconsistencias.

La muestra está constituida por estudiantes de BUP y COU de Institutos de Enseñanzas Medias de Madrid y Alcalá de Henares. En el primer estudio intervienen solamente alumnos de COU (N=66) y en los restantes alumnos de 2º de BUP (N=65 y 36) y de COU (N=63 y 39).

Las técnicas de análisis estadístico aplicadas han consistido en pruebas de significación de las diferencias entre grupos (ANOVA, χ^2 , "t" de Student), análisis de conglomerados y coeficiente de correlación de Pearson.

Resultados

En general, los resultados muestran la importancia de los problemas metacognitivos en el aprendizaje de las ciencias, particularmente los problemas relacionados con el control inadecuado de la propia comprensión en la lectura de libros de texto. Más específicamente, se derivan los siguientes resultados de los estudios empíricos realizados:

- a) Hay problemas de control de la comprensión de textos científicos en alumnos de BUP y COU.
- b) La sensibilidad a la ordenación del texto aparece relacionada con la capacidad para identificar contradicciones en el texto.
- c) Tanto la capacidad de evaluar como la capacidad de regular adecuadamente la comprensión de la ciencia mejoran según se progresa en los cursos en el sistema educativo tradicional (en los alumnos de COU hay un porcentaje más alto de detección y rechazo de incoherencias con respecto a los de BUP).
- d) No parece existir una relación importante entre la capacidad de control de la propia comprensión y el rendimiento académico, de acuerdo con las calificaciones tradicionales. Esta relación, además, disminuye según se progresa de BUP a COU. Existen, pues, indicios de que la relación entre ambas variables no es sencilla o lineal, sino más bien curvilínea (U invertida).

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Ciencias
Proceso de aprendizaje

Análisis epistemológico de la racionalidad científica en el ámbito de la Didáctica.

autor: José F. ANGULO RASCO.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1988, modalidad Tesis Doctorales (segundo premio).

Planteamiento y objetivos

El planteamiento de la investigación parte de la idea de que se han utilizado las ciencias positivas como referente para construir la teoría educativa como ciencia racional, sin atender a la especificidad del objeto de ésta, que es la acción educativa. El resultado de esta inadecuación es que la teoría no comprende el fenómeno educativo en toda su dimensión. En este sentido, se propone una revisión y una reorientación de este proceso, para que la teoría adquiera valor de praxis, de instrumento para la transformación real, crítica y emancipadora de la educación.

Los objetivos son:

- a) Definir la naturaleza epistemológica de la teoría educativa: cómo se construye el conocimiento científico en educación.
- b) Establecer un modo de análisis de la racionalidad científica, considerando las diferentes concepciones filosóficas y las proyecciones epistemológicas que se derivan de ellas.
- c) Aplicar este modo de análisis al ámbito del conocimiento educativo, con el fin de:
 - revisar críticamente las dificultades epistemológicas del enfoque actual de la teoría educativa, y
 - proponer un replanteamiento conforme a la racionalidad científica propia de este ámbito, sin acudir a referentes externos procedentes de otros campos disciplinares.

Metodología

Se trata de una investigación de carácter teórico, con una parte que corresponde al análisis de la racionalidad científica desde la

epistemología y otra en la que se aplica este análisis al ámbito educativo. La primera se organiza en torno a dos ejes estructurales:

- indagar y analizar las tres concepciones *filosóficas* esenciales, en sus diversas versiones, de la racionalidad: positivista, interpretativa y crítica, prestando una atención más detallada a las primeras;
- plantear qué implicaciones se pueden derivar de dichas concepciones, en lo relativo a las formas *epistemológicas* de la racionalidad, que son la representación y la acción.

En la segunda parte se analiza cómo se configura la racionalidad científica de la acción educativa. Es decir, cómo ha sido racionalmente entendido y sistematizado teóricamente el quehacer educativo.

Resultados

La conclusión de aplicar el análisis epistemológico de la racionalidad científica al campo de la educación es la propuesta de sustituir la vigente fundamentación positivista de la teoría educativa por una fundamentación práctica basada en la comprensión de la educación como una acción comunicativa. Tales conclusiones se apoyan en:

- a) La estructura formal que confiere la justificación racional a las acciones educativas es el currículo.
- b) La tecnología educativa ha venido siendo la tendencia más poderosa en el diseño curricular, lo que determina que la racionalización de la acción educativa se comprenda exclusivamente desde una perspectiva técnico-positivista.
- c) La comprensión técnica de la acción educativa proporciona una imagen simplista de ésta, que ha hecho perder las características intrínsecas del hecho educativo: la conciencia tecnocrática impone un ideal técnico a la práctica educativa, que impide su autocomprensión comunicativa y emancipadora.

Para que esta situación cambie, hay que asumir que la acción educativa está esencialmente constituida por la práctica y construir la teoría abandonando los modos externos referenciales, formulándola a partir de la propia acción.

Esta reorientación debe conllevar un cambio en la concepción del diseño curricular hacia el «currículo práctico», desde lo que llama “perspectiva deliberativa”: el currículo adquiere su sentido último en su realización práctica, mucho más que en su base y fundamentación teórica.

Surge una nueva perspectiva en la investigación educativa, la fórmula de «investigación-acción», como mecanismo de evaluación continua del desarrollo de las acciones. En ella el profesor adquiere un papel central en la construcción del conocimiento educativo, mediante su reflexión sobre la práctica del currículo, por lo que se puede empezar a hablar de “reflexión e investigación curricular” y desechar el concepto de «diseño curricular», de claro matiz tecnológico, por el de «desarrollo curricular».

Sólo una teoría educativa conectada con la investigación curricular y con un proyecto curricular deliberativo que reúna los intereses de todos los participantes en el proceso educativo puede servir para transformarla.

Descriptor

Teoría de la Ciencia, Teoría de la Educación
Epistemología

Bases psicopedagógicas para la elaboración de un currículo de Ciencias (12-16 años).

autores: Juan I. POZO MUNICIO (director), Miguel Á. GÓMEZ CRESPO, Margarita LIMÓN y Ángeles SANZ SERRANO.

procedencia: Universidad Autónoma de Madrid.

convocatoria: Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Educativa 1988.

duración: 1988-90.

Planteamiento y objetivos

El trabajo está dividido en dos partes claramente diferenciadas. En la primera, los autores revisan los procesos psicológicos que intervienen en la comprensión de las ciencias y proponen un modelo integrador; en la segunda parte, el estudio se dirige hacia el análisis, desde el modelo integrador de construcción del pensamiento causal, de aquellas ideas que tienen los alumnos acerca de diversos conceptos químicos. El análisis parte del "nivel de desarrollo" y de "los conocimientos previos" que poseen los alumnos de 12-16 años.

Se comparan dos teorías diferentes acerca de cómo aprenden ciencias los alumnos: la teoría piagetiana de las operaciones formales y el enfoque de las ideas previas o concepciones alternativas. Tal comparación se realiza con el objeto de identificar cuales son sus principales semejanzas y diferencias, lo que puede servir como punto de partida para buscar un modelo integrador del conocimiento científico basado en el pensamiento causal.

Los autores, desde una postura intermedia a las analizadas, proponen analizar las ideas de los alumnos sobre la ciencia en términos de sus *teorías implícitas* sobre los fenómenos científicos.

Metodología

El trabajo se ha realizado consultando de forma pormenorizada la bibliografía existente.

Resultados

Los autores realizan un estudio exhaustivo y organizado de los trabajos realizados sobre teorías implícitas en química y los clasifican en torno a tres núcleos que el alumno debe dominar para comprender la química. Éstos núcleos son: la naturaleza discontinua de la materia, la conservación de propiedades no observables de la materia y la cuantificación de relaciones.

Posteriormente, se estudia la comprensión y el aprendizaje de los conceptos químicos más fundamentales, las ideas que sobre ellos tienen los alumnos y las dificultades que encuentran en su aplicación.

Los conceptos que se analizan son los correspondientes a los propuestos en el currículo de la ESO:

- Conceptos químicos fundamentales:
Estructura de la materia: concepto de partícula. Átomo y molécula. Sustancia pura. Elemento. Compuesto. Mezcla. Mol.
- Estados de agregación de la materia:
Sólido. Líquido. Gas.
- Los cambios en la materia:
Cambio físico frente a cambio químico. Cambios de estado. Disoluciones. Reacciones químicas. Equilibrio químico.

El trabajo finaliza con la revisión de los estudios que se han realizado, con el propósito de conocer cuál es la relación que hay entre determinadas variables psicológicas e instruccionales y el rendimiento en química. Las variables estudiadas son: pensamiento formal, capacidad mental, dependencia/independencia de campo, razonamiento espacial, sexo, conocimiento previo, estilos de enseñanza, instrucción del pensamiento formal y análisis de textos.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Ciencias, Química
Proceso de aprendizaje, Programa de estudios

En pos del significado. Una perspectiva radical para la educación científica.

- autor:** Francisco LÓPEZ RUPÉREZ.
- procedencia:** Universidad Autónoma de Madrid.
- convocatoria:** Ayudas a la Investigación Educativa 1988.
- duración:** 1989-92.

Planteamiento y objetivos

El trabajo, de carácter ensayístico, postula la extensión a las ciencias del hombre de algunos principios de la física fundamental contemporánea, que se elevan a la categoría de “principios epistemológicos”. Como muestra, se escogen algunos de estos principios y se aplican al ámbito de la enseñanza y del aprendizaje de la ciencia y de la investigación sobre ambos.

La propuesta de apoyar la educación científica en la física fundamental posee un nivel de armonía y coherencia mayor que la que propone fundamentar la educación científica en principios psicológicos o filosóficos. Hasta ahora, la enseñanza de la física ha buscado en la psicología diferentes modelos que inspiraran su progreso, mientras que la psicología cognitiva acude a la física en busca de contenidos o formas de conocimiento psicológicamente relevantes que validen sus modelos.

En la primera parte se fundamenta el programa y se exploran cuáles son aquellos principios susceptibles de ser elevados a la categoría de epistemológicos, como el principio de invariancia, el de complementariedad, el de exclusión, el de complejidad en lo elemental y el de autoconsistencia.

Se define el marco de referencia alrededor del cual va a girar toda la obra —física, epistemología y educación científica— y el enfoque desde el que se realizará su análisis, que se caracteriza por realizarse desde una perspectiva sistémica, donde prima la búsqueda de las relaciones entre los componentes de este sistema transdisciplinar, más allá de lo que cada uno pueda ser individualmente considerado.

Una vez descrito el principio de invariancia, éste se elige como el principal elemento vertebrador de la obra. El estudio de sus características lleva a considerar que la propia noción de «principio epistemológico» es una forma de invarianza semántica de alto nivel.

Tras el anterior análisis se pasa a estudiar los principios de complementariedad, de exclusión, de complejidad en lo elemental y de autoconsistencia. El estudio de cada uno de ellos comienza por la descripción del principio físico, para después elevarse a la categoría de principio epistemológico.

Resultados

En la segunda parte se ponen a prueba los principios señalados en la primera parte, en lo que a su aplicación para la educación científica se refiere.

El principio de invariancia, cuando se aplica al sistema Alumno-Científico, permite predecir que, al igual que en los alumnos existen las concepciones espontáneas, en los científicos existen concepciones análogas acerca del conocimiento metacientífico, como ya se ha descrito desde diversos trabajos de filosofía de la ciencia. Otro hecho más que pone de manifiesto la validez del principio son las características análogas, en cuanto al modo de resolver problemas, de alumnos buenos resolventes y físicos expertos.

El principio de la complejidad conceptual ilumina la noción de cambio conceptual en el aprendizaje científico y extiende su capacidad orientadora hacia el resto de los conceptos no afectados directamente por el fenómeno de las preconcepciones. Basado en el principio anterior, el autor propone un nuevo modelo de cambio conceptual que consta de las siguientes fases:

- FASE 0: Diagnóstico y proacción;
- FASE 1: Exposición de las ideas de los alumnos;
- FASE 2: Formulación de las preconcepciones en términos científicos;
- FASE 3: Formulación de la concepción científica;
- FASE 4: Confrontación de ambas concepciones;

FASE 5: Aplicación reiterada de la nueva concepción en contextos variados.

El trabajo finaliza proponiendo una búsqueda más intensa, en la vía abierta por el autor, que podría dar lugar a la ampliación de los principios epistemológicos y una explotación mayor de los mismos.

Descriptores

Ciencias, Física

Epistemología, Proceso cognitivo, Concepto

Diseño, desarrollo e investigación de una programación de Ciencias Naturales para el ciclo 12-16. Proyecto Ferre.

autores: Jesús FERNÁNDEZ ESTRADA (coordinador), Gemma ARRIBAS, Eresvita BANDERA, Abel PÉREZ TUERO y César VÁZQUEZ.

procedencia: CEP de Gijón.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1989.

duración: 1989-91.

Planteamiento y objetivos

La idea de que la metodología de enseñanza tiene una gran influencia en el grado de aprendizaje de los alumnos está ampliamente extendida entre los miembros de la comunidad educativa. Desde esta perspectiva, bastaría con variar la metodología para conseguir unos rendimientos en el aprendizaje mucho mayores.

La investigación se plantea estudiar la influencia de la metodología de enseñanza en el aprendizaje de las ciencias y en la motivación de los alumnos.

Metodología

Se ha preparado una programación para el 3º curso de la ESO, constituida por cinco unidades didácticas, con una orientación constructivista. También se ha diseñado un sistema de "observación de la práctica" consistente en grabaciones de las clases en audio y vídeo, entrevistas a los profesores y alumnos y análisis de éstas mediante la reflexión individual y compartida con el observador externo de las clases.

La investigación se ha realizado desde los presupuestos de la investigación-acción.

Resultados

Se han elaborado seis unidades didácticas para 3º de la ESO. Sus títulos son:

- Introducción al concepto y metodología de la ciencia
- La Tierra en el Universo y la historia de la Astronomía
- Estructura y composición de la Tierra
- La célula, unidad estructural y funcional de los seres vivos
- La vegetación en Asturias. Introducción a la Ecología

El resultado de la observación sistemática de 9 profesores permite concluir que con métodos empíricos, multidireccionales, dirigidos y activos se consigue en la mayoría de los alumnos una motivación media y media-baja. La motivación es necesaria para aprender y el aprendizaje origina a su vez motivación. El método es relevante aunque no determinante de la motivación y en consecuencia del aprendizaje, ya que con métodos distintos se ha conseguido el mismo grado de motivación y aprendizaje.

De la investigación no puede concluirse que los métodos constructivistas produzcan, por sí mismos, un mayor grado de aprendizaje.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Ciencias de la Naturaleza

Método de enseñanza, Proceso de aprendizaje, Programa de estudios, Motivación

Elaboración y aplicación de instrumentos de diagnóstico de los conocimientos de Ciencias y Matemáticas. Etapa 12-18.

autores: Mercè IZQUIERDO, Josep M.^a FORTUNY, Carmen AZCÁRATE, Josep CASADELLÀ, M.^a Lluïsa FIOL, M.^a Pilar GARCÍA, Joaquín GAIRÍN y Neus SANMARTÍ.

procedencia: Universidad Autónoma de Barcelona.

convocatoria: Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Educativa 1989.

duración: 1990-92.

Planteamiento y objetivos

La investigación se realiza en el marco del paradigma didáctico constructivista. Surge ante la necesidad de conocer cuáles son las ideas de los profesores acerca de la evaluación y la de explorar nuevas formas de averiguar qué conocimientos (conceptuales y procedimentales) tienen los alumnos.

La carencia de instrumentos adecuados para el seguimiento de la evolución conceptual y procedimental de los alumnos ha aconsejado elaborar y aplicar instrumentos de diagnóstico de los conocimientos de ciencias y de matemáticas de los alumnos de enseñanza media. También se estudia la actuación de los profesores por lo que respecta a la evaluación en ciencias y en matemáticas.

Los objetivos de la investigación son:

- Elaborar pruebas no académicas en las que se cuente especialmente con los conceptos y estilos de trabajo que el alumno sólo puede haber adquirido a través de la experimentación.
- Analizar los resultados obtenidos al aplicar las pruebas diseñadas en los centros de BUP y EGB participantes.
- Estudiar las características que han de presentar las pruebas de diagnóstico en una enseñanza en el marco constructivista.

- Estudiar las pruebas que los profesores utilizan en su evaluación habitual en ciencias y matemáticas, con el fin de conocer los aspectos que se evalúan y, a través de ellos, cuál es el paradigma pedagógico del profesor.
- Estudiar la posible utilización de las pruebas como estímulo para una enseñanza renovada, centrada en la experimentación-conceptualización y situada en el paradigma constructivista.

Metodología

Se han realizado diferentes trabajos, teniendo cada uno de ellos sus propias muestras y metodología.

El análisis y la categorización de las ideas del alumnado se ha llevado a cabo mediante el empleo de redes sistémicas. La validez de las categorías y su significado se ha explorado mediante el uso de tablas de relación (análisis de contingencia).

En los diferentes estudios relacionados con el pensamiento del profesor se han utilizado metodologías diversas. En algunos casos se han contrastado las respuestas del grupo experimental y de control y en otros se ha realizado análisis de comentarios de éstos.

Resultados

En lo relativo a los conocimientos de los alumnos, se han estudiado los siguientes:

- El sonido: El concepto de onda. Mapas conceptuales.
- La combustión: Aplicación de los conceptos de Química a su interpretación. La “V” de Gowin como instrumento de diagnóstico. Análisis de las respuestas a preguntas abiertas referentes a la combustión formuladas en lenguaje cotidiano.
- Distinción entre mezcla y compuesto: diferencias en el discurso de los alumnos.
- El equilibrio químico: resolución de problemas.
- Gravitación: ¿son más “newtonianos” los alumnos de COU que los de BUP?

- Los procesos científicos en Geología.
- Test de actitudes relacionadas con la asignatura de Física y Química.

Relativos al pensamiento del profesor:

Se han realizado diferentes estudios encaminados a conocer qué opinan los profesores acerca de qué factores hay que considerar a la hora de evaluar y cuál es la práctica más extendida en ellos.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Ciencias, Matemáticas

Evaluación, Nivel de conocimientos, Conducta del profesor

Elaboración y aplicación de materiales didácticos para su desarrollo en un proyecto curricular de Ciencias (Física, Química, Biología y Geología) alternativo y de enfoque constructivista, en el ciclo 12-16, en una muestra de la población escolar de la provincia de Málaga.

autores: Rafael YUS RAMOS (coordinador); Rafael PÉREZ PADILLA, M.^a Isabel BLANCO CUETO, Josefa LÓPEZ RUIZ, Alberto BALLESTER GREGORIO, Antonio RUIZ VERTEDOR, José R. PARRAS HERRERO, José HIERREZUELO MORENO, Eduardo MOLINA GONZÁLEZ, Antonio MONTERO MORENO, Tomás MOZAS ARROYO, Víctor del VALLE NÚÑEZ, Manuel REBOLLO BUENO, Catalina ALCÁZAR LANAGRÁN, Luis SORIA COSANO y Gabriel RUIZ RODRÍGUEZ (investigadores); José A. ESQUIVEL GUERRERO y José CONTRERAS DOMINGO (asesores).

procedencia: CEP de la Axarquía, Vélez-Málaga.

convocatoria: Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Educativa 1989.

duración: 1989-90.

Planteamiento y objetivos

Se ha realizado una investigación con el propósito de probar que un currículo constructivista en torno a temas extraídos del entorno: a) permitirá realizar un aprendizaje significativo de los conceptos, superar ideas previas y adquirir actitudes y habilidades científicas; y b) proporcionará una preparación básica y una sensibilización suficientes para abordar críticamente la problemática medioambiental.

Para ello se pretende elaborar diferentes guías de trabajo para alumnos del ciclo 12-16 y para profesores de Ciencias de la Naturaleza (física y química y biología y geología), que posteriormente se evalúan.

Metodología

Se ha seguido un proceso de investigación-acción. La propuesta curricular que se presenta ha sido aplicada en 47 grupos de alumnos (10 de EGB, 30 de BUP y 7 de FP).

Al término de la aplicación del currículo diseñado, se realiza una contrastación en la que participan dos grupos experimentales y dos de control.

Se han considerado las siguientes variables: curiosidad científica, actitudes científicas, actitudes ambientales, destrezas científicas, conocimientos científicos, nivel de desarrollo cognitivo. Cada una de ellas se ha medido con una prueba específica al comenzar y al finalizar la experiencia.

Al comienzo de la experiencia se ha aplicado un pretest con objeto de analizar cada una de las variables consideradas. Al finalizar la aplicación se han realizado los correspondientes postests.

Resultados

La investigación aporta abundante material curricular para el trabajo de alumnos y profesores, compuesto por numerosos cuadernos-guía de física y química y biología y geología.

Los títulos de las unidades son:

- **Ciencias Naturales:**
 - Las Funciones de Nutrición en el Cuerpo Humano
 - La Formación del Relieve y las Rocas
 - El Dinamismo Interno de la Tierra
 - La Diversidad Biológica
 - La Nutrición Animal y Vegetal
 - Relaciones Biológicas y Ecosistema

- **Física y Química:**
 - Introducción a la Medida
 - Electricidad (1)
 - Introducción a la Medida (2)
 - Calor y Temperatura
 - Fuerzas

La Energía
Mezclas y Sustancias Puras
Naturaleza de la Materia
Electricidad (2)

La validación de la experiencia no se realizará hasta pasados dos años. Se tiene previsto pasar pruebas específicas al diez por ciento de la muestra para ver el “grado de persistencia” de los conceptos y la “retención” de conocimientos en cada materia.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Ciencias de la Naturaleza
Programa de estudios

C.I.E.N.C.I.A. 12-16 (Currículo para la Investigación y la Enseñanza de las Ciencias Arquímedes).

autores: José GONZÁLEZ LÓPEZ DE GUEREÑU (coordinador), Ana ALCALDE OÑATE, Santiago BARAHONA ÁLVAREZ, Carmen BUIZA SÁNCHEZ, José CAÑEQUE RIOSALIDO, Consuelo CUTHBERT GUERRERO, Juan C. GÓMEZ MARTÍN, Ramón HUERTA SUBIES, Agustín LAVIÑA ORUETA, Jaime MARTÍNEZ JIMÉNEZ y Carlos PALACIOS GÓMEZ.

procedencia: Madrid.

convocatoria: Concurso Nacional para la Elaboración de Materiales Curriculares 1990.

duración: 1990-93 (en curso).

Planteamiento y objetivos

El proyecto, encaminado a la elaboración de materiales curriculares, trata de ser de utilidad para los profesores que han de enseñar de acuerdo con los planteamientos curriculares especificados para la ESO. Para su elaboración se han considerado los siguientes ejes conductores:

- *Ciencia, Técnica y Sociedad:* se considera la ciencia como un proceso de búsqueda de explicaciones, así como un bien cultural de primera magnitud que tiene una función social importante.
- *Enfoque ambiental* en el tratamiento de los temas.
- *Ciencia atractiva* utilizando materiales motivadores para el alumno y con una gran variedad de enfoques.
- *De fácil aplicación* para la mayoría de los profesores, aunque sin renunciar a un enfoque renovador.
- *Atención a la diversidad*, contemplando la variedad de actitudes y aptitudes del alumnado.

- *Aprendizaje mediante cambio conceptual*, planteando secuencias de aprendizaje que tengan en cuenta las ideas previas de los alumnos.
- *Trabajo cooperativo* como pilar básico en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Contenidos

El proyecto se compone de una parte general y un conjunto de unidades didácticas que cubren los cuatro cursos, dos en cada ciclo, de la Enseñanza Secundaria Obligatoria.

La parte general consta de unos aspectos comunes a varias unidades, como son:

- Módulos específicos: salidas, prevención, ideas previas
- La evaluación
- El aprendizaje en ciencias
- Experiencias en otros países
- Recursos

Las unidades didácticas se agrupan en lo que se denominan «campos de interés social», como la energía, el medio ambiente, las comunicaciones...

En el primer ciclo los contenidos se tratan desde un punto de vista fundamentalmente integrado o globalizado, mientras que en el segundo ciclo el tratamiento es disciplinar, agrupándose en las tradicionales física y química, biología y geología.

Las unidades van dirigidas a profesores y alumnos y tienen la misma estructura para facilitar su consulta y su utilización:

- *Enfoque de la unidad*, donde se da una visión general de la misma y se la relaciona con otras.
- *Esquema de contenidos* tratados en la unidad, conceptuales, procedimentales y actitudinales.
- *Mapa de contenidos* con las relaciones entre las distintas partes de la unidad y entre algunos de los conceptos más sobresalientes.
- *Dificultades de aprendizaje* que previsiblemente pueden encontrar los alumnos.

- *Tabla de actividades* para cada una de las sesiones de que consta la unidad.
- *Recursos y bibliografía* de la unidad.
- *Cuaderno de actividades para el alumno*, diseñadas y maquetadas para su inmediata utilización en clase. Utiliza el cómic como elemento motivador.
- “*Día a día*”: complemento para el profesor que incluye sugerencias para cada sesión de trabajo, comentarios útiles, actividades resueltas, etc.

Hasta el momento se han preparado las siguientes unidades:

- 1º ESO: Verde que te quiero verde. Cuidemos nuestros ríos. Una vuelta por el universo. Los regalos de la tierra. Con...sumo cuidado. Hombre, mujer y deporte. Los animales. Las plantas.
- 2º ESO: ¡¡OH sole mio!! A vueltas con los voltios. Viajar, Viajar.
- 3º ESO: Inquietas partículas. Ladrillos de la materia. Construcciones y Derribos, S.A. Cara y cruz de la Química.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Ciencias de la Naturaleza
Programa de estudios, Medios de enseñanza

Elaboración de materiales curriculares para el área de Ciencias de la Naturaleza de la Enseñanza Secundaria Obligatoria.

autores: José HIERREZUELO MORENO (coordinador), Eduardo MOLINA GONZÁLEZ, Antonio MONTERO MORENO, Tomás MOZAS ARROYO, Gabriel RUIZ RODRÍGUEZ, Víctor del VALLE NÚÑEZ, Rafael YUS RAMOS, Manuel REBOLLO BUENO, Antonio CARMONA, Juan BULLEJOS, Carlos SAMPEDRO, F. GONZÁLEZ, M.^a Jesús BORREGO, M.^a Jesús GUERRERO, Luis SORIA COSANO, Catalina ALCÁZAR LANAGRÁN y Rafael LÓPEZ-GAY LUCIO-VILLEGAS.

procedencia: CEP de la Axarquía, Vélez-Málaga.

convocatoria: Concurso Nacional para la Elaboración de Materiales Curriculares 1990.

duración: 1990-93 (en curso).

Planteamiento y objetivos

Este trabajo consiste en la elaboración de materiales curriculares que le sirvan al profesor como instrumento para facilitar su actividad docente y que ésta pueda ser creativa.

Se parte del nuevo papel que concede la LOGSE al profesor, en el cual éste tiene una mayor responsabilidad para: a), elaborar la propuesta didáctica distribuyendo los contenidos establecidos en los diseños curriculares base y, b), diseñar actividades para que los alumnos logren los objetivos de aprendizaje planteados. Sin embargo, las circunstancias de la labor docente y la propia complejidad de la tarea impiden que, en general, ellos mismos puedan elaborar individualmente todos los materiales, por lo que necesitan unas herramientas eficaces.

Por eso se pretende elaborar un material como éste, a partir del cual el profesor realice la concreción a su práctica docente, no como mera aplicación, sino como verdadera investigación sobre su propia acción pedagógica.

La parte fundamental de los materiales está compuesta por diversas actividades propuestas a los alumnos en forma de problemas que deben resolver. El modelo que se asume supone poner al alumno en situaciones similares a las de un científico, salvando las diferencias en cuanto a complejidad de los problemas. Este aprendizaje a partir de problemas puede tener diversos grados de “dirigismo” y de “intervencionismo” por parte del profesor, que depende tanto de la edad de los alumnos como de la naturaleza de la ciencia que se esté estudiando.

Contenidos

El material elaborado se presentará en forma de fascículos o tomos de temática diferente en cuanto a la inmediatez de su aplicación en el aula. Estos fascículos serán los siguientes:

- Tomo 1: Propuesta curricular.

Contiene los objetivos y contenidos para toda la etapa, así como una distribución de los mismos en cursos, capítulos y unidades didácticas secuenciadas, señalando los criterios de selección de contenidos que se han utilizado y criterios temporales para su realización. Cada capítulo incluye las ideas clave que lo estructuran, las conexiones con el Decreto de Enseñanzas Mínimas y un amplio comentario que explica la secuenciación escogida.

- Tomo 2: Fundamentación psicopedagógica.

Se intentan fundamentar la propuesta didáctica presentada en el tomo anterior. Todos los profesores, aunque no sean conscientes de ello, desarrollan su actividad docente en el marco de un modelo didáctico sostenido por determinadas concepciones psicológicas, científicas y epistemológicas en sentido amplio; por ello los autores han querido exponer las suyas, surgidas de una reflexión en grupo a partir de la bibliografía existente y de sus experiencias profesionales. Además, se hacen algunas puntualizaciones específicas referentes a la opción didáctica escogida. El tomo se compone de las siguientes partes:

- Naturaleza de la Ciencia
 - Psicología del Aprendizaje
 - Estrategias didácticas
 - Evaluación
- Tomo 3: Historia y epistemología de los conceptos fundamentales.

Los conceptos científicos adquieren significado en un contexto histórico determinado. El conocimiento del desarrollo de las teorías científicas y los conceptos que nacen o toman nuevos significados en ellas facilita su comprensión y la de las posibles dificultades de aprendizaje que pueden presentar.

- Tomo 4: Propuesta didáctica.

Corresponde a la propuesta que se hace para cada uno de los cursos de la etapa. A su vez, para cada curso se divide en diversos capítulos. La estructura de cada capítulo es como sigue, estando recogidos algunos de los apartados en el tomo 1:

1. Introducción
2. Estructura y contenidos del capítulo
3. Estructura y tratamiento de cada unidad
4. Actividades finales del capítulo
5. Material de apoyo

Descriptoros

Enseñanza Secundaria
Ciencias de la Naturaleza
Programa de estudios, Medios de enseñanza

Estudio experimental basado en la teoría de Lakatos acerca del progreso de la Ciencia y sus implicaciones didácticas.

autores: Francisco RAMOS FERNÁNDEZ, Pilar ABAD PALAZUELOS, M.^a Félix BASTIDA DE LA CALLE, Máximo LUFFIEGO GARCÍA y Julio SOTO LÓPEZ.

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1990- en curso.

Planteamiento y objetivos

En un trabajo anterior del grupo (*Propuesta teórica y experimental de un modelo sistémico de evolución conceptual*), se llegaba a la conclusión de que los alumnos, a nivel grupal, lejos de aprender necesariamente el esquema conceptual formalmente correcto que se pretende enseñarles, retienen los conceptos estructurándolos en una verdadera diáspora de esquemas: ello se refleja en el incremento del parámetro "dispersión conceptual" aplicado al estudio de la evolución de dichos esquemas. A juicio de los autores, esta dispersión conceptual es consecuencia de que los esquemas que "construyen" los alumnos son relativamente inconsecuentes, es decir, se observa una falta de concordancia entre lo que definen explícitamente y lo que implícitamente aplican.

Para los investigadores, la consecuencia/inconsecuencia de los alumnos guarda un cierto paralelismo con el enfoque de Lakatos (1983), según el cual, el núcleo firme de las teorías científicas se mantiene gracias a la creación de un cinturón protector de ideas auxiliares que lo defienden de las discrepancias y evidencias experimentales en su contra (hipótesis 1). La resistencia de los alumnos al cambio conceptual se correlacionaría positivamente con el grado de protección de sus concepciones previas (hipótesis 2).

Por otra parte, la propia teoría de Lakatos sostiene que el cambio de paradigma no se producirá hasta que no aparezca otra

teoría alternativa que explique mejor las discrepancias. Para que este modelo de cambio de paradigma pueda ser utilizado como modelo para la intervención didáctica, ha de ofrecerse una hipótesis alternativa inteligible, plausible y fructífera (Posner y col.), que pueda ser utilizada por los alumnos para la explicación de los problemas que su esquema inicial no es capaz de resolver (hipótesis 3).

Por todo ello, los objetivos que persigue el presente proyecto son los siguientes:

- Verificar la aplicabilidad de la teoría de Lakatos al campo del aprendizaje de conceptos científicos, intentando identificar y caracterizar posibles pautas acerca de cómo “protegen” los estudiantes sus esquemas conceptuales previos.
- Diseñar un modelo de intervención didáctica en el que se tenga en cuenta lo anterior, junto con las secuencias evolutivas de los patrones de aprendizaje de los alumnos y la consecuencia/inconsecuencia en la aplicación de los esquemas conceptuales.

Metodología

La población sometida a estudio en este proyecto está compuesta por alumnos de 7º de EGB, 1º y 3º de BUP y 1º y 3º de Medicina. Los grupos de alumnos de cada nivel se han dividido, de forma aleatoria, en grupos experimentales, sometidos al plan de intervención didáctica, y grupos de control. En todos ellos se analiza su evolución al cambiar de curso al año siguiente.

Para el proceso de intervención didáctica se han elaborado unidades en las que los alumnos trabajan “con” y “contra” sus conceptos previos. Incluyen situaciones que permiten que los alumnos lleguen a ser conscientes de sus concepciones previas y de las de sus compañeros, sometiéndolas a debate, y, siempre que sea posible, a verificación experimental. La intervención se completa con la introducción de la perspectiva científica por parte del profesor en situaciones que provoquen la reestructuración de las ideas, con aplicación de las nuevas concepciones a problemáticas cada vez más amplias y en diversos contextos.

La medida del logro de los objetivos fijados se realiza mediante el método pretest-postest, diseñado de forma tal que permita evaluar las concepciones previas, los esquemas conceptuales, el grado de consecuencia/inconsecuencia y el grado de protección de los conceptos previos, así como las secuencias evolutivas que atraviesan los patrones de aprendizaje de los alumnos.

Resultados

Actualmente el equipo se encuentra en la fase de análisis de los postests, confiando en que la comparación de los datos obtenidos permitirá verificar en qué medida la teoría de Lakatos tiene aplicación al campo del aprendizaje de los conceptos científicos, así como contrastar la validez del modelo didáctico propuesto.

Descriptores

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior
Teoría de la Ciencia
Proceso de aprendizaje, Método de enseñanza

Investigación sobre Teoría y Didáctica de la Ciencia.

autores: Tomás ESCUDERO ESCORZA (director), Diego AISA MOREU, Arturo CARCAVILLA CASTRO, José Á. SOBREVIELA BIEL y Julio GARCÍA CAPARRÓS (colaboradores).

procedencia: CEP de Huesca.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1990-91.

Planteamiento y objetivos

El trabajo tiene una vertiente triple: histórica, sistemática y didáctica.

En una fase preliminar al desarrollo de la investigación, se discuten diferentes problemas y cuestiones de filosofía de la ciencia actual, que tienen una especial relevancia para: a) la enseñanza de la metodología científica en la Filosofía de 3º de BUP; b) una futura asignatura de Filosofía e Historia de la Ciencia en el nuevo Bachillerato; c) la didáctica de la física; y d) el examen epistemológico del psicoanálisis. Son conceptos que los alumnos y los libros de texto usan intuitivamente, pero sobre los que tienen una imagen bastante confusa e imprecisa.

Los problemas seleccionados giran en torno a los siguientes temas:

- El problema del método científico
- El concepto de teoría científica
- El problema del cambio científico
- El estatus cognitivo del conocimiento teórico.

Metodología

Sobre la base de este planteamiento, se ha confeccionado un cuestionario de problemas y cuestiones epistemológicas que se ha

aplicado a alumnos de Física y Química de 2º de BUP y Física de COU del I.B. "Ramón y Cajal" de Huesca y a alumnos de 2º de Físicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

Asimismo se ha elaborado un cuestionario para evaluar la imagen de la ciencia y el método científico que presentan los libros de texto de física de 2º de BUP.

En una segunda fase, a partir del estudio de algunos casos particulares relevantes de la historia de la física clásica, de filósofos que han reflexionado sobre la ciencia y el psicoanálisis, se pretende examinar y, en su caso, revisar algunos de los conceptos y cuestiones seleccionadas de teoría de la ciencia. Esto constituye la vertiente histórica.

Como resultado de los estudios históricos y los conocimientos más recientes en teoría de la ciencia, en un tercer momento se elabora un material sobre esta disciplina, fundamentado en ejemplos históricos. Corresponde a la vertiente sistemática.

Finalmente, como consecuencia del trabajo anterior histórico, sistemático y de las encuestas, se pretende obtener los resultados que se indican más abajo, dirigidos a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en el ámbito de la filosofía y la física del Bachillerato.

Para llevarlo a cabo metodológicamente, se combina la técnica de trabajo individual –división de tareas– con el trabajo en equipo. La parte histórica se trabaja mediante investigación de las fuentes directas: R. Bacon, F. Bacon, R. Boyle, R. Descartes, Huygens, Galileo, Newton, etc. Para la parte sistemática se utiliza, además, la bibliografía actual más relevante de filosofía de la ciencia. Para la parte didáctica, con el propósito de conocer el grado de información del alumno en estos temas, se emplean encuestas, cuestionarios, etc. Para ver las posibilidades de comprensión del psicoanálisis por los alumnos de 3º de BUP, se les ha informado mediante explicaciones, películas y novelas de contenido psicoanalítico y luego se han evaluado mediante encuestas. Para el análisis del estatus epistemológico del psicoanálisis, se somete la obra freudiana a la metodología de Lakatos y del cierre categorial de Bueno.

Resultados

Se han obtenido los siguientes resultados dirigidos a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en el ámbito de la filosofía y la física del Bachillerato:

- Elaboración de un material sobre teoría de la ciencia, que puede ser útil para la metodología científica de Filosofía de 3º de BUP y, especialmente, para una posible asignatura optativa en el nuevo Bachillerato titulada «Filosofía e Historia de la Ciencia».
- Propuestas didácticas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura de Física, tanto en el actual BUP como en la futura Secundaria, de forma que el alumno comprenda la ciencia como un proceso menos desligado del contexto histórico y, junto al aspecto calculístico, aprecie la dimensión conceptual del saber científico.
- Propuestas para el estudio del psicoanálisis en un nuevo diseño curricular del BUP.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Teoría de la Ciencia, Filosofía, Física, Psicología

Medios de enseñanza, Método de enseñanza, Programa de estudios

La resolución de problemas de Ciencias: una alternativa metodológica en el marco del Diseño Curricular Base para la Enseñanza Secundaria Obligatoria.

autores: Mercedes MARTÍNEZ AZNAR, Ángeles ALONSO MARÍA, Francisco J. BOYANO SÁNCHEZ y Paloma OVEJERO MORCILLO.

procedencia: CEP de Getafe.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1990-92.

Planteamiento y objetivos

La resolución de problemas desempeña un papel fundamental en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por ello, y de acuerdo con los nuevos planteamientos que inspira el futuro marco del sistema educativo, se hace necesaria una profunda revisión de la metodología tradicional utilizada en la didáctica de la resolución de problemas.

El proyecto pretende diseñar e implementar problemas de investigación adecuados a la enseñanza y el aprendizaje de los alumnos de ESO de acuerdo con las pautas marcadas por el Diseño Curricular Base. Los objetivos que se formulan son:

- Identificar y analizar los posibles mecanismos cognitivos implicados en la resolución de problemas.
- Elaborar materiales que permitan al alumno desarrollar y aplicar estrategias personales en la resolución de problemas, utilizando las pautas de acción propias de la investigación científica.
- Proporcionar a los enseñantes una perspectiva metodológica más amplia y reflexiva sobre la resolución de problemas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, propiciando su renovación pedagógica.

- Establecer criterios y pautas de evaluación de las actividades elaboradas.

Las hipótesis de trabajo planteadas respecto a la metodología de resolución de problemas son:

- Esta metodología constituye un método eficaz para que los alumnos tomen conciencia de las relaciones entre los conocimientos y su aplicación a la vida cotidiana.
- Proporciona un planteamiento motivador que facilita un cambio conceptual en la estructura cognitiva del alumno.
- Representa un método, en el marco de la educación comprensiva, especialmente adecuado para introducir las adaptaciones y diversificación curricular que se consideren oportunas.
- Promueve la interdisciplinariedad no sólo entre los distintos campos de las ciencias de la naturaleza, sino también entre otras áreas del currículo.
- Favorece la capacidad para trabajar de forma colaborativa.

Metodología

El proceso de investigación está enmarcado en la línea de investigación-acción. Se trabaja con una muestra de alumnos de 3º de BUP de Institutos de Getafe y Alcorcón (Madrid). La participación ha tenido carácter voluntario.

Entre las fases de la investigación cabe destacar: el análisis de las opiniones de profesores y alumnos sobre los problemas, su uso y resolución; el análisis de las sesiones de trabajo realizadas por los alumnos durante la resolución del problema abierto y las pautas e instrumentos diseñados para la evaluación formativa de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales involucrados en la resolución del problema abierto.

Se han diseñado y elaborado materiales, basados en el método de resolución de problemas abiertos, para el tópico: “Los tintes y colorantes naturales”. Estos materiales proporcionan al alumno la información necesaria para realizar el trabajo.

Resultados

Los autores concluyen que la metodología de resolución de problemas abiertos:

- favorece el aprendizaje significativo;
- permite al alumno plantear, diseñar y llevar a cabo sus propios objetivos en función de sus intereses;
- favorece el intercambio de opiniones y la exposición de ideas argumentadas;
- potencia la iniciativa, originalidad y creatividad;
- fomenta el trabajo colaborativo;
- se adapta a las características y aptitudes de los alumnos;
- promueve el cambio actitudinal y contempla aspectos interdisciplinares.

Descriptor

Enseñanza Secundaria
Ciencias
Solución de problemas

Materiales curriculares para el área de Ciencias de la Naturaleza. Educación Secundaria Obligatoria.

autores: Félix PRATS GUERRERO, Inmaculada de la MADRIZ GALINDO, Ana M.^a OÑORBE DE LA TORRE y Jesús MARTÍN-MONTALVO RECIO.

procedencia: Madrid.

convocatoria: Concurso Nacional para la Elaboración de Materiales Curriculares 1990.

duración: 1990-93 (en curso).

Planteamiento y objetivos

Estos materiales curriculares, dirigidos a profesores y a alumnos, se plantean como una propuesta de trabajo que permita su utilización inmediata en el aula, con las aportaciones que cada profesor estime convenientes.

Los materiales se orientan desde una concepción del currículo en espiral de forma que los contenidos tratados en el primer ciclo encuentran su continuidad y correspondiente ampliación y profundización en el segundo, atendiendo a la previsible evolución del alumno en cuanto a su desarrollo cognitivo.

Los cuadernos dirigidos a los alumnos incluyen tanto elementos informativos como actividades de aprendizaje acordes con tales informaciones desde una concepción constructivista del aprendizaje y tratando de desarrollar los contenidos científicos propios de la ESO. Son una propuesta concreta de trabajo en el aula, descendiendo a una pormenorización suficiente que trata de ser de utilidad en la práctica docente cotidiana.

Contenidos

La estructura global del proyecto cuenta con una *Serie Básica* y una *Serie Alternativa*. La primera está constituida por los materia-

les que abordan los conocimientos científicos comúnmente considerados necesarios para la generalidad de los alumnos y que se incluyen como tales en el currículo oficial.

Los cuadernos que conforman esta serie están secuenciados en epígrafes a doble página y desarrollan los contenidos propios del tema partiendo de las ideas previas que presumiblemente tiene los alumnos, a través de una metodología fundamentalmente activa, con actividades de aprendizaje organizadas en diversos tipos.

La secuenciación de los contenidos se ha inspirado en la Teoría de la Elaboración; se han introducido “detenciones” estratégicas en distintos momentos del desarrollo del tema para proceder al repaso y refuerzo de los conceptos fundamentales.

El cuaderno termina con un bloque de carácter recapitulatorio con el propósito de revisar los conocimientos aprendidos.

La *Serie Alternativa* recoge los contenidos de ampliación, actualización y diversificación curricular, de utilidad polivalente según el criterio de cada profesor.

Los cuadernos que constituyen esta serie se proponen desarrollar temas puntuales cuyo conocimiento resulta interesante por diferentes motivos: completar aspectos de interés insuficientemente tratados en los cuadernos de la serie básica, atender a temas de actualidad, ofrecer enfoques tecnológico-sociales innovadores, etc. Estos materiales tienen un carácter opcional, los profesores podrán seleccionar los más convenientes en función de los intereses y capacidades de sus alumnos.

Junto a estos materiales de trabajo, se preparan unos *Cuadernos-Guía para el profesorado*, que contienen las informaciones precisas sobre el conjunto del material proyectado. Incluyen la fundamentación teórica y psicopedagógica del tema, su relación con el decreto de mínimos, las ideas previas que tienen los alumnos sobre el tema y su tratamiento. También contiene una guía didáctica con propuestas alternativas para su posible investigación en el aula, los criterios de evaluación y material complementario, bibliografía y recursos.

Los materiales que se presentan son:

- *Serie Básica*. Primer ciclo de la ESO.
La materia, igual y diferente
La naturaleza de la materia

La energía en el mundo
El calor, una forma de energía
Los seres vivos
La cara de la Tierra
Conoce tu cuerpo
La Tierra en el Universo

- *Serie Básica. 3º ESO.*
La materia y sus cambios
La electricidad, una forma de la energía
Salud y estilo de vida
El medio ambiente
- *Serie Básica. 4º ESO.*
Fuerzas y movimientos
Transformaciones de la energía
Los cambios de la Tierra
Ecología y evolución
- *Títulos de algunos de los cuadernos de la Serie Alternativa:*
Entender la medicina
La contaminación atmosférica
¿Qué tiempo hace?
Descubrir el Universo
A través del microscopio.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Ciencias de la Naturaleza
Programa de estudios, Medios de enseñanza

Procesos de control de la comprensión en el aprendizaje de las Ciencias Experimentales.

autores: José OTERO GUTIÉRREZ, Isabel BRINCONES CALVO, Juan M. CAMPANARIO LARGUERO, Eduardo GARCÍA ARISTA, José CUEVA y Giovana MORENO.

procedencia: Universidad de Alcalá de Henares.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1990-92.

Planteamiento y objetivos

En el control de la propia comprensión se distinguen dos fases. En la fase de *evaluación* el sujeto se da cuenta de la existencia de un problema de comprensión; en la fase de *regulación* se toman las medidas correctoras para intentar solucionar la dificultad detectada. En esta investigación se estudian algunas estrategias utilizadas en la fase de evaluación de la comprensión por los alumnos de Enseñanza Media, cuando adquieren información a partir de textos científicos.

La investigación consta de dos grupos de estudios. En primer lugar, se intentan explicar las dificultades en la evaluación de la comprensión, ya detectadas en una investigación anterior; se estudia también la importancia del contexto en esta evaluación. En segundo lugar, se examina la utilización del criterio de "cohesividad estructural" para la evaluación de la comprensión. El uso de este criterio en la comprensión de textos científicos está asociado a la "estrategia de la estructura", es decir, la identificación de las relaciones entre las ideas más generales del texto. Se pretende formalizar el funcionamiento de la estructura de alto nivel en la comprensión de textos, introduciendo esta estructura en el modelo construcción-integración de comprensión de textos.

Metodología

Se utiliza el modelo construcción-integración para predecir cómo se representan en la memoria textos científicos manipulados en los que se han introducido contradicciones explícitas. El efecto del contexto se estudia mediante una prueba en la que alumnos de Enseñanza Media distribuidos aleatoriamente en dos grupos leen textos en los que se han introducido dificultades de comprensión. Se presentan en un grupo como fotocopias de artículos periodísticos (manipulando la presentación tipográfica) y en otro como fragmentos tomados de un libro de ciencias.

El uso de la estrategia de la estructura y del criterio de cohesividad estructural se estudia mediante una tarea de ordenación de un texto científico descompuesto en fragmentos. A partir del análisis de la tarea de ordenación y del recuerdo escrito, se identifican las estructuras de alto nivel usadas por los sujetos, y el papel que juega la cohesividad estructural en la comprensión del texto.

El papel de la estructura de alto nivel en el modelo construcción-integración se examina en dos experimentos. En el primero se analiza, en una situación relativamente sencilla, el papel de elementos situados en el nivel del "metadiscurso", en donde se encontraría la representación de la estructura de alto nivel del texto. Se mide el recuerdo de proposiciones de un texto según reciban o no activación de elementos metatextuales. En el segundo se estudian las predicciones del modelo sobre recuerdo de proposiciones de un texto que se presenta en dos versiones con la misma microestructura pero diferente estructura de alto nivel.

Resultados

La simulación de los fallos en la detección de inconsistencias en los textos y, por tanto, de la evaluación deficiente de la comprensión, sugiere como mecanismo explicativo la activación exagerada de ciertas proposiciones inhibitoras en la memoria del sujeto. El experimento sobre la influencia del contexto está en fase de realización.

En cuanto al uso del criterio de cohesividad estructural y el uso de la estrategia de la estructura, se ha encontrado que los estu-

diantes utilizan fundamentalmente estructuras de alto nivel con un número mínimo de componentes organizativos sirviéndose básicamente de criterios locales para establecer coherencia en los textos científicos. Los estudiantes también encuentran dificultades para describir el estatus lógico de los textos: se utilizan de manera inadecuada términos como deducción, demostración y definición. Un problema adicional es que algunos sujetos consideran correctos textos con estructuras de alto nivel adecuadas cuyas casillas han sido rellenadas incorrectamente.

Los experimentos para la introducción de la estructura de alto nivel en el modelo construcción-integración están en fase de realización.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Ciencias
Proceso de aprendizaje, Libro de texto

Proyecto ACES: Aprendiendo Ciencias en Enseñanza Secundaria.

autores: M.^a Pilar JIMÉNEZ ALEIXANDRE, Francisco M. LORENZO BARRAL y Luis OTERO GUTIÉRREZ (coordinadores); José L. ABRAÍN CASTRO, Miguel Á. BERNAL GÓMEZ, Manuel A. BRAÑAS PÉREZ, José M. DOMÍNGUEZ CASTIÑEIRAS, Juan R. GALLÁSTEGUI OTERO, M.^a Luisa ILLOBRE GONZÁLEZ, Cristina PEREIRO MUÑOZ, Inmaculada PIZARRO SÁNCHEZ y Adela VÁZQUEZ VÁZQUEZ (colaboradores).

procedencia: Universidad de Santiago de Compostela.

convocatoria: Concurso Nacional para la Elaboración de Materiales Curriculares 1990.

duración: 1990-93 (en curso).

Planteamiento y objetivos

ACES es un proyecto de elaboración de materiales curriculares para el área de Ciencias de la Educación Secundaria Obligatoria. Se plantea como objetivo fundamental que la enseñanza de las ciencias sea una herramienta más hacia la capacitación del conjunto de la población para comprender e interpretar el mundo en que viven.

La orientación que preside estos materiales curriculares es la de "ciencias para las personas" dentro de una perspectiva CTS (Ciencia-Técnica-Sociedad) y tomando como hilo conductor del proyecto los "intereses y necesidades humanas". Alimentarse, transporte, comunicaciones, relacionarse, ... son actividades que, centradas inicialmente en los propios estudiantes, se enfocan progresivamente en un sentido más amplio, permitiendo la selección y organización de los contenidos más relevantes y útiles.

El proyecto se enmarca dentro de la perspectiva que considera el aprendizaje de las ciencias como una reconstrucción de conoci-

mientos por parte de la persona que aprende. En coherencia con esta opción, su línea didáctica tiene en cuenta las ideas de los estudiantes, considera los aspectos sociales en la construcción del conocimiento (técnicas de trabajo cooperativo...) y se considera el currículo como un “programa de actividades”.

Resultados

El destinatario de los materiales ACES es el profesorado de ciencias de la educación secundaria obligatoria. El contenido de estos materiales incluye el “proyecto curricular” donde se hacen explícitos los objetivos para cada ciclo, la secuencia de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, orientaciones metodológicas y criterios para la evaluación. Estos materiales irán acompañados de ejemplos de unidades didácticas; en concreto se están realizando doce unidades (de las 32 totales para toda la etapa), seis para el primer ciclo y seis para el segundo ciclo. En estas unidades se incluye el programa de actividades para los alumnos, que comprende texto escrito y material gráfico, y orientaciones para los profesores con texto escrito y material auxiliar: transparencias, diapositivas, programas de ordenador,...

Al mismo tiempo se está llevando a cabo la experimentación de estas unidades en algunos centros, por lo que el material acabado contiene también los resultados de dicha experimentación.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Ciencias de la Naturaleza
Programa de estudios, Medios de enseñanza

I.3.

FÍSICA Y QUÍMICA

ÍNDICE

Aplicación de las teorías de D.P. Ausubel y J. D. Novak sobre adquisición y jerarquización de conceptos, al aprendizaje de la Física y la Química en BUP y COU.....	107
Aplicaciones de un computador electrónico analógico (C.E.A.) de bajo coste en la enseñanza de la Física.....	109
Investigación y experimentación de nuevos métodos para la enseñanza universitaria de la Química (2ª Fase).....	111
Preparación de una multimedia para la enseñanza a distancia de la Química-Física (el potencial químico).....	113
Aproximación a la integración Ciencia-Tecnología en el primer ciclo de los estudios medios.....	115
Dinámica del punto.....	118
Enseñanza de la Lógica Proposicional mediante la Electrónica.....	120
Evaluación del currículo de Ciencias Experimentales del Bachillerato: Problemas de aprendizaje de la estructura conceptual.....	122
La Óptica desde otra óptica.....	125
Diseño, aplicación y evaluación de dos metodologías (expositivo-audiovisual y experimental-integrada) para la enseñanza de la Física en un nivel elemental.....	127

La exigencia cognitiva en Física Básica. Un análisis empírico..	129
Proyecto sobre una nueva metodología en la enseñanza de la Física en séptimo de EGB.....	132
Circuitos eléctricos: una aproximación a la problemática de la enseñanza de las Ciencias Naturales en EGB.....	134
Cómo estudiar Física: guía para estudiantes.....	137
Diseño y realización de experimentos de Física para uso del profesor en la elaboración de su proyecto docente.....	139
Eficacia didáctica de una metodología en el diseño de unidades didácticas de Física con ordenador.....	141
Organización del conocimiento y resolución de problemas en Física.....	143
Resolución de problemas en Química. Dificultades en su enseñanza y aprendizaje.....	146
Ciencias recreativas.....	148
El agua y sus propiedades: análisis del proceso de emisión, verificación y modificación de hipótesis en niños de 10-11 años.....	151
Los aditivos, ¿sabes lo que comes?.....	153
Alternativas en la introducción de conceptos de Óptica en BUP y COU.....	156
Iniciación a la Física en el marco de la teoría constructivista...	159
La resolución de problemas de Física y Química como investigación en la Enseñanza Media: el afianzamiento de un nuevo modelo como instrumento de cambio metodológico.....	162

Introducción de las técnicas de adquisición de datos y control de procesos por ordenador en el laboratorio de Ciencias Experimentales.....	165
Investigación sobre la introducción de la Electrónica-Microelectrónica en los currículos de las áreas de Ciencias de la Naturaleza y de Tecnología de la Educación Secundaria Obligatoria.....	167
La comprensión de la Química durante la adolescencia (12-16 años).....	170
La construcción de conocimientos de Ciencias Físicas en el ciclo 12-16	173
Mejora del rendimiento escolar, en Matemáticas y Física y Química, mediante orientación personal (técnicas de cambio atribucional), para alumnos noveles de Enseñanza Secundaria.....	176
Propuesta de evaluación en Física y análisis de la evaluación habitual.....	179
Resolución de problemas de Física y Química: trabajo de innovación educativa para la Enseñanza Secundaria.....	182

Aplicación de las teorías de D.P. Ausubel y J.D. Novak sobre adquisición y jerarquización de conceptos, al aprendizaje de la Física y la Química en BUP y COU.

autores: Juan RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, M.^a Jesús ROMERO SERRANO y M.^a Ángeles VERGER GÓMEZ.

procedencia: Universidad de Extremadura.

convocatoria: XI Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1982-84.

Planteamiento y objetivos

Los autores tratan de poner a prueba la validez de algunos conceptos de las teorías de Ausubel y Novak en relación con el aprendizaje de la Física y la Química en BUP y COU.

En este sentido, se investiga si la introducción de conceptos nuevos en la estructura cognitiva preexistente junto con la jerarquización de conceptos mejora las capacidades de análisis, síntesis, diferenciación y relación y, en definitiva, el aprendizaje.

Metodología

Se utilizan cuatro grupos de estudio, correspondientes a dos grupos de Física de COU y dos grupos de Física y Química de 3º de BUP, designados uno de cada nivel como grupos experimentales y otro de control. La variable independiente es el método de enseñanza basado en el empleo de mapas conceptuales, aplicado a los dos grupos experimentales; la dependiente es el rendimiento, medido a través de tests de conceptos. Los grupos de control siguen la pauta de enseñanza convencional.

Se aplica un pretest para determinar la situación cognitiva del alumno y las principales dificultades conceptuales. Después el pro-

fesor enseña utilizando el método de mapas conceptuales y el alumno aprende igualmente construyendo mapas conceptuales. Tales mapas se construyen a partir de las conclusiones del pretest, que permite establecer los índices de dificultad y de discriminación de cada uno de los ítems utilizados.

La aplicación de un postest permite comprobar las ganancias cognitivas que se han producido en los grupos experimentales y de control.

El análisis se realiza mediante prueba de significación de diferencias entre las medias de ambos grupos ("t" de Student).

Resultados

No se han detectado diferencias significativas en el pretest y tampoco en el postest (rendimiento cognitivo de ambos grupos), que pudieran atribuirse al efecto del método; sólo en algunos ítems específicos sí aparecían tales diferencias.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Física, Química
Proceso de aprendizaje

Aplicaciones de un computador electrónico analógico (C.E.A.) de bajo coste en la enseñanza de la Física.

autores: Ángel L. PÉREZ, Juan J. PEÑA, Juan A. GONZÁLEZ y Manuel MIRANDA.

procedencia: Universidad de Extremadura.

convocatoria: XI Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1982-83.

Planteamiento y objetivos

Esta investigación tiene como objetivos:

- 1) Concretar el uso de C.E.A.s en la resolución de las ecuaciones que describen algunos fenómenos físico-químicos.
- 2) Determinar en qué temas de física y en qué niveles educativos es más útil el uso de C.E.A.s y describir la construcción de varios C.E.A.s de fácil realización y bajo costo.
- 3) Elaborar varias unidades didácticas para utilizar los C.E.A.s construidos, complementadas con un libro de iniciación al cálculo electrónico analógico para profesionales de la enseñanza, con la finalidad de comprobar la eficacia de los C.E.A.s en la enseñanza.

Metodología

Se han realizado experiencias con alumnos de 2º y 3º de BUP, COU y primer curso de Universidad. La muestra se ha dividido, mediante tests de conocimientos iniciales y psicológicos, en dos grupos, uno experimental y otro de control. Una vez realizadas las experiencias, se ha evaluado de nuevo el nivel de conocimiento de los alumnos mediante postests.

Los instrumentos utilizados son: test de conocimientos iniciales y postest (cinemática, equilibrio químico, oscilaciones y radiactividad); computadores electrónico-analógicos compactos y programables, cuatro cuadernos didácticos y libro guía para el profesor en el que se exponen los aspectos teórico-prácticos del cálculo analógico.

Resultados

La utilización de C.E.A.s en la enseñanza resulta eficaz en el estudio de fenómenos físico-químicos que puedan describirse por ecuaciones diferenciales, tanto en los niveles de BUP y COU como en el primer curso de Universidad.

A igualdad de tiempo de dedicación tanto por parte del profesor como por parte del alumno, el rendimiento medio global del alumno ha sido un 20% mayor al manejar un C.E.A. que con el método tradicional de enseñanza.

Descriptores

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior
Física, Química
Tecnología de la educación, Medios de enseñanza

Investigación y experimentación de nuevos métodos para la enseñanza universitaria de la Química (2.ª Fase).

autores: José CASANOVA COLAS, Ángel ALBEROLA FIGUEROA, Fidel MATO VÁZQUEZ, Miguel Á. HERRÁEZ ZARZA, José M.ª RECIO PASCUAL, Fernando MATA PÉREZ y Mercedes PÉREZ MANRIQUE.

procedencia: Universidad de Valladolid.

convocatoria: XI Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1982-83.

Planteamiento y objetivos

Este trabajo consiste en la producción de cuatro multimedias para la enseñanza de los siguientes temas de química:

- Iniciación a la Química de la Coordinación
- Defectos en sólidos
- Velocidad de las reacciones químicas
- Viscosidad de fluidos

Metodología

La realización de cada uno de los proyectos de multimedias se ha desarrollado mediante una metodología basada en la utilización de aquellos medios gráficos y audiovisuales adecuados para facilitar la comprensión de contenidos. Consecuentemente, el texto se ha reducido al mínimo indispensable, recayendo el peso de la información, esencialmente, en gráficas, figuras, tablas de datos, etc, convenientemente elegidas para ilustrar los conceptos teóricos.

Cada multimedia se ha dividido en unidades didácticas compuestas por un cuerpo teórico, en el que se desarrollan los concep-

tos básicos y los problemas del tema específico, y un material gráfico complementario formado por transparencias, diapositivas, tablas, etc.

Dentro del cuerpo teórico se especifica: el nivel de enseñanza adecuado para la multimedia, los objetivos concretos, organización de cada tema y los modos posibles de utilización del material.

Resultados

Se ha producido la multimedia descrita para el tema "Iniciación a la Química de la Coordinación".

Se encuentran en preparación las multimedias específicas de los temas "Defectos en sólidos", "Velocidad de reacciones químicas" y "Viscosidad de fluidos".

Descriptores

Enseñanza Superior

Química

Tecnología de la educación, Medios de enseñanza

Preparación de una multimedia para la enseñanza a distancia de la Química-Física (el potencial químico).

autores: Salvador SENENT PÉREZ, Manuel CRIADO SANCHO y Pedro VALLE TORRALBO.

procedencia: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

convocatoria: XI Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1982-85.

Planteamiento y objetivos

Este trabajo tiene como objetivo la elaboración de una multimedia para la enseñanza del tema "Potencial Químico", de la disciplina Termodinámica Química, con el fin de ampliar y completar el material que reciben los alumnos de la UNED.

Contenidos

La estructura de esta multimedia está orientada por las aportaciones del grupo denominado C.U.D.N.M.E. (Centro Universitario de Difusión de Nuevos Medios a la Enseñanza), dirigido por el profesor Gomal. A partir de estas aportaciones, la multimedia que se propone para la enseñanza de este tema está compuesta por:

- un texto de información, lo más autosuficiente posible;
- ejercicios de comprobación de diversos tipos como preguntas de respuesta múltiple, libre elección, textual, etc.;
- un audiovisual, eligiéndose un diaporama con imágenes y sonido por razones de viabilidad de su realización práctica;
- unos ejercicios de simulación por ordenador.

(Tanto el audiovisual como los programas informáticos están depositados en la UNED).

El resultado de este trabajo lo constituyen cuatro productos correspondientes a cada uno de los apartados anteriores: una información textual, unos ejercicios de autoevaluación, un videocasette que incluye las 120 diapositivas y un disco magnético con programas BASIC para un ordenador Apple II.

Descriptores

Enseñanza Superior, Enseñanza a distancia

Química

Tecnología de la educación, Medios de enseñanza

Aproximación a la integración Ciencia-Tecnología en el primer ciclo de los estudios medios.

autor: Manuel L. CASALDERREY GARCÍA.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1984, modalidad Breviarios de Educación.

Publicado por MEC/Centro de Publicaciones, Colección "Breviarios de Educación", nº 4. Madrid, 1986.

Planteamientos y objetivos

El trabajo se presenta ante la constatación del alejamiento entre la ciencia que se enseña en las aulas y la tecnología. La ruptura de las barreras artificiales que existen entre ellas podría favorecer la propia ciencia, ampliar su horizonte y hacerla más atractiva para los alumnos que inician su andadura en ella. La tecnología puede emplearse como medio para mejorar el aprendizaje de la ciencia.

La interdependencia ciencia-tecnología se pone continuamente de manifiesto, puesto que los avances tecnológicos posibilitan el desarrollo de la ciencia y los conocimientos científicos allanan el camino de los avances tecnológicos.

La dificultad fundamental para su integración consiste en determinar las características que deben poseer los canales de comunicación entre la ciencia y la tecnología.

La enseñanza de la tecnología se ha regulado mediante la implantación de las Enseñanzas y Actividades Técnico-Profesionales (EATP), que tratan de conectar ciencia y tecnología, estableciendo un punto de contacto entre el centro educativo y la sociedad circundante. Sin embargo, las dificultades para su puesta en marcha (fundamentalmente debidas a la carencia de espacio físico, material apropiado, profesorado específico y número de horas suficientes) han supuesto el olvido de los planteamientos teóricos originales.

Los proyectos de Reforma de las Enseñanzas Medias plantean la creación de un Área Tecnológica que potencia de forma notable la tecnología, aunque sigue separándola de la ciencia.

La propuesta para abordar el estudio de la tecnología se realiza a partir de la propia ciencia. Las posibilidades de enfocar el estudio de la tecnología a partir de la enseñanza normal de la física puede realizarse desde varios niveles, según Mothes (1967): planteamiento de problemas, planteamiento de experimentos, realización de experimentos y aplicaciones.

El trabajo, aunque utiliza en parte todas las posibilidades anteriores, se ha centrado preferentemente en las aplicaciones.

Resultados

Se ofrecen pautas para los profesores acerca de cómo abordar la integración ciencia-tecnología. La presentación se realiza desde los aspectos más generales hasta los más específicos.

Las actividades relacionadas con la integración ciencia-tecnología son:

- Definición de conceptos, medida de magnitudes, preguntas abiertas, trabajo bibliográfico, trabajos con recortes de prensa, funcionamiento de aparatos, problemas numéricos y visitas a instalaciones industriales.
- Desarrollo de un tema completo con inclusión de actividades de integración ciencia-tecnología. Se ha escogido el tema 5 del actual Bachillerato (Trabajo. Potencia. Energía). Se presenta un esquema global (de integración) y se mencionan las actividades que se proponen en cada apartado del tema. El concepto central alrededor del cual gira el tema es el de máquina, a partir del cual se introducen los de potencia y energía.

Finalmente se presentan cuatro grandes bloques de actividades:

- Los dispositivos técnicos responsables de las transformaciones energéticas
- La transmisión de energía en forma de calor

- Los generadores de movimiento
- El electromagnetismo, eslabón para la integración ciencia-tecnología

Se presentan como anexos los siguientes trabajos:

- Valoración de la adecuación de los temas del programa de física y química de segundo curso de Bachillerato a la integración ciencia-tecnología.
- La integración en los libros de texto. Se realiza una revisión de 18 libros de segundo de BUP y se comprueba que apenas han considerado la problemática de la relación ciencia-tecnología.
- Resultados de los cuestionarios de valoración de la integración ciencia-tecnología. Dirigido a alumnos, con el propósito de conocer sus opiniones acerca del tema.

Descriptor

Enseñanza Secundaria
Tecnología, Ciencias
Programa de estudios, Medios de enseñanza

Dinámica del punto.

autores: Álvaro CALZADA GARCÍA, Jorge CONTRERAS RAMÍREZ, Sofía MURO BENAYAS y Juan de la FIGUEROA BAYÓN.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1984 (mención honorífica).

Planteamiento y objetivos

Se propone un método de trabajo, individual y creativo, para que el alumno aprenda conceptos utilizando el ordenador como instrumento didáctico, ante las frecuentes dificultades de comprensión de conceptos en el área de física y química.

Contenidos

El trabajo consiste en un informe sobre un programa de optimización del aprendizaje de conceptos en el ámbito de la física y la química para ordenadores Commodore 64, Dragon y Spectrum. Está dirigido a alumnos de 3º de BUP y COU. Se presentan programas de ordenador que contienen problemas de física del movimiento de partículas simples, complementados con material escrito.

El alumno comienza con un cuadernillo, con indicaciones teóricas y ejemplos resueltos, sobre el tema de la dinámica de la partícula del movimiento rectilíneo de traslación. Tras cada ejemplo o bloque temático, el cuadernillo remite al programa de ordenador para solucionar ejercicios de dos formas posibles: con o sin ayuda.

Más tarde se presenta un ejercicio escrito de comprensión sobre los ejemplos realizados. Por último, hay un cuestionario de autoevaluación con 15 ítems de verdadero-falso.

Se presentan ejercicios programados en ordenador sobre plano inclinado, plano horizontal, máquina de Atwood, cuerpos perpendiculares, doble plano inclinado más un programa de introducción.

El programa de enseñanza de conceptos físicos asistido por ordenador no ha sido valorado sistemáticamente, aunque, no obstante, ha recibido una valoración positiva por parte de alumnos y profesores.

En el trabajo se incluyen los listados de los programas utilizados.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Física

Uso didáctico del ordenador

Enseñanza de la Lógica Proposicional mediante la Electrónica.

autores: Juan M.^a GARCÍA QUINTANA (director) y Paloma MONTES ALONSO (colaboradora).

procedencia: Universidad Autónoma de Madrid.

convocatoria: XIII Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1984-85.

Planteamiento y objetivos

El objetivo general consiste en comprobar si mediante una metodología apoyada en la electrónica digital se consigue un mayor grado de dominio de los conceptos y las leyes de la Lógica Proposicional que mediante un método tradicional, dentro del contexto de los programas de filosofía vigentes.

Se ha establecido como hipótesis que el grupo de alumnos que recibe clases de Lógica Proposicional —explicada mediante la nueva metodología— no obtiene un mejor y más completo dominio de las enseñanzas así como de las relaciones con otras disciplinas, ni un desarrollo superior de la inteligencia que desde un esquema clásico.

Metodología

Las variables definidas corresponden al tipo de método utilizado (independiente); el nivel de inteligencia lógica inicial de cada alumno (interviniente); la ganancia por parte de los alumnos en los conocimientos de Lógica Proposicional y la ganancia en su inteligencia lógica (dependientes).

La muestra se compone de dos grupos de alumnos, uno de control formado por 34 alumnos del I.B. Ramiro de Maeztu, que recibe una enseñanza de Lógica Proposicional según los programas

del M.E.C. vigentes, y otro experimental de 34 alumnos del Instituto Herrera Oria, al que se le imparte la enseñanza del mismo tema mediante la electrónica.

Los alumnos del grupo experimental han utilizado un aparato electrónico diseñado por el personal colaborador en la investigación. Básicamente consiste en una tarjeta provista de puertas lógicas y un circuito visualizador encargado de transmitir la respuesta. Dichos aparatos han sido utilizados con la ayuda de un guión para alumnos que contiene unos guiones de experiencias prácticas para la utilización de las puertas lógicas.

Para el análisis estadístico se efectúa un estudio correlacional entre ambos grupos.

La variable interviniente, inteligencia lógica inicial de los sujetos, se mide mediante un test específico.

Para cuantificar la primera variable dependiente, conocimientos de lógica proposicional, los alumnos han realizado una prueba escrita de elección múltiple, pruebas prácticas, de ejecución y de selección de algún tipo de respuesta. Para la segunda variable dependiente, ganancia de inteligencia lógica, los alumnos realizaron un test igual al inicial.

Resultados

Se evidencia una diferencia significativa al final del período de enseñanza entre los grupos en cuanto a los conocimientos de lógica proposicional adquiridos, pero no en cuanto a ganancia en inteligencia lógica. Por otro lado, la enseñanza de la lógica proposicional mediante la electrónica produce mayor aumento en la ganancia de inteligencia lógica en los alumnos peor dotados.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Física, Lógica, Electrónica
Tecnología de la educación, Método de enseñanza

Evaluación del currículo de Ciencias Experimentales del Bachillerato: Problemas de aprendizaje de la estructura conceptual.

autores: José OTERO GUTIÉRREZ e Isabel BRINCONES CALVO.

procedencia: Universidad de Alcalá de Henares.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1984.

duración: 1984-86.

Planteamiento y objetivos

La investigación se plantea en torno a dos objetivos:

- a) Considerar los dos tipos de criterios que se reconocen para un adecuado diseño del currículo de ciencias: lógicos y psicológicos.
- b) Organizar, de acuerdo con las orientaciones anteriores, el contenido conceptual de un curso introductorio de física para los últimos cursos de Bachillerato y estudiar su efectividad.

La hipótesis que se investiga es que la presentación de una "historia recurrente" de los conceptos, considerada desde la Teoría de la Asimilación de Ausubel, reduce la arbitrariedad con que el estudiante percibe los problemas de disciplina y reduce la arbitrariedad de conceptos y principios al ser presentados como respuesta a problemas y determinados tanto por el marco conceptual del científico como por la evidencia empírica disponible.

Metodología

La muestra está formada por 110 alumnos de 3º de BUP de dos institutos de Madrid, asignados 75 al grupo experimental y 35 al grupo de control. La prueba final también se pasó a un grupo de

33 universitarios que habían seguido de modo independiente una asignatura de Introducción a la Termodinámica.

Las variables del estudio son el rendimiento en las pruebas de evaluación –dependiente– y la organización del contenido de los materiales –independiente–.

Se utiliza un material escrito sobre la segunda Ley de Termodinámica, que consta de:

- 40 páginas diseñadas específicamente para esta investigación (material para el grupo experimental);
- material organizado de forma tradicional, aplicado al grupo de control (un capítulo de Halliday y Resnick, 1977);
- material escrito para asegurar uniformidad en los conocimientos previos requeridos entre ambos grupos;
- dos pruebas de evaluación, una cumplimentada inmediatamente después del tratamiento y otra nueve semanas después.

El análisis estadístico se basa en tablas de frecuencias y porcentajes de los resultados de las pruebas.

Resultados

Hay unas conclusiones derivadas del estudio teórico, con implicaciones para la enseñanza de los conceptos científicos en el Bachillerato:

- El aprendizaje de un concepto científico resulta de la interacción entre las ideas que ya se poseen y la información científica que se presenta.
- La comprensión de los conceptos depende de la activación de esquemas que permitan asimilar la información: profesor y material deben ayudar a la activación de los esquemas adecuados.
- El profesor debe ayudar a la modificación o sustitución de los esquemas inadecuados que ocasionalmente y de forma espontánea usa el alumno.

- El profesor y los materiales de enseñanza deben favorecer la conexión profunda y la identificación de las ideas generales que organizan la información proporcionada.
- El profesor debe favorecer las interrelaciones dentro de un sistema conceptual y medir el dominio de los conceptos por el uso que el alumno hace de ellos dentro de la red.

Del estudio exploratorio también se han extraído algunas conclusiones:

- Se deben identificar las preconcepciones de los alumnos para evitar interferencias con el nuevo material y debe ayudarse a que el alumno discrimine entre el significado científico de los términos utilizados y posibles interpretaciones de “sentido común”.
- En relación con la organización del material, es preciso un tratamiento más fuerte sobre las relaciones de alto nivel. Una vez asegurado este aprendizaje podrán investigarse las diferencias entre estructuraciones alternativas.
- La duración del tratamiento puede influir a la hora de conseguir la disposición para el aprendizaje significativo en estudiantes acostumbrados al aprendizaje memorístico.
- Se han observado algunas mejoras de aprendizaje debido a la estructura evolutiva de los materiales experimentales, frente a la presentación de conceptos y principios científicos como resultados finales.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Física

Proceso de aprendizaje, Método de enseñanza

La Óptica desde otra óptica.

autores: José I. FLOR PÉREZ y José ALBA QUINTANA (Taller Leonardo da Vinci).

convocatoria: Premios Nacionales a la Investigación e Innovación Educativas 1984, modalidad Innovación.

Planteamiento y objetivos

El trabajo se formula como objetivo principal que el alumno se aficione a la investigación en clase. Este trabajo es el producto de las numerosas experiencias que los autores han realizado durante su trayectoria profesional.

Junto a este objetivo principal, también se pretenden desarrollar la imaginación, la creatividad, los trabajos manuales y la satisfacción personal.

El tema elegido ha sido la óptica, ya que esta disciplina siempre ha sido estudiada en el último lugar de los programas de estudios, aunque la metodología propuesta es válida para otras parcelas de la ciencia.

Los autores hacen suya la conocida frase de Leonardo da Vinci:

“si es verdad que la naturaleza empieza por el razonamiento y acaba en la experiencia, el hombre debe seguir el camino opuesto”

De esta manera, la didáctica parte de experiencia y se acaba en el razonamiento.

El método de trabajo está basado, fundamentalmente, en la construcción —por parte de los alumnos— de diferentes aparatos. Al conocer sus fundamentos se aprenden los conceptos científicos.

Ante la escasa dotación de recursos en las escuelas para la fabricación de todos los aparatos se utilizan materiales de desecho (Ciencia de las Basuras). La materia prima son tubos de cartón, recortes de cristal, espejos rotos, maderas y listones, botellas vacías, pilas de petaca nuevas y viejas, bombillas, etc...

Aunque el material está muy experimentado con alumnos de EGB, muchos de los procesos de construcción de aparatos pueden resultar de gran utilidad didáctica para BUP y COU.

Resultados

El trabajo presenta el diseño, el proceso de construcción y las fotografías de numerosos aparatos de interés para el estudio de la óptica.

Los conceptos ópticos que se abordan son: las fuentes de luz, su propagación, la medición los colores de los cuerpos y otras variables y técnicas fotográficas.

Se han construido 20 aparatos, entre los que se encuentran: un analizador de colores, cámaras fotográficas, periscopios, proyectores de cuerpos opacos, caleidoscopios, microscopios, fotómetros y arcos voltaicos.

Con este método de aprendizaje el alumno obtiene mayor rendimiento y participa más en clase que aquellos otros que siguen una enseñanza tradicional.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Física, Óptica

Método de enseñanza, Medios de enseñanza

Diseño, aplicación y evaluación de dos metodologías (expositivo-audiovisual y experimental-integrada) para la enseñanza de la Física en un nivel elemental.

autor: Antonio de PRO BUENO.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1985, modalidad Tesis Doctorales (accésit).

Planteamiento y objetivos

En esta investigación se plantea el estudio comparativo de los efectos de dos metodologías didácticas: una expositivo-audiovisual y otra experimental-integrada. Se parte de tres hipótesis:

- 1) Las dos metodologías afectan al aprendizaje de los alumnos.
- 2) No hay diferencias significativas entre los grupos experimentales y la población de origen.
- 3) Las metodologías utilizadas producen un aprendizaje significativo y, por lo tanto, las pérdidas son pequeñas, inferiores a una metodología tradicional.

Metodología

El estudio se realiza sobre una muestra constituida por dos grupos experimentales y un grupo de contraste, de 7º de EGB de Melilla.

Las variables consideradas han sido:

- Variables independientes: metodología expositivo audiovisual (x) y metodología experimental integrada (x');
- Variable dependiente: aprendizaje científico, medido en los siguientes aspectos: condiciones iniciales del alumno, efectos inmediatos a cada unidad temática y memorizaciones e influencias en la conceptualización;
- Variable interviniente: aptitudes mentales primarias.

Los instrumentos utilizados consisten en siete pruebas básicas de laboratorio, diez tests factoriales de inteligencia (A.M.P.E.), adaptación especial del P.M.A. de Thurstone y catorce pruebas objetivas de evaluación del aprendizaje.

En dichas pruebas se analizan los siguientes parámetros: validez externa –“z” de Fischer–, fiabilidad –coeficiente de consistencia interna de Spearman-Brown– y análisis de ítems –análisis factorial–.

Las técnicas de análisis son la correlación –coeficiente de Bravais-Pearson–, diferencia de medias con muestras dependientes e independientes y análisis de varianza.

Resultados

La metodología experimental-integrada produce mejores efectos que la expositivo-audiovisual y en ambas son superiores a los de otras metodologías.

Las pruebas objetivas utilizadas son válidas para evaluar el aprendizaje científico.

No existen diferencias significativas entre los grupos experimentales y el de control en la evaluación al cabo de doce y dieciocho meses de la experiencia. Respecto a la memorización y a los procesos de conceptualización hay grandes diferencias en la evaluación de cada grupo experimental, a lo largo del proceso didáctico y después de doce a dieciocho meses, independientemente del modelo didáctico.

En conclusión, las prácticas de laboratorio no son sustituibles por ningún tipo de información que pueda dar el profesor por otros medios; los instrumentos utilizados son válidos para este tipo de experiencia; y hay que profundizar en este tipo de estudios para determinar las causas del fracaso en esta asignatura así como del olvido tan grande de la misma.

Descriptor

Enseñanza Secundaria
Física
Método de enseñanza

La exigencia cognitiva en Física Básica. Un análisis empírico.

autores: Francisco LÓPEZ RUPÉREZ y Carlos PALACIOS GÓMEZ.

procedencia: Universidad Autónoma de Madrid.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1985.

duración: 1985-87.

Publicado por CIDE (MEC), Colección "Investigación", nº 13. Madrid, 1988.

Planteamiento y objetivos

El trabajo aborda el análisis de las limitaciones de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias desde el paradigma piagetiano, según el cual el aprendizaje y el rendimiento están en relación con el nivel de desarrollo cognitivo.

A pesar de las críticas hechas a la teoría de Piaget respecto a la evolución cognitiva del ser humano, las investigaciones realizadas en la última década han constatado la importancia de esta relación: la inadecuación del nivel cognitivo de los alumnos al de los contenidos en diversos proyectos de enseñanza (Nuffield, PSSC, etc...) ha sido una de las causas en las que se ha buscado explicación a su relativo poco éxito.

El trabajo estudia el nivel de exigencia cognitiva de 125 ítems habituales en los programas de Física de 2º de BUP. La determinación de su nivel se ha efectuado sobre la base proporcionada por los resultados de dos conjuntos de pruebas: el test de Longeot y los test del P.E.I.C.E.

Metodología

La muestra ha estado constituida por 223 alumnos de 2º de BUP del I.B. Cardenal Herrera Oria de Madrid (Curso 1982-83).

Se han estudiado las siguientes variables:

- TL: Puntuaciones brutas obtenidas por cada sujeto en cada una de las cuatro pruebas de que consta el test de Longeot (Anagramas, Combinatoria, Lógica y Probabilidades).
- NIVC: Nivel de desarrollo cognitivo, determinado en función del valor de TL.
Un alumno es considerado en la “etapa concreta” cuando actúa como tal en tres, al menos, de las cuatro pruebas de que consta el Test de Longeot.
Se le considera en una “etapa formal” cuando actúa de dicha manera en al menos tres de las cuatro pruebas.
Se le considera en una “etapa de transición” cuando no puede incluirse en ninguna de las categorías anteriores.
- I: Variable dicotómica que da cuenta del acierto o error de cada uno de los 125 ítems analizados.

Los diferentes ítems han sido clasificados en alguna de las tres categorías (concreto, transición y formal) de acuerdo con dos criterios a los que se ha denominado «de discriminación» y «de suficiencia».

Resultados

El 37,6% de los ítems ha podido ser clasificado sin ambigüedad en alguna de las categorías: el 36,2% como concretos, el 29,8% de transición y el 34% como formales. Cuando se ha utilizado otro método de clasificación (Collea, Karplus, Aguirre), se ha obtenido un nivel de coincidencia entre ambos métodos del 65%.

Para adecuar el currículo al nivel de desarrollo cognitivo de los alumnos, se ha estudiado también qué ítems clasificados sin ambigüedad eran adecuados a cada uno de los cursos de BUP. Se ha considerado que un ítem es adecuado a un curso determinado cuando, como mínimo, las dos terceras partes de los alumnos se encuentran en un nivel igual o superior al del ítem.

Los ítems clasificados sin ambigüedad se han agrupado posteriormente en algunas de las diferentes partes de que consta el pro-

grama de Física de 2º de BUP: movimiento, fuerza, masa y movimiento, masa e interacción gravitatoria, carga e interacción eléctrica e interacción de cargas en movimiento.

También se presenta un estudio sobre la adecuación de determinadas operaciones mentales a los diferentes niveles cognitivos. Tales operaciones son: manejo de relaciones complejas, manejo de relaciones de orden superior, razonamiento proporcional, interpretación cualitativa de gráficas, interpretación cuantitativa de gráficas, comprensión de conceptos, fenómenos o relaciones, manejo de relaciones sencillas, comprensión de conceptos fenómenos o relaciones sencillas y simple recuerdo.

En las conclusiones se recomienda la utilización de metodologías que se aproximen a una enseñanza individualizada que permita trabajar con los alumnos según sus diferentes niveles de desarrollo cognitivo. La individualización habría de realizarse de una forma mucho más flexible que una mera asignación a un nivel cognitivo determinado, ya que a lo largo de un curso se produce progreso cognitivo en los adolescentes y la interacción entre aprendizajes y estructuras mentales es dinámica.

La adecuación se debería interpretar más bien como una moderada inadecuación por exceso, de manera que la instrucción científica pueda desempeñar un papel calculado de promotor del desarrollo cognitivo del adolescente.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Física
Desarrollo cognitivo

Proyecto sobre una nueva metodología en la enseñanza de la Física en séptimo de EGB.

autor: Jaime SOLA DE LOS SANTOS.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1985 (mención honorífica).

Planteamiento y objetivos

En este trabajo se propone una programación de física para alumnos de 7º de EGB que permite un máximo aprovechamiento, fundamentalmente de tipo práctico e individualizado.

La idea básica del proyecto radica en estudiar jugando y para ello se ha desarrollado la física del juego y del juguete, haciendo así que su estudio pueda resultar competitivo frente a las distracciones que el medio ofrece al estudiante de 12 y 13 años.

Contenidos

El proyecto pretende abarcar amplios contenidos, para que el alumno se vaya familiarizando con lo que será la física en un nivel superior. Para ello, se ha escogido como común denominador de toda la programación los campos de fuerza y sus acciones.

El desarrollo del proyecto comprende los siguientes temas:

- Las Fuerzas de la naturaleza (tema de iniciación meramente descriptivo).
- Fuerzas gravitatorias, dos bloques:
 - I. Las Fuerzas actuando sobre masas rígidas, sobre superficies, en medios elásticos, y las fuerzas y la energía.
 - II. El Campo gravitatorio y sus fenómenos.
- Fuerzas electromagnéticas: la carga eléctrica en reposo, en movimiento, los efectos de la carga en movimiento, el campo magnético y la propagación del campo electromagnético, la luz.

Cada tema desarrolla los siguientes puntos: contenidos, temporalización, índice de dificultad, objetivos generales, objetivos específicos y prácticas. A lo largo de este trabajo también se explica cómo se monta un banco de mecánica, aplicable al calor, la electricidad y la óptica.

Tratando de aplicar una metodología activa, se han desarrollado los juegos de clase y los medios audiovisuales: empleo del vídeo y películas, de transparencias y diapositivas y la «Física del tebeo». Este apartado sobre la Física del tebeo se elabora con cuestiones de temas habituales en los chicos o con ejemplos de su vida cotidiana; se emplean fundamentalmente las aventuras de Tintín, Axtérix, Mortadelo y Filemón y Otilio.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Física

Programa de estudios, Medios de enseñanza

Circuitos eléctricos: una aproximación a la problemática de la enseñanza de las Ciencias Naturales en EGB.

autores: Angelina MARTÍN MUÑOZ, Teresa MUÑOZ ARRABAL y Ángel RODRÍGUEZ CARDEÑA.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1986, modalidad Innovación Educativa (premio).

Planteamiento y objetivos

A través de esta investigación se pretende:

- a) Buscar métodos de mejora de la metodología de enseñanza en el marco experimental de la labor cotidiana en la propia clase.
- b) Comprobar cuáles son las posibilidades y las limitaciones:
 - experiencias sencillas, distinguiendo materiales conductores y aislantes e identificándolos en aparatos e instalaciones eléctricas de uso corriente;
 - de esquemas sencillos en los que aparezcan los símbolos más usuales, realizando algunos montajes eléctricos;
 - de la utilización de pilas, bombillas, amperímetros y voltímetros, distinguiendo entre circuito en serie y en paralelo.
- c) Analizar los aspectos psicopedagógicos más relevantes del aprendizaje en el proceso de construcción del pensamiento científico de los niños.

Metodología

Como punto de partida se realiza una experiencia con 12 alumnos (4 de Ciclo Medio y 8 de Ciclo Superior) de una escuela rural durante dos meses y medio. Los niños se agrupan en equipos de dos.

El proceso consta de cinco experiencias, relativas todas ellas al aprendizaje de los circuitos eléctricos.

En primer lugar el profesor introduce el tema, tras lo cual pone a disposición de los niños material de uso común, como cables, bombillas de linterna, casquillos, pilas de petaca, chinchetas y tablas para insertar los casquillos. Por último se les plantean los siguientes interrogantes, para que los respondan mediante un proceso de experimentación-descubrimiento:

- ¿Cómo conectar una bombilla a una pila para que luzca?
- ¿Pasa la corriente eléctrica por todos los materiales?
- ¿Por dónde va el circuito?
- ¿De qué manera se pueden conectar varias bombillas para que luzcan a la vez?
- ¿De qué depende la resistencia de un conductor?

Se analizan los diálogos de los niños y sus respuestas a las preguntas realizadas.

Resultados

Respecto a los aspectos psicopedagógicos se pueden señalar los siguientes:

1. Las características del pensamiento de los niños de Ciclo Medio y Ciclo Superior se ajustan, en el terreno de los circuitos eléctricos, a las características generales del pensamiento infantil. Se aprecia una graduación desde el Ciclo Medio hasta el último curso del Ciclo Superior. Se separan las percepciones directas de lo que se puede inferir de la realidad. Los alumnos son capaces de llegar a las siguientes conclusiones: la electricidad sale de la pila, la electricidad va por los cables y el camino debe estar cerrado. Respecto a distinguir materiales conductores de los aislantes, todos los niños se quedan en la simple percepción.
2. Se observa en los niños una progresión desde la centración (percepción de un solo rasgo) hacia la descentración (análisis perceptivo de toda la situación).

3. Los niños, ya desde el Ciclo Medio, empiezan a realizar compensaciones.

Respecto a la consecución de los objetivos, se considera el resultado del trabajo realizado por los alumnos como satisfactorio en cuanto a actitudes y hábitos, sin embargo los conocimientos no han sido memorizados.

Se concluye que es conveniente que los contenidos sobre los que versa el aprendizaje se repitan de forma cíclica a lo largo de toda la EGB.

Descriptores

Enseñanza Primaria, Enseñanza Secundaria.
Ciencias de la Naturaleza, Física
Proceso de aprendizaje, Método de enseñanza

Cómo estudiar Física: guía para estudiantes.

autor: Francisco LÓPEZ RUPÉREZ.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1986, modalidad Breviarios de Educación (premio).

Publicado por MEC/Vicens-Vives. Barcelona, 1987.

Planteamiento y objetivos

Se pretende ofrecer a los estudiantes de los últimos cursos de Secundaria y primeros de Universidad un elemento de consulta y apoyo. Se elabora una Guía basada en los resultados de la investigación educativa y en la experiencia del profesor.

La Guía trata de poner el acento en las habilidades para manejar de forma efectiva el conocimiento y de esta forma constituir un instrumento que permita la transferencia de este tipo de destrezas.

Contenidos

La Guía se ha organizado, junto con la introducción, en ocho capítulos, pretendiendo con ello abarcar un repertorio significativo de dificultades frecuentes en el estudio de física:

- I. Introducción.
- II. Se abordan las características de la física como ciencia que tienen su repercusión en la física como asignatura científica.
- III. Se tratan los procesos de la ciencia; se explican los significados de conceptos como variables, hipótesis, diseño de experimentos, etc.
- IV. Está orientado a la obtención de datos experimentales y su organización.
- V. Se dedica al manejo de los datos experimentales. Se detiene en el tratamiento de errores, las cifras significativas, el manejo de unidades y las representaciones gráficas.

- VI. Se plantean las orientaciones correspondientes a la comunicación de la información científica.
- VII. Está orientado a la resolución de problemas. Tras describir los elementos de un problema, se distinguen varios tipos y se propone un plan de resolución.
- VIII. Se ocupa de las cuestiones conceptuales, sus tipos y algunas pautas para su resolución.
- IX. Recoge algunos consejos prácticos generales en forma de resumen, en diferentes bloques:
 - 1. Trabajo en el aula: cómo mejorar las relaciones en el trinomio alumno-profesor-asignatura, actitud en clase, elaboración de resúmenes, exposición oral de un tema, realización de exámenes orales y escritos.
 - 2. Trabajo de laboratorio: cuidado del material, asignación de tareas según el plan de experimentación previo, empleo del cuaderno de notas, realización de representaciones gráficas, manejo adecuado de las cifras significativas, realización de un informe final.
 - 3. Trabajo fuera del aula: organización del tiempo de estudio, preparación de los exámenes, elaboración de trabajos bibliográficos y uso del ordenador personal.

Descriptorios

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior
Física
Programa de estudios, Medios de enseñanza

Diseño y realización de experimentos de Física para uso del profesor en la elaboración de su proyecto docente.

autores: Manuel YUSTE LLANDRÉS (director), Carmen CARRERAS BÉJAR, M.^a Rosa MARTÍN DEL POZO, Francisco MERINO GONZÁLEZ y M.^a Rosa PEÑA BAÑOBRE.

procedencia: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1986.

duración: 1986-91.

Planteamiento y objetivos

El propósito de este trabajo es la elaboración de material didáctico experimental para facilitar la labor de los profesores de Física General (nivel BUP, COU y 1º de Licenciatura).

Metodología

Se han diseñado dos tipos de experimentos: caseros e integradores. Para los experimentos caseros se han seleccionado algunos temas clave para el desarrollo de la ciencia. Los experimentos integradores se han planteado como pequeños trabajos de investigación que pudieran ser interpretados con los conocimientos de física y matemáticas del Primer Ciclo de Licenciatura; los fenómenos electromagnéticos y ópticos fueron los más desarrollados.

Se han evaluado los experimentos integradores con alumnos de la Facultad de Ciencias de la UNED. La evaluación de los experimentos caseros se realizará a través de los profesores tutores de ciencias en los Centros Asociados de la UNED.

Resultados

Se confeccionan manuales para la realización de los siguientes 16 experimentos:

– Experimentos caseros:

El péndulo simple. Péndulos encadenados. Péndulos acoplados. Elasticidad. Péndulo de torsión. Fuerzas entre cargas eléctricas. Fuerzas entre imanes. Imanes y corrientes. Circuitos y corriente continua. Propagación de la luz a través de los diferentes medios. La polarización de la luz. Difracción de la luz. Absorción y emisión de la luz por los átomos. Sólido, líquido y gas. El gas ideal. Los líquidos reales.

– Experimentos integradores:

Permitividad eléctrica y permitividad magnética del vacío. Resistencia eléctrica de conductores óhmicos. Fuerzas entre imanes. La luz en la superficie de separación de dos medios. El arco iris. Polarización de la luz. Interferencias luminosas. Difracción de la luz. Espectroscopía.

Se ha comprobado que los alumnos que han realizado estos trabajos, fuertemente motivados de entrada, no los rechazan a pesar del gran esfuerzo teórico y experimental que tienen que llevar a cabo; por la dificultad de la tarea, tienden a trabajar en equipo; la redacción de la memoria final desarrolla su capacidad de análisis y síntesis y aprueban más fácilmente las asignaturas correspondientes.

Descriptorios

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior
Física
Medios de enseñanza, Trabajos prácticos

Eficacia didáctica de una metodología en el diseño de unidades didácticas de Física con ordenador.

autores: M.^a Carmen PÉREZ DE LANDAZÁBAL EXPÓSITO (directora), Joaquín GARCÍA-GALLO PEÑUELA y José M.^a MORENO REBOLLO.

procedencia: Universidad Autónoma de Madrid.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1987.

duración: 1987-91.

Planteamiento y objetivos

El objetivo principal de esta investigación consiste en diseñar y evaluar una metodología encaminada a la obtención de cambios conceptuales, que utiliza como medio didáctico el ordenador personal. Ello supone:

1. Diseñar unidades didácticas de física que incluyen la contrastación experimental mediante el ordenador en tiempo real.
2. Conocer los errores conceptuales más frecuentes en el alumno.
3. Evaluar la eficacia didáctica de las unidades diseñadas.
4. Estudiar la eficacia de la metodología en función del tipo de alumno.

Metodología

Se han preparado cuatro lecciones monoconceptuales relativas al tema "Calor y temperatura". El ordenador se utiliza como herramienta de laboratorio integrado en un sistema multimedia de instrucción que incluye, de manera globalizada, la experimentación, la teoría, las aplicaciones y la evaluación. Se trata de promover el cambio conceptual del alumno a partir de la contrastación de sus ideas previas con la experiencia.

Las unidades se han experimentado durante dos cursos académicos con alumnos de 2º de BUP y COU. Para medir el cambio conceptual se emplea un diseño pretest-postest, con grupos experimental y de control. Además, se ha realizado un estudio comparativo con alumnos de 2º de BUP que estudian el tema desde un enfoque constructivista y con alumnos de COU que realizan experiencias tradicionales de laboratorio.

Resultados

Se ha observado una mejora en más del 50% de los alumnos del grupo experimental en la asimilación de las variables que influyen en los procesos de intercambio de energía en forma de calor y entre un 40-50% en la comprensión de los conceptos de calor y temperatura, carácter intensivo de la temperatura y equilibrio térmico.

No se encuentran diferencias significativas en los cambios conceptuales producidos entre los alumnos del grupo control y los del grupo experimental.

La metodología experimentada parece ser más eficaz para los alumnos que se encuentran en una etapa de razonamiento formal, con buen rendimiento académico e interesados por la física; sin embargo, la metodología constructivista, basada en el trabajo en grupos, parece más adecuada para los alumnos en una etapa de razonamiento concreta o en transición, con peor rendimiento académico y poco interesados por la materia.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Física

Uso didáctico del ordenador, Medios de enseñanza

Organización del conocimiento y resolución de problemas en Física.

autor: Francisco LÓPEZ RUPÉREZ.

procedencia: Universidad Autónoma de Madrid.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1987.

duración: 1987-89.

Publicado por CIDE (MEC), Colección "Investigación", nº 66. Madrid, 1991.

Planteamiento y objetivos

Este trabajo agrupa tres investigaciones complementarias. La primera trata de explorar la influencia del empleo de mapas conceptuales y de la dependencia-independencia de campo (como factor de diferencias individuales en cuanto a estilo cognitivo) en la efectividad en la resolución de problemas de física.

Ante los resultados negativos obtenidos respecto a los mapas conceptuales, en la segunda investigación se intenta evaluar el valor del mapa conceptual como instrumento didáctico. En este mismo estudio se trata de probar que el trabajo personal del alumno como etapa previa a la realización de un examen se traduce en un enriquecimiento de su estructura cognitiva (asociativa).

Por último, se realiza un tercer estudio más cualitativo donde se profundiza en las características de los mecanismos de resolución de problemas, se analizan los procesos de razonamiento, se atisba la influencia de la representación del conocimiento en la efectividad en la resolución y se identifican algunas de las características de una representación efectiva. Finalmente, se exploran relaciones entre el conocimiento declarativo y el procedimental en la resolución de problemas.

Metodología

Dado el amplio carácter del planteamiento, se han utilizado varias metodologías de investigación: los dos primeros estudios adoptan una metodología experimental, mientras que en el tercero se opta por una metodología más flexible y más cualitativa.

La muestra ha sido diferente en cada uno de los estudios:

- 1.º) 85 sujetos de COU de Ciencias del Instituto Cardenal Herrera Oria (Madrid).
- 2.º) 18 Alumnos de COU de Ciencias del Instituto Español de París, clasificados según el rendimiento en física a lo largo del primer trimestre.
- 3.º) 8 Alumnos de diferentes grupos de COU del Instituto Cardenal Herrera Oria.

En el primero de los estudios, los instrumentos de medida empleados han sido una colección de seis problemas de física de COU y el test colectivo GEFT de Witkin. Se ha investigado la relación entre el tratamiento (variable independiente) y la efectividad en la resolución de problemas (variable dependiente), controlando la dependencia-independencia de campo. Análogamente se ha investigado la relación entre dependencia-independencia de campo y la efectividad en la resolución de problemas para los distintos tratamientos. Para el análisis se han utilizado, según los casos, dos técnicas diferentes, el análisis de covarianza y la tabulación cruzada o de contingencia.

En el segundo estudio se han empleado tres tests de asociación de palabras correspondientes a los temas estudiados. Como técnicas de análisis se ha utilizado la "t" de Student para la comparación de medias referidas a pequeñas muestras.

En el tercer estudio se ha empleado el análisis de protocolos verbales obtenidos mediante la técnica "thinking aloud" y los mapas conceptuales elaborados por los alumnos al hilo de la resolución de un problema dado.

Resultados

Los diferentes análisis empíricos contenidos en el primer estudio ofrecen estos resultados:

- El estilo cognitivo dependencia-independencia de campo influye significativamente en la resolución de problemas de física, aunque en diferente grado según el tipo de problemas, siendo mayor su influencia en los llamados problemas generales que en los estándar.
- La construcción de los mapas conceptuales no influye significativamente en la efectividad en la resolución de problemas de física de carácter cuantitativo.

Del segundo trabajo se deriva que no puede justificarse que la elaboración de mapas conceptuales haya modificado suficientemente la estructura conceptual (asociativa) de los estudiantes.

En el tercer estudio, del análisis de protocolos se pueden extraer algunas conclusiones acerca de las características de una organización eficaz: a) la representación se construye a lo largo del proceso de resolución; b) la coherencia de la representación y su eficacia aumentan en el sentido en que aumenta su especificidad. Se considera la especificidad un atributo de la representación que hace posible el ajuste de la organización cognitiva del sujeto a un enunciado o situación problemática dada; c) la representación es fluida en los mapas conceptuales en los que puede verse cómo se ha producido una reorganización cognitiva acompañada de una acomodación a las exigencias del problema.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Física

Proceso de aprendizaje, Solución de problemas

Resolución de problemas en Química. Dificultades en su enseñanza y aprendizaje.

autores: José M.^a SÁNCHEZ JIMÉNEZ y Ana M.^a OÑORBE DE LA TORRE.

procedencia: Universidad de Alcalá de Henares.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1987.

duración: 1987-91.

Planteamiento y objetivos

Los objetivos de la investigación son:

- 1) Contrastar las opiniones de profesores y alumnos sobre las dificultades que aparecen al solucionar problemas de química.
- 2) Analizar algunas de las dificultades que surgen al resolver problemas.
- 3) Estudiar cuáles son los tipos de enunciados que escogen los alumnos cuando se les da posibilidad de elegir entre diferentes tipos de problemas en los exámenes.
- 4) Analizar las ideas de los estudiantes sobre los conceptos de masa y su conservación.
- 5) Plantear algunas posibles vías de trabajo para la enseñanza y el aprendizaje de la resolución de problemas.

Metodología

Se han preparado y contrastado encuestas para profesores y estudiantes con el fin de conocer sus opiniones sobre los obstáculos que surgen en la resolución de problemas. De estas opiniones, se han analizado las relativas a la comprensión del problema y a la utilización de conocimientos.

El estudio de la comprensión de enunciados se ha realizado analizando ejercicios y mediante entrevistas personales y discusio-

nes en grupo. El análisis de la dificultad debida a los conocimientos se ha realizado con ejercicios relativos al concepto de masa y al de su conservación.

Resultados

Tanto para los profesores como para los alumnos, el desconocimiento de los procesos o estrategias de resolución de problemas es una de las causas del fracaso en ello. Sin embargo, mientras que los alumnos opinan que la principal dificultad que se encuentran a la hora de resolver problemas se refiere a la comprensión, para los profesores el principal obstáculo de los alumnos al resolver problemas es la falta de conocimientos y de trabajo personal.

Los estudiantes prefieren resolver en los exámenes los problemas que tienen una redacción similar a otros hechos con anterioridad. Factores de rechazo en un problema son: su estructura no convencional, una gran extensión en el enunciado y el tipo de lenguaje utilizado.

Aunque un alto porcentaje de estudiantes definen correctamente el concepto de masa y enuncian la ley de su conservación, el porcentaje de alumnos que pueden resolver problemas sobre el tema es prácticamente nulo. Los errores que se cometen al resolver los problemas no son coherentes, sino que varían con la cuestión planteada.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Química
Solución de problemas

Ciencias recreativas.

autores: Luis C. CACHAFEIRO CHAMOSA (director), Carlos del VALLE SUÁREZ, Miguel Á. IZAGUIRRE CAHUE y Francisco J. PAREDES RIVADULLA.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1988, modalidad Innovación Educativa (segundo premio).

Planteamiento y objetivos

Este trabajo corresponde a una memoria de las actividades desarrolladas por el grupo de Ciencia Recreativa del I.B. María Soliño, de Cangas de Morrazo (Pontevedra), sobre la percepción, durante los cursos 1986-87 y 1987-88.

Entre los objetivos del grupo se señalan:

- Motivar a los alumnos de cara a la ciencia aprovechando sus aspectos más atrayentes (de fascinación y aventura, de crítica de lo establecido, de desafío a la inteligencia, etc.).
- Posibilitar el desarrollo de la creatividad de los alumnos.
- Resaltar el valor del trabajo en grupo.
- Abordar temas interesantes no presentes en el currículo escolar.

Las actividades del grupo de Ciencia Recreativa surgen con la pretensión de dar un nuevo enfoque al aprendizaje en ciencias, ante el desinterés con que los alumnos estudian las asignaturas que tienen que ver con el conocimiento científico, debido posiblemente, entre otras causas, al enfoque con que habitualmente se presentan en el Bachillerato.

En la elección de la percepción como tema de trabajo se tuvo en cuenta: la sencillez del experimento y la espectacularidad de su resultado, la subjetividad de nuestras percepciones frente a una arraigada creencia sobre la objetividad del mundo como lo sentimos y la creciente importancia del estudio del cerebro.

Se pretende imitar de alguna forma el trabajo del científico. Así, los alumnos eligen el tema de su interés y recopilan teorías y experimentos (bibliotecas, catálogos de Museos de la Ciencia de Europa y América, etc.), estudian qué experiencias se pueden llevar a cabo, las ejecutan y depuran al máximo, investigan sus consecuencias y procuran divulgarlas.

Contenidos

El desarrollo de la actividad del primer año concluyó con el montaje de una exposición, primero en el centro y luego fuera del mismo. Durante el segundo año se mejoró y amplió, aumentando las asignaturas implicadas (física y química y matemáticas –precursoras en el grupo–, filosofía, dibujo, inglés y biología), la temática de trabajo y las experiencias presentadas, mejorándose su presentación.

Se realizaron y montaron un total de 29 experiencias sobre percepción y una serie de ilusiones ópticas, todas ellas mostradas en el trabajo de fotografías y algunos textos explicativos.

Los objetivos planteados se consideran alcanzados en gran medida, señalándose las siguientes conclusiones:

- Se logra, en parte, un nuevo enfoque del acercamiento a la ciencia (importante reto educativo y social).
- Se demuestra que existen experimentos científicos que no exigen grandes medios.
- Se profundiza en el problema de la mente a través del sugestivo tema de la percepción.
- Se consigue mostrar la subjetividad de nuestras percepciones, lo que es relativamente fácil de probar y difícil de admitir (importante causa de la incomunicación humana).
- Se consigue aproximar la sociedad y el entorno educativo.

Se presenta, además, una temporalización de las actividades y diversos aspectos sobre el montaje de la experiencia. Asimismo, se señala el uso del material en las asignaturas de física y química (electricidad y electrónica, sonido, óptica,...), matemáticas (geometría euclídea y no euclídea, funciones trigonométricas,...), filosofía, dibujo y diseño, inglés, ciencias naturales e informática.

Aparece, por último, una reseña de la problemática surgida y de algunos aspectos a tener en cuenta, así como una bibliografía sobre el tema.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Ciencias, Física, Química

Actividades fuera de programa, Trabajos prácticos

El agua y sus propiedades: análisis del proceso de emisión, verificación y modificación de hipótesis en niños de 10-11 años.

autores: Angelina MARTÍN MUÑOZ y Ángel RODRÍGUEZ CARDEÑA.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1988, modalidad Investigación Educativa (primer premio).

Publicado por CIDE (MEC), Colección "Investigación", nº 37. Madrid, 1989.

Planteamiento y objetivos

Se pretende averiguar las posibilidades reales de los alumnos de quinto de EGB (10-11 años) en lo referente al proceso de emisión, verificación y modificación de hipótesis, dentro del contexto real de una clase, con la organización, métodos de trabajo y contenidos habituales de la misma.

También se trata de encontrar conclusiones metodológicas que puedan derivarse de la observación, que supongan una mejora de la calidad de la enseñanza.

Metodología

Se realiza una experiencia con 30 alumnos de quinto de EGB pertenecientes a un colegio de Ávila, con una duración de cuatro meses, consistente en el desarrollo de siete unidades sobre el tema del agua en sesiones semanales o quincenales de dos a cuatro horas. Cada unidad se desarrolla en una o dos sesiones lo más próximas posible.

Se trabaja en grupos de tres alumnos, formados libremente por ellos. Se elabora una guía sobre los pasos que se deben dar en cada unidad y lo que deben anotar los alumnos en sus cuadernos de trabajo, que al final son recogidos y evaluados por los profesores. Los contenidos desarrollados fueron:

- Cómo se mezclan los líquidos entre sí
- Aproximación al concepto de densidad
- El agua y los líquidos son incompresibles
- Los líquidos ejercen fuerzas (presiones) en todas direcciones
- Los líquidos ejercen un empuje hacia arriba
- Los líquidos transmiten las presiones en todas las direcciones
- La prensa hidráulica

A partir de esta experiencia, se efectúa el estudio mencionado.

Resultados

Los niños de estas edades solamente emiten hipótesis previas cuando están familiarizados con el fenómeno o cuestión planteada. Cuando los chicos se enfrentan a fenómenos relativamente conocidos, generalmente modifican muy poco sus hipótesis iniciales después de escuchar las de sus compañeros. Realizan el control de variables que ellos han considerado como pertinentes, no incorporando ninguna variable escuchada a los compañeros y que no ha sido hecha suya. El trabajo experimental siempre lo han realizado como lo han diseñado. No han tenido ninguna dificultad en modificar las hipótesis iniciales cuando éstas no concordaban con los resultados de la experimentación.

Obtienen dos tipos de conclusiones, unas descriptivas, donde solamente relatan los resultados de la experiencia, y otras explicativas, que intentan dar una explicación del por qué ocurren los fenómenos que han estudiado.

Descriptores

Enseñanza Primaria
Ciencias de la Naturaleza, Química
Proceso de aprendizaje, Psicología cognitiva, Conocimiento

Los aditivos, ¿sabes lo que comes?

autor: Manuel L. CASALDERREY GARCÍA.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1988 (mención honorífica).

Planteamiento y objetivos

El objetivo principal de este trabajo es la realización, por parte del investigador y de un grupo de alumnos de 2º de BUP, de un análisis sobre los aditivos más utilizados en alimentación. Con ello, además de aumentar el conocimiento sobre distintos aspectos relacionados con los aditivos, se pretende:

- Incrementar la motivación hacia el estudio de las ciencias, acercando la enseñanza a la realidad del alumno.
- Tratar de encontrar caminos que permitan la integración de la ciencia con la tecnología en el aula, profundizando en el estudio de las aplicaciones de los productos químicos.
- Poner en práctica los procedimientos de comunicación de resultados (tablas y gráficas) y realizar un acercamiento al tratamiento de datos.
- Fomentar el trabajo en equipo.
- Preparar a los alumnos para que sean consumidores críticos y ciudadanos responsables con mejor preparación y mayor información.

En principio la idea surgió a partir del conocimiento de una lista "pirata" de aditivos peligrosos e inofensivos que creó cierta alarma al considerar "cancerígenos" o "sospechosos" algunos de los aditivos más utilizados en alimentación.

Metodología

En la experiencia participan 61 alumnos voluntarios. La recogida de información se realiza a través de fichas individuales para

cada alimento, en las que figuran una etiqueta del mismo y una clara reseña de los aditivos que contiene. La muestra abarca, así, un total de 436 etiquetas válidas (de las 828 aportadas), repartidas entre los siguientes siete grupos de productos alimenticios: 1. Pastelería-Panadería (galletas, caramelos...); 2. Embutidos-Carnes (salchichas, chorizo...); 3. Vegetales (aceitunas, mermeladas...); 4. Pescados-Mariscos (caviar, sardinas...); 5. Lácteos (queso, mantequilla...); 6. Bebidas (cerveza, zumo...); 7. Otros Productos.

Para conocer el grado de información general que sobre los aditivos se tiene, se realizaron dos encuestas orales, una en el I.B. Sánchez Cantón de Pontevedra (donde se desarrolla la experiencia) y otra en las calles de esta ciudad. El número total de encuestados ha sido de 1.360, de los que 668 (49%) eran alumnos del Instituto y 692 (51%) correspondían a encuestas realizadas en la calle. La pregunta formulada es “¿Sabes lo que es el E-330?”; si la respuesta es afirmativa se pregunta “¿Qué es?”.

Resultados

Una comprobación sobre la verdadera naturaleza del aditivo E-330, considerado en la lista “pirata” como “el más peligroso-cancerígeno...”, demuestra que en realidad se trata del ácido cítrico, presente en naranjas y limones, y es, posiblemente, el aditivo más utilizado en alimentación (está presente en 137 de las 436 etiquetas de la muestra, a mucha distancia de los que le siguen, el E-64 y el E-60).

Del análisis de la legislación vigente se deduce que los aditivos están divididos en un total de 12 grupos, siendo su distribución en la totalidad de la muestra válida la siguiente: 1. Colorantes, 20%; 2. Conservantes, 16%; 3. Antioxidantes, 21%; 4. Estabilizantes, 21%; 5. Potenciadores del sabor, 3%; 6. Edulcorantes artificiales, 1%; 7. Antiapelmazantes, 1%; 8. Reguladores del pH, 9%; 9. Antiespumantes, 0%; 10. Endurecedores, 1%; 11. Gasificantes, 6%; 12. Humectantes, 1%.

En cuanto a los resultados de las encuestas, se indica que un 87% de los encuestados del Instituto y un 93% de la gente de la calle no sabe lo que es el E-330, señalándolo como cancerígeno o peligroso un 5% y un 2% respectivamente (posible incidencia de la lista “pirata”).

Con el material y los resultados obtenidos se realizó una exposición sobre el tema, mostrándose en el trabajo algunas fotografías sobre la misma. Aparece, además, un análisis de cada grupo de aditivos y de su incidencia en cada grupo de alimentos. También se señala la bibliografía consultada y se muestran las fichas utilizadas en la toma de datos.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Química, Biología, Nutrición

Actividades fuera de programa, Trabajos prácticos

Alternativas en la introducción de conceptos de Óptica en BUP y COU.

autores: Tomás ESCUDERO ESCORZA (director), Justiniano CASAS PELÁEZ (codirector y asesor científico) y M.^a Lucía PUEY BERNÚES (autora y colaboradora principal).

procedencia: Universidad de Zaragoza.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1989.

duración: 1989-92.

Planteamiento y objetivos

Se trata de una investigación sobre didáctica de la óptica en niveles medios (BUP y COU). El trabajo se plantea dentro del dominio de la óptica por los siguientes motivos:

- La óptica está relacionada con uno de nuestros sentidos.
- Existe una importante interrelación entre la óptica y otras partes de la física (ondas, electromagnetismo, física cuántica, etc.).
- La investigación didáctica, copiosa en otras áreas de la física, es más escasa en el campo de la óptica.

El objetivo básico de la investigación es estudiar los efectos experimentales sobre el aprendizaje de tratamientos basados en la consideración de las ideas previas y/o la resolución de cuestiones cualitativas apropiadas, así como la utilización de unidades didácticas sobre óptica geométrica y física intentando lograr un aprendizaje lo más significativo posible en el sentido ausubeliano del término.

Metodología

El procedimiento empleado para la detección y el estudio de las ideas previas de los alumnos fue la resolución de cuestionarios por escrito. Previamente, para validar tales cuestionarios, se entrevistaron en pequeños grupos a alumnos que estudiaban el mismo curso, pero que pertenecían a grupos que no intervenían en la experiencia.

Además de los tests de ideas previas se elaboraron otros materiales diversos como: unidades didácticas de óptica geométrica y óptica física, cuestiones cualitativas, prácticas de laboratorio y tests de actitudes, con objeto de concretar y diferenciar los distintos tratamientos y valorar su impacto.

La variable dependiente fue el rendimiento de los alumnos en óptica. Las variables independientes fueron la utilización —o no— de las ideas previas de los alumnos, las cuestiones de tipo cualitativo y los cuadernillos de tratamientos, los cuales se aplicaron a 537 alumnos durante los cursos 89-90 y 91-92.

Se han analizado los datos mediante los programas STATVIEW™ y SYSTAT.

Resultados

Los tratamientos basados exclusivamente en la consideración de las ideas previas estimulan a todos los alumnos y, especialmente, a los que tienen un rendimiento previo bajo.

Los tratamientos basados exclusivamente en la utilización de cuestiones sólo favorecen a los alumnos de rendimiento previo alto.

Los tratamientos basados en ideas previas, cuestiones cualitativas y unidades didácticas acentúan extraordinariamente el efecto experimental. Cada uno de estos aspectos, por sí solo, produce buenos resultados, pero más modestos; es la combinación de todos ellos lo que representa un refuerzo considerable en el aprendizaje frente a los tratamientos que se apoyan en uno sólo.

Además, tanto más positivas son las actitudes de los alumnos cuanto más completo es el tratamiento recibido.

Las implicaciones didácticas del trabajo pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- a) En las explicaciones se debe insistir en la comprensión de conceptos, aunque sin eludir una parte (imprescindible) del aparato matemático.
- b) El concepto de imagen no es nada trivial. Para que los alumnos lo manejen adecuadamente se deben realizar muchos ejercicios.
- c) *La comprensión del mecanismo de visión está en el origen de muchas de las dificultades que tienen los alumnos en la interpretación de los fenómenos estudiados por la óptica geométrica.*
- d) Los diagramas realizados, exclusivamente, con los rayos que pasan por los focos o por el centro de la lente inducen a que los alumnos adquieran ideas erróneas. Es preciso insistir constantemente en la existencia de los otros rayos.
- e) Los alumnos resuelven más a gusto los problemas y cuestiones de dificultad media, ya que si son muy sencillos no logran interesarles y si son muy difíciles los abandonan.

Descriptor

Enseñanza Secundaria

Física, Óptica

Proceso de aprendizaje, Medios de enseñanza

Iniciación a la Física en el marco de la teoría constructivista.

autores: Paloma VARELA NIETO (directora), Ana FAVIERES MARTÍNEZ, M.^a Jesús MANRIQUE DEL CAMPO y M.^a Carmen PÉREZ DE LANDAZÁBAL EXPÓSITO.

procedencia: Universidad Autónoma de Madrid.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1989.

duración: 1989-92.

Planteamiento y objetivos

Esta investigación plantea la enseñanza de la física desde los grandes principios de las teorías constructivistas del aprendizaje: atender a las ideas que tienen los alumnos sobre las leyes que rigen el mundo —que por lo general no concuerdan con el punto de vista científico— y proponer una serie de actividades encaminadas a que tales ideas se modifiquen, esto es, propiciar el cambio conceptual. Los objetivos de la investigación son:

- a) Estudiar los esquemas alternativos de los sujetos acerca de los siguientes campos: Introducción a la energía, Energía eléctrica y Energía térmica.
- b) Elaborar unidades didácticas para la ESO utilizando el concepto de energía como idea globalizadora.
- c) Experimentar los materiales diseñados en las condiciones reales del aula.
- d) Evaluar:
 - la validez del currículo propuesto, tanto en su lógica interna como en su adecuación a los alumnos, así como la eficacia del proceso;
 - el cambio conceptual experimentado por los alumnos y su persistencia a lo largo del tiempo;

- el avance que experimenta cada uno de los alumnos a lo largo del proceso;
- el grado de aceptación de los materiales y el posible cambio de actitud de los alumnos hacia el estudio de la ciencia.

Metodología

La investigación se realiza dentro del marco teórico de la investigación-acción, que se caracteriza por una práctica social reflexiva, donde no se distingue entre la práctica que se investiga y el proceso de investigación de esa práctica.

Se han utilizado diversas técnicas de análisis como pre y post-tests, revisión de los cuadernos de clase, grabaciones en audio y vídeo.

Resultados

Se ha observado una mejora conceptual en más de la mitad de los alumnos en ideas como conservación de la intensidad de corriente en circuitos en las variables que influyen en los procesos de calentamiento.

Respecto a aquellos conceptos sobre los que un porcentaje apreciable de alumnos ya tenían ideas aceptables al comienzo del estudio, se ha observado que al finalizar el proceso son más de dos tercios los que tienen una visión más próxima a la defendida por la ciencia. Esto ha ocurrido con la aplicación del principio de conservación de la energía a cualquier transformación, con el carácter intensivo de la temperatura y con su constancia en los cambios de estado.

También se ha observado que el cambio actitudinal ha sido muy favorable. En una gran mayoría, los alumnos se encuentran satisfechos con la metodología de trabajo en el aula y reconocen las relaciones de lo aprendido con el mundo cotidiano. Las opiniones más críticas con la metodología no superan en ningún caso el 20%.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Física

Proceso de aprendizaje, Método de enseñanza, Medios de enseñanza

La resolución de problemas de Física y Química como investigación en la Enseñanza Media: el afianzamiento de un nuevo modelo como instrumento de cambio metodológico.

autores: Juan L. RAMÍREZ CASTRO, Daniel GIL PÉREZ y Joaquín MARTÍNEZ TORREGROSA.

procedencia: CEP de Monzón, Huesca.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1989.

duración: 1989-91.

Esta investigación ha servido de base para la realización de la tesis doctoral de Juan L. Ramírez Castro, que ha recibido el segundo premio en la convocatoria de Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1991, modalidad Tesis Doctorales.

Planteamiento y objetivos

Esta investigación pretende validar el modelo de enseñanza de la resolución de problemas como actividad de investigación, que surge para intentar solventar el fracaso generalizado en la resolución de problemas de lápiz y papel en física y química.

Hasta el momento, este modelo se había desarrollado en el tema de mecánica, obteniéndose resultados satisfactorios tanto en lo que se refiere al cambio metodológico que experimentan los estudiantes como a la mejora de resultados en la resolución de problemas.

Dados estos resultados, se ha visto conveniente ampliar su ámbito de validez, profundizando en su fundamentación teórica y aplicándolo a otros campos de la física y la química. Para ello, se intenta replicar los resultados y contrastarlos con nuevos instrumentos de validación, profundizar en su definición, aplicarlo a otros temas y, además, comprobar hasta qué punto puede ser asu-

mido por el profesorado y convertirse realmente en una herramienta eficaz para la enseñanza de la resolución de problemas en física y química en Enseñanza Media.

Metodología

Se han elaborado materiales con objeto de aplicar el modelo tanto por profesores participantes en el diseño de la investigación como por otros ajenos a ella.

Dichos materiales han sido aplicados a una muestra de 300 alumnos de diferentes cursos desde 2º de BUP hasta COU, de cuatro cursos académicos -1984-88- y 44 profesores asistentes a tres cursos de formación permanente.

En la recogida de datos se combinan los métodos cualitativos y cuantitativos. Así, la observación del comportamiento, entrevistas, grabaciones, análisis de materiales elaborados, etc., de alumnos y profesores, se han conjugado con cuestionarios o exámenes.

Se investigan las diferentes etapas de resolución de los problemas, los tiempos de aparición de fórmulas en el proceso de resolución y los tiempos totales de resolución. Se comparan grupos experimentales y de control.

Se investiga, también, acerca de la valoración que hacen del método alumnos y profesores.

Resultados

El modelo de resolución de problemas como actividad de investigación resulta ser una alternativa a la forma lineal y no problemática en la que se presentan habitualmente los problemas en los libros de texto y por los profesores como si fueran simples ejercicios de aplicación. Se ha ampliado el modelo, tanto en su concepción como en su aplicación a los diversos campos de la física y la química.

La actividad propiciada por el uso del modelo en el aula se encuentra muy alejada del simple operativismo y los tratamientos lineales, potenciando fuertemente los tiempos de reflexión cualitativa y valorando las fases de incertidumbre.

Los alumnos muestran un verdadero cambio metodológico: actitud más crítica, clara superación del activismo habitual, notable familiarización con los aspectos esenciales del trabajo científico y valoración positiva del modelo. En definitiva, abordan los problemas de una forma más acorde con las características de una buena resolución (como expertos).

Se percibe un cambio actitudinal en los profesores, que les lleva a producir cambios metodológicos parciales con respecto a la resolución de problemas. Los profesores valoran positivamente el modelo, que constituye una herramienta fundamental para la renovación de la enseñanza de la física y la química y favorece el aprendizaje significativo de los alumnos.

Descriptor

Enseñanza Secundaria

Química, Física

Solución de problemas, Medios de enseñanza

Introducción de las técnicas de adquisición de datos y control de procesos por ordenador en el laboratorio de Ciencias Experimentales.

autores: José FLORES GÓMEZ (director), Jorge SANZ ALCOLEA, Antonio ADÁN OLIVER y Carlos VILLARRUBIA JIMÉNEZ (colaboradores).

procedencia: Universidad de Castilla-La Mancha.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1991 en curso.

Planteamiento y objetivos

Los objetivos que se pretenden en esta investigación son:

- 1) Diseño, construcción y puesta a punto de un conjunto de experiencias prototipo, con carácter innovador, en las que se prueben las posibilidades didácticas de las técnicas de adquisición de datos y control de experiencias por ordenador.
- 2) Realización de experiencias en laboratorio con diversos profesores y grupos de alumnos.
- 3) Estudio de las ventajas e inconvenientes que presentan estas técnicas para la función docente.

Metodología

Para la creación de las experiencias prototipo se parte de una tarjeta de adquisición de datos comercial, de gran difusión y muy asequible.

Los aspectos positivos y los inconvenientes de los prototipos desarrollados se analizan mediante cuestionarios e intercambio de opiniones.

Resultados

Este proyecto se va a desarrollar en dos años, más uno para preparar el informe. En este momento el equipo se encuentra al comienzo del segundo año y ya se han construido los prototipos necesarios, cubriéndose uno de los objetivos prioritarios, que era el desarrollo de tecnología educativa original dentro de este campo.

Se han construido los siguientes sistemas:

- un sistema de seguimiento de móviles por ultrasonidos para experiencias de mecánica;
- un sistema automático de estudio de propiedades de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en coordenadas cartesianas;
- un sistema automático de análisis de propiedades ondulatorias.

Las experiencias que se describen han de acompañarse de manuales adecuados para poder ser utilizadas por grupos de profesores y alumnos.

Descriptores

Enseñanza Superior

Ciencias de la Naturaleza, Física

Uso didáctico del ordenador, Trabajos prácticos

Investigación sobre la introducción de la Electrónica-Microelectrónica en los currículos de las áreas de Ciencias de la Naturaleza y de Tecnología de la Educación Secundaria Obligatoria.

autores: Luis ROSADO BARBERO (director) y Antonio RUIZ (colaborador).

procedencia: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1990-92.

Planteamiento y objetivos

Este trabajo trata de poner de manifiesto la problemática de la didáctica de la electrónica-microelectrónica en sus diversas manifestaciones (programas, alumnado, profesorado y materiales curriculares). Y partiendo de este análisis, proponer una vía para la enseñanza y el aprendizaje de la electrónica-microelectrónica en la ESO.

Metodología

A través de cuestionarios mixtos de preguntas, de respuesta abierta y de elección múltiple, se han recogido las opiniones del profesorado sobre la enseñanza y el aprendizaje de la electrónica-microelectrónica y sobre las actitudes del alumnado. Se recogen 107 cuestionarios respondidos por los profesores y 1265 cuestionarios de alumnos de EGB y BUP.

Los datos se han analizado mediante pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis, Friedman, χ^2 de Pearson, etc..)

En una fase posterior, se realiza el diseño de módulos piloto, constituidos por programas guía y materiales electrónicos sencili-

llos. Dichos módulos, activos y adecuados al nivel de desarrollo del alumnado, están constituidos por programas guía de actividades y una guía para el profesor. Tales módulos, diferenciados para los ciclos de la ESO, son:

Primer ciclo:

Alarmas. Iniciación a la electrónica analógica.

Puertas lógicas. Introducción a la electrónica digital.

Segundo ciclo:

Electrónica elemental con dispositivos semiconductores.

Módulo experimental sobre semiconductores.

Módulo experimental sobre el diodo.

Módulo experimental acerca del transistor.

Resultados

Las opiniones del profesorado sobre la enseñanza de la electrónica-microelectrónica coinciden en que estas materias “no se imparten” o están relegadas a un “segundo plano”. Como causas, señalan la escasa formación científica del profesorado en esta disciplina y la sobrecarga horaria de los programas. Para introducir estas materias se considera que la edad idónea es 14-16 años. Las dificultades de introducción para el alumnado no difieren de las que ofrecen otras partes de la física.

La motivación del alumnado hacia la electrónica-microelectrónica tiene que ver con su interés por cuestiones de tipo cotidiano y de actualidad. Su gusto por actividades de tipo práctico se inclina hacia lo espectacular y novedoso.

La variable sexo parece propiciar las diferencias cualitativas en los intereses: los chicos se inclinan más por temas próximos a la electrónica-microelectrónica, mientras que las chicas se inclinan más hacia las ciencias naturales. En la mayor parte de los casos, el interés de los alumnos parece decrecer a medida que avanza la escolaridad.

Aunque el alumnado piensa que los programas poseen cierta utilidad práctica, mantienen recelos sobre su aplicación al mundo laboral.

Los ensayos con los módulos piloto han puesto de manifiesto que:

- respecto a la electricidad: los alumnos no poseen un modelo adecuado de corriente eléctrica, ni de los conceptos de intensidad, voltaje, resistencia o sus relaciones; su idea sobre los circuitos es la de “fuente-consumidor”;
- respecto a la electrónica: tienen un nivel muy bajo de conocimientos, la relacionan con los electrodomésticos y no con aparatos de uso cotidiano como calculadoras, radio-transistores, ordenadores, etc..

Los módulos de aprendizaje diseñados producen el cambio conceptual en el alumnado en un grado aceptable y estadísticamente significativo.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Física, Electrónica

Formación de profesores, Actitud del alumno, Medios de enseñanza

La comprensión de la Química durante la adolescencia (12-16 años).

autores: Juan I. POZO MUNICIO (director), Miguel Á. GÓMEZ CRESPO, M.^a Puy PÉREZ ECHEVERRÍA y Ángeles SANZ SERRANO.

procedencia: Universidad Autónoma de Madrid.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1990-92.

Publicado por CIDE (MEC), Colección "Investigación", nº 65. Madrid, 1991.

Planteamiento y objetivos

Esta investigación continúa el trabajo iniciado en una anterior, en la que se habían analizado las líneas más importantes de investigación sobre la comprensión de la ciencia por los alumnos adolescentes. Algunas conclusiones de la primera sirven de base para esta segunda.

- a) Existen dos líneas de investigación dentro del enfoque constructivista de la enseñanza de las ciencias: los trabajos piagetianos, basados en los estudios sobre el desarrollo del pensamiento formal en los adolescentes, y el enfoque de las «concepciones alternativas» de los alumnos acerca de los fenómenos científicos, que es el que se ha impuesto en los últimos años.
- b) El enfoque piagetiano adolece de generalismo (relaciona la comprensión científica con estructuras cognitivas generales), mientras que el de las concepciones alternativas ofrece una visión fragmentada de la comprensión de la ciencia (se estudian las ideas sobre el mundo físico, biológico, químico, etc., y, dentro de estas áreas, sobre multitud de conceptos, sin esta-

- blecer mucha relación entre sí); ello dificulta la posibilidad de extraer criterios útiles para la secuenciación y organización de los contenidos dentro del currículo.
- c) Ninguno de los dos planteamientos se ajusta adecuadamente a los datos actuales sobre la comprensión de la ciencia. En el área de química se han identificado tres nociones o estructuras conceptuales generales, cuya incomprensión explicaría la mayor parte de los errores conceptuales cometidos por los alumnos: comprensión de la materia como algo discontinuo, conservación de propiedades no observables de la materia y cuantificación de relaciones mediante cálculos proporcionales. Estas nociones estarían emparentadas, por un lado, con los esquemas operatorios formales de Inhelder y Piaget y, por otro, con las concepciones específicas de los alumnos sobre la química.

El objetivo de la presente investigación es analizar empíricamente la relación entre las ideas de los alumnos en las áreas más relevantes de la química para la futura ESO.

Metodología

Se han diseñado tres cuestionarios sobre comprensión de conceptos químicos, de aplicación colectiva, basados respectivamente en cada uno de los tres núcleos conceptuales antes señalados y que incluyen los contenidos más relevantes para la enseñanza de la química.

Cada uno de los tres cuestionarios (naturaleza de la materia, conservación y razonamiento proporcional) ha sido aplicado por separado a varias muestras de alumnos adolescentes, 12-16 años. También han sido aplicados a grupos de más edad con diverso grado de especialización en química (alumnos de COU de Letras y Ciencias y licenciados universitarios en química y psicología), con el fin de comprobar los efectos diferenciales de la instrucción y el desarrollo cognitivo, de acuerdo con la metodología empleada en los estudios sobre expertos y novatos.

Estos estudios experimentales han tenido en cuenta además algunas variables relevantes en las tareas químicas (conceptos

implicados, formato de presentación, contenido de la tarea, relaciones cuantitativas, etc.).

Resultados

El análisis cualitativo –sobre la base de los análisis estadísticos pertinentes (análisis de varianza, análisis factorial, etc.)– ha permitido profundizar en algunas de las dificultades conceptuales de los alumnos en la comprensión de cada uno de los núcleos esenciales de la química.

A partir de estos análisis se está realizando, como segunda parte de la investigación, una aplicación conjunta de los tres cuestionarios a alumnos de 7° de EGB, 1° y 3° de BUP (Letras y Ciencias). Este segundo estudio tiene el propósito de analizar la relación entre las puntuaciones obtenidas en cada uno de los cuestionarios, lo cual permitirá obtener conclusiones con respecto a la consistencia de los tres núcleos. En segundo lugar, se están analizando los efectos de posibles variables independientes de los alumnos (sexo, estilos cognitivos, estilos motivacionales) que podrían dar lugar a diferencias en la comprensión de la química.

Descriptor

Enseñanza Secundaria

Química

Proceso de aprendizaje, Psicología cognitiva, Desarrollo cognitivo

La construcción de conocimientos de Ciencias Físicas en el ciclo 12-16.

autores: Ana FORTEZA, Jesús LAHERA, Andrés BÁRCENA, Álvaro VALVIDARES, Isabel HIPOLA, y Catalina GARRIDO.

procedencia: Universidad Complutense de Madrid.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1990 en curso.

Planteamiento y objetivos

El trabajo se inscribe en la línea de investigación-acción, con la participación coordinada de profesores pertenecientes a distintos niveles de enseñanza (Escuela Universitaria, Bachillerato, EGB). Sus principales objetivos son:

- explorar las posibilidades y limitaciones de un enfoque constructivista del aprendizaje de aspectos básicos en ciencias físicas en el ciclo 12-16;
- tratar de forma coordinada los subciclos 12-14 y 14-16 bajo un idéntico enfoque epistemológico y de trabajo experimental, desde un esquema conceptual flexible, cíclico en espiral;
- estudiar las características de la transición de la experimentación cualitativa generalizada en Primaria a la cuantitativa del ciclo 14-16, pasando por la experimentación asequible del ciclo 12-14;
- descubrir si este aprendizaje significativo influye en el interés del alumno y produce un cambio de actitud de los escolares ante la ciencia.

El modelo se basa, esencialmente, en la sinergia entre las ideas previas de los alumnos y el marco conceptual de referencia

determinado por la estructura y procesos de la ciencia. Este enfoque metodológico intenta evitar dos tendencias educacionales extremas: el aprendizaje por descubrimiento autónomo –ampliamente criticado por sus resultados– y el aprendizaje que, aunque contempla el proceso científico, ignora las concepciones previas de los alumnos, actuando frecuentemente contra ellas.

Metodología

El modelo de trabajo parte de los supuestos básicos de la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 1976; Novak, 1982), asumiendo los enfoques constructivistas (Driver, 1983; Osborne, 1985) en la problemática del desarrollo del currículo como investigación (Stenhouse, 1984).

La investigación se realiza con 12 alumnos de 7º curso de EGB, representativos del futuro ciclo 12-14, y con 12 alumnos de 2º curso de Bachillerato, representativos del futuro ciclo 14-16, aunque los tests de indagación de ideas previas se han aplicado a 60 alumnos en cada caso.

La secuencia del enfoque constructivista que se propone es la siguiente:

- I. Orientación general, motivación de los alumnos.
- II. Emergencia de ideas, mediante tests en gran grupo y en grupos reducidos, entrevistas individuales y pósters de equipo.
- III. Reestructuración de ideas, con las fases de:
 1. clarificación, debate e intercambio de ideas entre los alumnos;
 2. situaciones de conflicto, poniendo a prueba la validez de las ideas existentes;
 3. construcción de nuevos conceptos, modificando, reemplazando o reasumiendo las ideas iniciales.
- IV. Aplicación de ideas para mostrar el aprendizaje significativo, su operatividad, mediante la propuesta de resolución de problemas en situaciones familiares y en situaciones nuevas, debiendo emerger una actividad abierta.

- V. Posteriormente a todo el proceso anterior, se realiza una revisión del proceso, contemplando el cambio conceptual producido y la persistencia en la retención de conceptos.

Resultados

Las unidades temáticas tratadas han sido I. "La materia" y II. "El movimiento"; en el momento actual se está tratando III. "La luz".

Referente a la indagación de las ideas previas, los resultados concuerdan básicamente con los de otros investigadores, recogidos en la amplia bibliografía existente.

Respecto a la aplicación de la metodología propuesta, los resultados apuntan a su idoneidad en el marco de un aprendizaje significativo. Concretamente, se muestra, con relación a la unidad I, la construcción del concepto de densidad y una iniciación a la teoría corpuscular de la materia, y con relación a la unidad II, la construcción de los conceptos de velocidad y aceleración y de fuerza y movimiento. Se constata la lentitud del proceso, que debería tenerse en cuenta en un posible y deseable desarrollo curricular basado en la metodología propuesta.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Física
Proceso de aprendizaje

Mejora del rendimiento escolar, en Matemáticas y Física y Química, mediante orientación personal (técnicas de cambio atribucional), para alumnos noveles de Enseñanza Secundaria.

autores: M.^a Antonia MANASSERO MÁS y Ángel VÁZQUEZ ALONSO.

procedencia: Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1990-92.

Planteamiento y objetivos

Esta investigación se encuadra en la teoría de la atribución causal (modelo de Weiner), desde la cual se estudia el proceso mediante el que la persona elabora atribuciones causales sobre los resultados de su conducta. Esta inferencia causal condiciona sus expectativas y sentimientos respecto a su conducta futura, lo cual a su vez va a condicionar su actuación.

Este mecanismo, aplicado a las conductas de logro, es la base de los programas de mejora del rendimiento escolar basados en el cambio atribucional: persuadir cognitivamente al alumno que realiza atribuciones inadecuadas sobre su rendimiento, para modificar el sentido de su atribución y conseguir que sus expectativas y/o sus sentimientos sean más positivos, lo cual favorecerá una actuación más orientada hacia el logro.

Variabes importantes en el estudio de la atribución causal son la dimensionalidad causal, la motivación de logro (expectativas y valores) y la autoeficacia percibida.

Son objetivos de este estudio:

- Probar la eficacia de un método de orientación personal, basado en técnicas de cambio atribucional, para favorecer el éxito escolar y disminuir el fracaso.

- Verificar si se ha producido cambio en la atribución, en cuanto al cambio en la dimensionalidad causal, respecto a las asignaturas de matemáticas y física y química.

La finalidad es comparar la percepción del profesor y la del alumno respecto a las causas del rendimiento escolar y elaborar un programa de información para los profesores sobre el tratamiento de las situaciones de fracaso y sobre la orientación hacia el éxito de los alumnos, dentro de la línea de intervención de cambio atribucional, que pueda articularse a través de los Departamentos de Orientación de los centros. Todo ello, con la pretensión de contribuir a mejorar la calidad del sistema educativo a través de la disminución de la tasa de fracaso escolar.

Metodología

Se trata de verificar la eficacia de los tratamientos basados en el cambio atribucional aplicados en un contexto real —no de laboratorio— de rendimiento escolar con grupos grandes de alumnos y la posibilidad de aplicación en la intervención escolar habitual. Se utiliza un modelo metodológico cuasi-experimental.

La muestra empleada la componen 577 alumnos de primero y segundo de BUP, de matemáticas y física y química respectivamente, pertenecientes a 16 grupos clase de dos institutos de Mallorca que disponen de Departamento de Orientación.

Se han tomado medidas iniciales sobre atribución, motivación, autoeficacia, inteligencia y aptitudes tras las calificaciones de la primera evaluación, y se ha dividido la muestra en un grupo de control y otro experimental, balanceados en cada grupo-clase, según las calificaciones obtenidas y el sexo. Al grupo experimental se le ha aplicado el tratamiento de cambio atribucional y al de control un tratamiento placebo, neutral respecto al cambio atribucional.

Resultados

Actualmente el estudio se encuentra en la fase de procesamiento estadístico para contrastar las hipótesis formuladas y analizar los efectos de los tratamientos aplicados.

Descriptor

Enseñanza Secundaria

Física, Química, Matemáticas

Psicología cognitiva, Proceso cognitivo

Propuesta de evaluación en Física y análisis de la evaluación habitual.

autores: Manuel ALONSO SÁNCHEZ, Daniel GIL PÉREZ y Joaquín MARTÍNEZ TORREGROSA.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1990, modalidad Investigación Educativa (segundo premio).

Planteamiento y objetivos

Esta investigación pretende:

- establecer el perfil y las características que debe poseer un sistema evaluador para ser coherente con un modelo de enseñanza por investigación;
- contrastar, conforme a la hipótesis formulada, si tales características están ausentes en la práctica evaluadora habitual.

Con ello se quiere responder a tres cuestiones: cuáles deben ser las características de un proceso de evaluación para que sea coherente con las conclusiones de la investigación educativa actual sobre el aprendizaje y la enseñanza de la física y química; en qué medida la evaluación habitual posee las características que debería tener para impulsar el aprendizaje significativo; y si el sistema de evaluación propuesto contribuirá a impulsar y mejorar el proceso de aprendizaje, facilitando el cambio conceptual, metodológico y actitudinal de profesores y alumnos.

Se aborda el aspecto de la evaluación desde la perspectiva del modelo de enseñanza por investigación. El punto de vista desde el que se realiza este análisis parte del presupuesto de que el sistema de evaluación que se emplea habitualmente en las clases de física y química no se utiliza como instrumento para fomentar el aprendizaje significativo y afecta negativamente a las actitudes de alumnos y profesores.

Metodología

Se diseñan múltiples pruebas con el propósito de dar respuesta a las cuestiones formuladas.

Se averigua el modo como los profesores realizan la evaluación en sus clases a través de una pregunta abierta. Se analizan los comentarios que hacen sobre un examen habitual así como las explicaciones que dan a los resultados hipotéticos de una prueba simulada, con el propósito de comprobar si aluden a aspectos esenciales del aprendizaje significativo.

Se prepara un cuestionario para los alumnos, destinado a determinar sus puntos de vista acerca de las características más importantes que para ellos tiene la evaluación.

Se analizan las actividades que incluyen los exámenes habituales, con objeto de constatar que no suelen inducir a un aprendizaje significativo, sino más bien repetitivo.

Se prepara un cuestionario para profesores, con el propósito de mostrar cómo influyen sus expectativas respecto a los alumnos sobre las calificaciones otorgadas.

También se confecciona un cuestionario dirigido a saber si las pruebas habituales de evaluación generan en los alumnos actitudes negativas hacia la ciencia.

Resultados

El estudio aporta los siguientes resultados:

- La evaluación habitual en física y química se utiliza, en general, como instrumento para constatar el éxito o fracaso al final del desarrollo de una cierta cantidad de materia, en vez de impulsar el aprendizaje, impidiendo que éste llegue a ser significativo y que mejore la enseñanza.
- Los exámenes habituales incluyen solamente actividades que posibilitan un aprendizaje repetitivo.
- Los resultados de las evaluaciones habituales no son indicadores de si se ha producido o no aprendizaje significativo y, en particular, las calificaciones se ven afectadas por el denominado "efecto halo".

- Las concepciones y expectativas de los profesores ante la evaluación y sus resultados están alejados de las orientaciones actuales sobre enseñanza y aprendizaje.
- El sistema de evaluación empleado no contribuye a aumentar el interés ni a generar una actitud positiva de los alumnos hacia el aprendizaje de la física y química.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Física, Química
Evaluación

Resolución de problemas de Física y Química: trabajo de innovación educativa para la Enseñanza Secundaria.

autores: Ana M.^a OÑORBE DE LA TORRE, Georgina de ANTA TORRES, Ana FAVIERES MARTÍNEZ, Rosa M. GARCÍA VÁZQUEZ, M.^a Jesús MANRIQUE DEL CAMPO y M.^a Luisa RUIZ GONZÁLEZ.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1990 (mención honorífica).

Planteamiento y objetivos

El objetivo principal de este trabajo es potenciar el aprendizaje significativo de los procesos de resolución de problemas, implicando al estudiante en la comprensión de la tarea que está realizando y en la revisión personal de sus estrategias de trabajo.

Se propone un método que trata de facilitar la comprensión de problemas de «tipo clásico» o «convencional», que evite la memorización de algoritmos y la utilización indiscriminada de los datos aportados en el enunciado del problema.

El trabajo surge ante la escasa compensación que habitualmente ofrece la enseñanza y el aprendizaje en resolución de problemas, a lo que se dedica un gran número de horas de enseñanza, consiguiéndose resultados poco satisfactorios.

Metodología

Se plantean diversos problemas y se resuelven previamente según el método tradicional. Posteriormente, se analiza el proceso seguido en forma de esquema, similar a un diagrama de flujo, que representa cada uno de los pasos que han sido necesarios para la resolución. Estos pasos pueden ser operativos, de transformación de unidades o de aplicaciones de leyes y fórmulas. Por otra parte,

se analizan en el problema ya resuelto los conocimientos teóricos que han sido necesarios a lo largo de todo el proceso y cuya ignorancia u olvido puede imposibilitar la resolución total o parcial del problema.

La experiencia se ha llevado a cabo con diez grupos desde 8º de EGB hasta COU.

Resultados

La resolución de un problema-ejercicio supone, para muchos alumnos, la realización de una serie de operaciones, a menudo mecánicas, que han aprendido por repetición. Desde el punto de vista del aprendizaje, la realización del esquema de resolución del problema ayuda al alumno a:

- reflexionar sobre sus procesos de pensamiento,
- comprender la importancia de los conocimientos teóricos y sus relaciones, para su aplicación a los problemas,
- discriminar las dificultades a las que ha de enfrentarse, como comprensión del enunciado, necesidad de conocimientos sobre el tema, etc., y
- reconocer los errores cometidos, para evaluar su trabajo con mayor objetividad.

Respecto a la enseñanza la realización del esquema de resolución ayuda al profesor a:

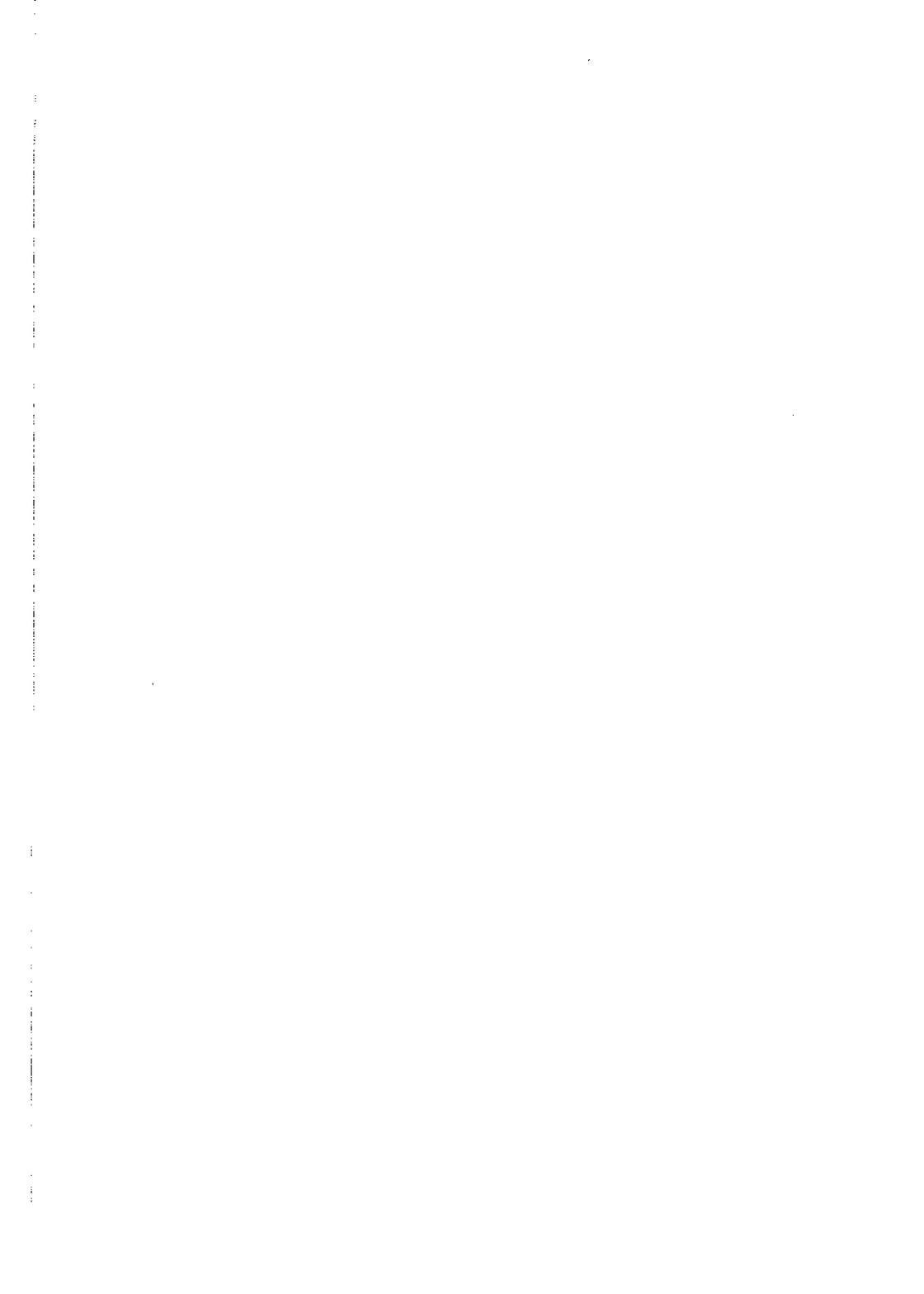
- analizar el grado de dificultad de los problemas que propone,
- definir la importancia de la enseñanza de los procesos en la comprensión de los problemas,
- establecer con facilidad la similitud del proceso de resolución de problemas con enunciados muy diferentes,
- simplificar la corrección, a la vez que se hace más rigurosa, y
- detectar los errores mas frecuentes cometidos por los alumnos.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Física, Química
Solución de problemas

I.4.

**CIENCIAS NATURALES
Y DEL MEDIO AMBIENTE**

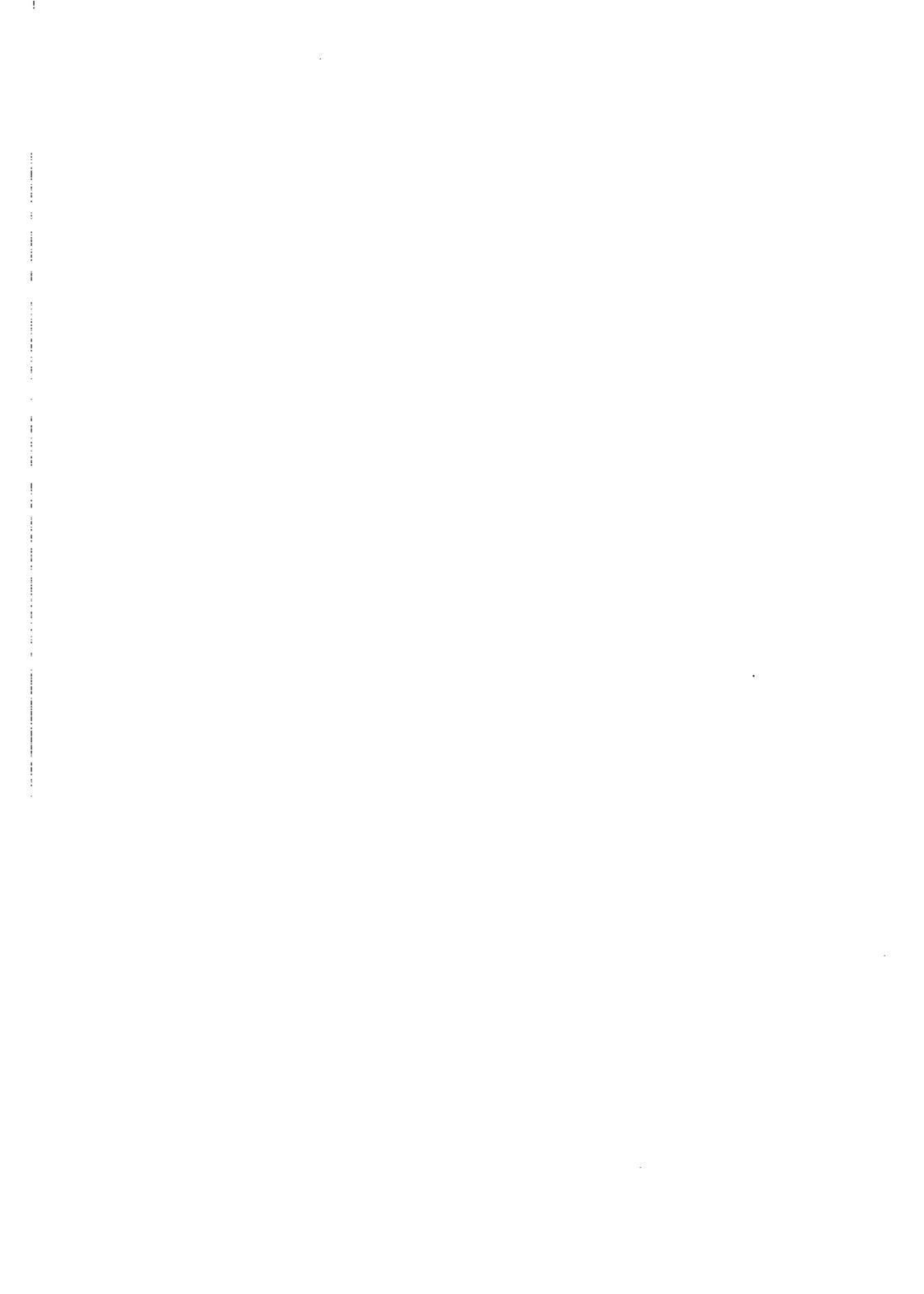


ÍNDICE

Determinación del grado de comprensión de las Ciencias Sociales y Naturales en los alumnos de la Segunda Etapa de EGB para su incorporación al BUP y a estudios superiores.....	191
Diseño de un Área Natural para la investigación didáctica sobre Educación Ambiental.....	194
La importancia de las Enseñanzas Preclínicas en el currículo de Medicina.....	196
Las prácticas de laboratorio como proyectos de investigación.....	198
Praxis proyectiva de la enseñanza de la Biología en el COU. Estudio experimental para la reforma de métodos y pruebas....	201
Unidades Didácticas para la enseñanza de rasgos faunísticos del medio ambiente.....	204
Estudio de ecosistemas. Una experiencia de campo y laboratorio.	206
Alimentación y nutrición humana.....	209
Aplicación del método científico al estudio de la contaminación de un río, por alumnos de COU.....	212
Aplicación de los microcomputadores a la enseñanza de la <i>Bioquímica (I)</i>	214
Biotecnología y cambio en la educación.....	217

El huerto escolar en el Bachillerato.....	220
Estudio lexicométrico para la enseñanza de la Biología.....	222
Medio ambiente y adaptaciones.....	225
Posibilidades y metodología en el empleo del vídeo como recurso didáctico. Aplicación concreta a tres asignaturas: Arte, Biología e Historia.....	228
Aplicación de los microcomputadores a la enseñanza de la Bioquímica (II).....	230
Descubrimos nuestro medio.....	232
El Instituto de Bachillerato y su posible contribución al estudio del medio ambiente.....	234
El tabaco: entre ciencia y conciencia.....	237
Escala lexicométrica para la enseñanza de la Biología, II: adjetivos y verbos.....	240
Aplicación de métodos físicos y químicos al estudio de los ecosistemas.....	243
Evaluación de métodos de simulación informática en Enseñanzas Técnicas Superiores. Aplicación a la Mecánica del suelo.....	246
Técnicos especialistas en los productos de alimentación: un reto a la Comunidad Económica Europea.....	248
Análisis estructural de las prácticas de laboratorio de Biología.....	251
Entorno urbano e interdisciplinariedad.....	254
La enseñanza de la Morfología Médica con módulos de autoaprendizaje y sus efectos sobre el recuerdo a largo plazo.....	257

Perfil evolutivo y jerarquización de los conceptos en la enseñanza de la Biología. Propuesta de un modelo de evolución conceptual.....	260
Desarrollo de un programa interactivo de enseñanza de la Cristalografía a través de ordenador.....	263
Análisis de la incidencia del nuevo paquete didáctico de la asignatura Introducción a la Biología del C.A.D. sobre el rendimiento académico de los alumnos.....	265
Contenidos y demandas informativas en Educación Ambiental en el marco de las Enseñanzas Medias.....	268
Diseño y evaluación de un programa interactivo para la docencia de la Biología animal en Enseñanzas Medias y Universitarias.....	271
Análisis de actitudes y creencias del profesorado de EGB respecto a la Educación Ambiental. Evaluación de las actividades que llevan a término.....	273
Conocimiento del medio natural y social.....	276
Conocimiento del Medio. Propuestas para su organización y desarrollo en el aula.....	279
Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual.....	282



Determinación del grado de comprensión de las Ciencias Sociales y Naturales en los alumnos de la Segunda Etapa de EGB para su incorporación al BUP y a estudios superiores.

autores: Hortilio ARMAYOR GONZÁLEZ y Mercedes RAMÍREZ GARCÍA (directores); Rafael QUIRÓS, Juan RUIZ UCEDA, Lourdes ROMERO y otros (colaboradores).

procedencia: Universidad de Córdoba.

convocatoria: XI Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1982-83.

Planteamiento y objetivos

Este estudio pretende determinar rigurosamente cuáles son las nociones que el maestro presenta en sus clases y las que realmente debería emplear para que el alumno obtuviese, dentro de la EGB, un mayor grado de comprensión de las materias de estudio, tanto formativas como instrumentales.

Se quiere responder a una doble cuestión:

- De todo el caudal de nociones que el alumno maneja durante la EGB, ¿cuáles son las que realmente reconoce cuando llega a octavo?
- Suponiendo que reconozca una noción como específica de una materia, ¿la comprende debidamente?

Este trabajo aparece como continuación y complemento de otros estudios realizados anteriormente, donde se detectó el menudado uso que el alumno de EGB hace de nociones fundamentales que le han de servir de base a estudios posteriores, mientras que otros conocimientos de escasa importancia se prodigan ampliamente.

Metodología

Una vez obtenidas las nociones que el alumno de octavo posee en las áreas natural y social (listado de nociones que es el resultado de una investigación precedente realizada por el ICE de Córdoba), se pretende determinar su grado de comprensión. Para ello se siguen las tres fases siguientes:

1. Confeción del instrumento que ha de servir para determinar el grado de comprensión de cada una de las nociones: prueba consistente en una serie de cinco palabras o frases aplicables a cada una de las nociones, de las que sólo una de ellas expresa el significado correcto de la noción aludida.
2. Aplicación de las pruebas a la muestra seleccionada: para la selección de los centros (N=27), se ha tenido en cuenta el tipo de centro, el tipo de profesorado y la diversidad de libros de texto utilizados. Se ha trabajado con 100 equipos de 20 niños cada uno, lo que da un total de 2.000 sujetos, el 16% de la población. El marco geográfico de esta investigación se sitúa en la provincia de Córdoba (capital, sierra y campiña).
3. Tratamiento e interpretación de los datos obtenidos: se entiende por "grado de comprensión" de una noción, el índice de dificultad que esta noción encierra para ser correctamente utilizada por el alumno; de aquí se deduce que a mayor porcentaje de sujetos que comprenda debidamente una noción, menor será el índice de dificultad de comprensión de esta noción.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se han graduado los 2.000 alumnos de la muestra en seis tipos de porcentajes, determinante cada uno de ellos de los seis grados de comprensión de nociones siguientes: muy bajo, bajo, mediano, bueno, alto, excelente.

Resultados

Los autores estiman que las 2.267 nociones mostradas por los niños en el área social y las 2.234 en el área de la naturaleza, ade-

más de ser las que realmente usa el alumno de 14 años en la provincia de Córdoba, son también suficientemente significativas como para dar a este trabajo validez científica y para ofrecer al profesorado de ciencias sociales y de ciencias naturales un instrumento didáctico de gran interés.

Las series de frases, que constituyen el material de trabajo determinante del grado de comprensión de las nociones adquiridas por el alumno de octavo de EGB en el área de las ciencias sociales, son un recurso didáctico muy valioso para cualquier profesor, puesto que pueden ser utilizados por éste, en un momento dado, como una medida más de los conocimientos que los alumnos poseen en esta área de experiencias.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Ciencias de la Naturaleza, Ciencias Sociales
Método de enseñanza

Diseño de un Área Natural para la investigación didáctica sobre Educación Ambiental.

autores: Emilio FLOR PÉREZ, José ALBA QUINTANA, José A. del BARRIO DEL CAMPO, Antonio CENDREIRO UCEDA, José R. DÍAZ DE TERÁN, José I. FLOR PÉREZ, Enrique FRANCÉS ARRIOLA y José R. GONZÁLEZ LASTRA.

procedencia: Universidad de Santander.

convocatoria: XI Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1982-84.

Planteamientos y objetivos

Este proyecto se enmarca dentro del proyecto ANIDA, que es un amplio programa de educación ambiental. Sus objetivos son:

- Seleccionar un área natural de Cantabria para la investigación didáctica sobre educación ambiental.
- Estudiar y cartografiar a escala 1:50.000 las características físicas, naturales y sociales de la misma.
- Confeccionar dos itinerarios didáctico-ambientales como guías del profesor y del alumno para la adquisición de técnicas de trabajo y estudio del medio.
- Realizar un vídeo didáctico.
- Diseñar, experimentar y evaluar una serie de cursos de perfeccionamiento del profesorado sobre educación ambiental y técnicas de estudio de la naturaleza.
- Se pretende, en definitiva, abrir una vía para la implantación de la interdisciplinariedad necesaria en el entorno escolar.

Metodología

Varía según los objetivos propuestos. Se utilizan mapas temáticos a escala 1:50.000 sobre los siguientes temas: geomorfología, vegetación, fauna, valores singulares, litología y depósitos, accesibilidad y procesos.

Resultados

- a) Elaboración de un mapa síntesis, como resultado de la superposición de los distintos mapas temáticos.
- b) Itinerarios didácticos ambientales: se señalan los puntos de parada e interés, explicación detallada de los aspectos a estudiar, con sugerencias de actividades y material utilizable para experimentos.
- c) Cursos de formación del profesorado: se exponen las distintas actividades realizadas, así como los resultados del cuestionario y de las pruebas aplicadas a los asistentes al curso de Técnicas de Educación Ambiental.

Descriptores

Enseñanza Primaria, Enseñanza Secundaria

Medio ambiente

Medios de enseñanza, Formación de profesores, Interdisciplinariedad

La importancia de las Enseñanzas Preclínicas en el currículo de Medicina.

autores: Joaquín de JUAN HERRERO, Francisco MARTÍNEZ CRUZ, Milagros GARCÍA BARBERO y Carlos ÍÑIGUEZ LOBATO.

procedencia: Universidad de Alicante.

convocatoria: XI Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1982-84.

Planteamiento y objetivos

Se investiga el estado actual del currículo en el primer ciclo de la carrera de Medicina y se quiere recoger la opinión de médicos en ejercicio y alumnos de esta carrera respecto a:

- la importancia relativa de las disciplinas de este ciclo;
- la duración del ciclo y de la carrera;
- posibles cambios en los contenidos de las disciplinas preclínicas;
- la importancia que los contenidos tienen en la formación científica del médico.

Metodología

La investigación tiene un carácter descriptivo, llevándose a cabo por medio de una encuesta.

La muestra sobre la que se trabaja la componen médicos en ejercicio de seis provincias españolas (entre 140 y 200 médicos por provincia) aleatoriamente elegidos; estudiantes de 6º de Medicina de Alicante, Bilbao, Oviedo y Valladolid, en un total de 295 (20 % de la población estudiantil); profesores de Medicina de Alicante,

Granada, Madrid, Murcia, Santander, Valencia, Valladolid y Zaragoza, en un total de 52 (2% de la población de profesores).

Resultados

El grado de importancia concedido a las asignaturas preclínicas para el ejercicio de la Medicina General es muy similar entre los grupos de profesores, estudiantes y médicos en ejercicio.

Patología General, Fisiología y Farmacología son las asignaturas preclínicas consideradas más importantes para el ejercicio médico. Se valoran como "importantes" las asignaturas: Anatomía Patológica, Microbiología, Bioquímica, Histología, Psicología Médica y Biología Médica.

En cuanto a la duración de la carrera de Medicina, existe coincidencia en que debe mantenerse la duración actual de la carrera y de su primer ciclo, si bien un tercio de los encuestados opina que el primer ciclo debería reducir en un año su duración.

Descriptores

Enseñanza Superior
Biología, Medicina
Programa de estudios

Las prácticas de laboratorio como proyectos de investigación.

autores: M.^a Félix BASTIDA DE LA CALLE, Francisco RAMOS FERNÁNDEZ y Julio SOTO LÓPEZ.

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: Proyecto de Innovación Educativa.

duración: 1982-83.

Planteamiento y objetivos

El principal objetivo de esta investigación es clarificar las posibilidades reales de la utilización de una metodología activa y coherente para la enseñanza de la biología en el COU. Se trata de concretar una alternativa didáctica que, partiendo de las concepciones generales acerca del papel del Bachillerato y del COU en la formación del joven, posibilite un cambio real en la práctica educativa.

Se busca superar la realidad docente (docencia magistral, transmisión de conocimientos ya elaborados y cantidad de información almacenada como símbolo representativo de un determinado nivel), colocando a los alumnos en situación de producir conocimiento y al profesor en un papel de moderador, orientador, dinamizador y sistematizador del trabajo de aquéllos. Se pretende con ello:

- posibilitar la adquisición de técnicas de trabajo adecuadas;
- desarrollar las capacidades de creatividad, observación, razonamiento, etc.;
- desarrollar el espíritu crítico y capacidades dialécticas;
- familiarizarse con el método científico;
- comprender y conocer los conceptos fundamentales y las líneas de investigación y perspectivas de la biología moderna.

Se programa una serie de actividades en las que se combina el análisis y discusión de documentos científicos con la realización de actividades experimentales.

Metodología

Para la realización de la experiencia se ha tomado una muestra de 140 alumnos pertenecientes tanto a centros privados como a Institutos de Bachillerato del distrito universitario de Cantabria, repartidos entre dos grupos experimentales y dos grupos testigo. Todos ellos realizaron al comienzo y al final del curso dos baterías de tests, de semejante dificultad, que incluían aspectos relacionados con la capacidad de observación y percepción, con la inteligencia natural de los alumnos, creatividad, transformación de datos, destrezas de laboratorio, vocabulario biológico, etc.

Resultados

Desde una perspectiva general, se señala lo siguiente:

- Existe una falta de adiestramiento en el análisis y comentario de textos científicos, que no ha experimentado mejoría a lo largo del curso.
- En las pruebas de conocimiento, los resultados más bajos aparecen en los centros en los que el alumnado procede de sectores socialmente deprimidos. Por el contrario, en las pruebas relativas a otras capacidades (lógica, relaciones espaciales) son estos alumnos los que obtienen mejores resultados, observándose en estos casos pequeñas diferencias a favor de los grupos experimentales.

Se hace también una valoración de las implicaciones económicas que conlleva el empleo de la metodología activa reseñada. Asimismo, se señalan las implicaciones que el desarrollo de la experiencia tiene para el alumno (motivación y aprendizaje), para el centro (ratio, horarios, recursos) y para el profesorado (dedicación, reconocimiento y apoyo, etc.).

Se presentan, además, los siguientes módulos de trabajo:

- Proyecto de trabajo experimental en Bioquímica: Factores que influyen en la actividad enzimática.
- Proyecto de trabajo experimental en Bioquímica: Cromatografía.
- Proyecto de trabajo experimental en Microscopía: Dinoflagelados del fitoplancton marino.
- Proyecto de trabajo experimental en Genética: Experiencias con mazorcas de maíz.
- Proyecto de trabajo experimental en Genética: Experiencias con plantas de tomate.

Descriptor

Enseñanza Secundaria

Biología

Método de enseñanza, Programa de estudios, Trabajos prácticos

Praxis proyectiva de la enseñanza de la Biología en el COU. Estudio experimental para la reforma de métodos y pruebas.

autores: Antonio ALCOBA MUÑOZ, M.^a Félix BASTIDA DE LA CALLE, Elena FERNÁNDEZ LEIRA, Ana MARTÍN BACHILLER, Francisco RAMOS FERNÁNDEZ y Julio SOTO LÓPEZ.

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: Programas para el Desarrollo de la Investigación e Innovación Educativas 1982.

duración: 1982-83.

Planteamiento y objetivos

En esta investigación se realiza un estudio experimental para la reforma de los métodos y de las pruebas de evaluación en la enseñanza de la Biología de COU. Surge con motivo de la aparente contradicción existente entre las disposiciones legales educativas y el desarrollo real de las clases. Este estudio implica:

- a) Diseñar una metodología activa en la que los alumnos trabajen en la elaboración de sus propios conocimientos y el profesor desempeñe un papel moderador y sistematizador de la actividad de aquéllos. Se pretende contrastar esta metodología con la enseñanza escolástica tradicional.
- b) Determinar, por un lado, la relación entre método y prueba (qué método consigue mejor resultado en cada tipo de prueba) y, por otro, lo que realmente mide cada tipo de prueba y reformar las técnicas de evaluación utilizadas de acuerdo con los resultados.

Metodología

En el desarrollo concreto de la actividad se contempla, en cada tema, el análisis de varios tipos posibles de documentos (separatas de artículos, comentarios de textos científicos o textos de trabajo) y la realización de actividades experimentales concebidas para que sean punto de partida en la adquisición de un determinado conocimiento y no mera comprobación de lo expuesto teóricamente (incluye formulación de hipótesis, diseño de experimentos, interpretación de resultados, etc).

En esta línea, se considera importante fomentar y evaluar no sólo el dominio de la materia en cuestión, sino también la intuición espacial, la observación, el razonamiento, el vocabulario conceptual y el análisis de conceptos.

Entre los alumnos de COU de dos centros de Bachillerato, se seleccionan varios grupos experimentales, con los que se trabaja fundamentalmente la metodología presentada, y otros tantos grupos testigo con los que se sigue una metodología de corte tradicional.

Todos los grupos realizan al principio y al final de la experiencia dos baterías de pruebas, de dificultad semejante, de cuyo análisis se pretende establecer el grado de adquisición de las habilidades y conocimientos mencionados anteriormente. Otro nivel de control se establece según las calificaciones obtenidas en Biología en las Pruebas de Acceso a la Universidad.

Resultados

La experiencia se considera muy positiva tanto por los alumnos como por el equipo que la ha llevado a cabo. Se crean pruebas normalizadas en el campo de las ciencias biológicas, recogidas en la investigación, sobre lógica matemática, relaciones espaciales, observación y creatividad.

Los resultados obtenidos sobre las capacidades adquiridas por los alumnos (observación, razonamiento, cognoscitivas, etc.) no se consideran significativos, señalándose como factor determinante la escasa representatividad de la población que realiza los tests finales (poca participación e interés de los alumnos por la proximidad

del examen de Selectividad u otros exámenes, etc).

Se presentan, además, el desarrollo de actividades de laboratorio (apartado de genética) y varios documentos utilizados en el aula. Asimismo, se hace un análisis económico de los posibles costes que conlleva el desarrollo de la metodología propuesta.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Biología

Método de enseñanza, Evaluación

Unidades Didácticas para la enseñanza de rasgos faunísticos del medio ambiente.

autores: Francisco RAMOS FERNÁNDEZ (director), M.^a Gloria SAIZ DE OMEÑACA, Gerardo GARCÍA CASTRILLO y José A. SAIZ DE OMEÑACA.

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: XI Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1982-84.

Planteamiento y objetivos

Este trabajo tiene como objetivo la creación de una serie de unidades didácticas interniveles de ayuda al profesorado en la enseñanza de rasgos faunísticos del medio ambiente. Se pretende que el alumno:

- Comprenda y conozca la existencia de diferentes modelos ecológicos, así como los factores ambientales determinantes y sus especies más características.
- Mejore diversas habilidades intelectuales (capacidad de observación, sentido crítico, etc.).
- Construya modelos sencillos que reflejen la realidad natural, integrando la propia experiencia y los datos bibliográficos.
- Conozca y muestre una actitud positiva ante la fauna y el medio ambiente.

Estos planteamientos didácticos se concretan en la creación de tres unidades de trabajo:

- El litoral de Cantabria
- La fauna de las casas de Cantabria
- Los animales que viven bajo las piedras de Cantabria

Contenidos

Se presentan las tres unidades didácticas interniveles y no secuencializadas señaladas anteriormente. En cada una de ellas se incluyen aspectos relacionados con el planteamiento de objetivos, los contenidos, la metodología, algunas aplicaciones concretas, actividades y evaluación, etc.

En la unidad didáctica "El litoral de Cantabria", tras establecerse los objetivos generales, se ofrece una propuesta de metodología general (fases de preparación de la actividad, trabajo de campo y conclusiones posteriores), así como información sobre diferentes aspectos del litoral (tipos de litoral, factores abióticos y bióticos, zonación, etc.). Se presentan además seis casos concretos de aprovechamiento didáctico, en cada uno de los cuales se indican los contenidos básicos, aplicación concreta, metodología y material: costa de fondo rocoso, costas con morrillos o cantos rodados, costas de fondo arenoso, litoral con fondos de arena y fango, litoral con fondos de fangos y obras artificiales o civiles.

En la unidad didáctica "La fauna de las casas de Cantabria", además de los aspectos generales señalados con anterioridad, se desarrollan los siguientes contenidos: animales en la casa en general, animales en la cocina y en la despensa, en bodegas y sótanos, en los desvanes, en los muros y aleros de las casas, parásitos del hombre, de los animales domésticos, de las plantas en las casas, animales que viven de la madera, de telas y papel, animales que buscan refugio invernal en las casas y animales que entran esporádicamente en las viviendas.

En la unidad didáctica "Los animales que viven bajo las piedras de Cantabria" se presenta un análisis sobre la ocupación que de este hábitat realizan diferentes taxones animales.

Se incluyen, además, algunos materiales didácticos de apoyo: esquemas de especies del litoral, cuadros de muestreo, esquemas de zonación, diapositivas de la fauna estudiada, etc.

Descriptoros

Enseñanza Secundaria
Medio ambiente, Biología, Zoología
Medios de enseñanza

Estudio de ecosistemas. Una experiencia de campo y laboratorio.

autores: Carmen BUIZA, Nieves MARTÍN, Juana NIEDA, Luisa RODRÍGUEZ y Fátima SENANTE.

convocatoria: Premios Nacionales de Innovación y Experiencias Educativas 1983.

Publicado por MEC/Centro de Publicaciones, Colección "Breviarios de Educación", nº 10. Madrid, 1985.

Planteamiento y objetivos

Con este trabajo se quiere mostrar una nueva vía para la enseñanza de las ciencias naturales en la segunda etapa de EGB y, fundamentalmente, en 1º de BUP. Se parte del estudio de ecosistemas como núcleo generador de los contenidos de la asignatura. Se pretende que los alumnos conozcan su entorno, que se sensibilicen ante los problemas ecológicos y se conviertan en defensores de su medio.

Este planteamiento se basa en el convencimiento de que la enseñanza de las ciencias debe cambiar; la escuela no puede seguir estando de espaldas a la realidad social, con unos contenidos dogmáticos y cerrados; el alumno puede aprender no sólo memorizando.

El planteamiento de la experiencia para 1º de BUP recoge los siguientes aspectos:

- **Objetivos generales:** distinguir los factores bióticos y abióticos en un ecosistema, comprendiendo su interdependencia; utilizar las técnicas de campo necesarias; respetar y proteger el entorno a través del conocimiento de ecosistemas próximos al alumno.
- **Contenidos:** mapas topográficos, concepto de acidez, introducción a la taxonomía, morfología general de animales y plantas, fotosíntesis y respiración, conceptos de ecología, técnicas de campo y laboratorio.

- Metodología: enseñanza activa, siguiendo un método de indagación hipotético-deductivo. Con el desarrollo de la metodología científica, en grupos de trabajo, se pretende huir de prácticas de tipo comprobatorio.
- Evaluación: se entiende como la medida del grado de consecución de los objetivos propuestos. Para ello se desean valorar varios aspectos: trabajos monográficos, participación y funcionamiento del grupo.

Contenidos

Se investiga en torno a tres ecosistemas: el lago (ecosistema acuático), el encinar (terrestre) y el bosque de ribera (terrestre). Aunque todos los trabajos se realizan en la Casa de Campo de Madrid, se consideran perfectamente extrapolables a cualquier zona del país por tratarse de ecosistemas muy frecuentes.

El trabajo en cada uno de los medios señalados se realiza en las fases siguientes:

- Preparación del trabajo. Se seleccionan los factores de estudio (bióticos y abióticos), se introducen las técnicas de trabajo y se construyen los materiales necesarios.
- Trabajo de campo. Los grupos de alumnos desarrollan esta fase a partir de guías de trabajo donde se detallan todos los procesos que hay que llevar a cabo.
- Estudio en el aula-laboratorio. Observación, análisis y determinación de muestras.
- Puesta en común y elaboración de conclusiones.
- Otras actividades a realizar.

En cada una de estas fases se señalan las actividades o resultados específicos para cada uno de los ecosistemas investigados. Se presentan también los esquemas conceptuales correspondientes a los dos tipos de ecosistemas estudiados (acuático y terrestre) en los que se muestran las interrelaciones y conceptos utilizados.

Asimismo, se realiza un estudio comparativo de los tres ecosistemas, señalándose los resultados del mismo.

En el apartado correspondiente a la evaluación se adjunta y

analiza pormenorizadamente una de las pruebas objetivas utilizadas (tipo de prueba, resultados, plausibilidad de cada distractor). Mediante una prueba de ensayo se pretende medir la capacidad de interpretación de datos adquirida por los alumnos después del proceso de instrucción.

Entre las consideraciones finales se destaca que los alumnos tienen más interés por la asignatura, se hacen más autónomos y críticos y se sienten protagonistas de su quehacer científico.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Medio ambiente

Método de enseñanza

Alimentación y nutrición humana.

autores: José A. CRESPO GARCÍA (coordinador), M.^a Ángeles OLAZÁBAL FLÓREZ y Antonio OLAZÁBAL FLÓREZ (colaboradores).

procedencia: Universidad de León.

convocatoria: Innovación Educativa.

duración: 1983-84.

Planteamiento y objetivos

El objetivo de este estudio es el diseño y la experimentación de una programación sobre alimentación y nutrición humana en 2º de BUP, que cubra la laguna que presentan los programas oficiales sobre el tema.

La experiencia surge ante la problemática que presenta la alimentación humana y que básicamente se centra en:

- escasez de recursos para una población en constante crecimiento;
- problemas alimentarios derivados de la manipulación de alimentos.

Con el desarrollo de la actividad se pretende:

- Mentalizar al alumno para el cuidado de su entorno, al ser éste fuente de alimentos.
- Desarrollar una capacidad crítica frente al tema de la alimentación, lo que conllevaría la adquisición de la mentalidad de consumidor crítico.
- Conocer las necesidades alimentarias del organismo en diferentes condiciones (edad, actividad, sexo).
- Conocer la importancia y trascendencia de una alimentación equilibrada en la salud individual y colectiva.

Metodología

El desarrollo de la experiencia se realiza en dos fases secuenciales:

1. Alimentación humana: elaboración y producción de alimentos.
2. Nutrición humana: transformación de los alimentos en nuestro organismo.

En la experiencia participa un grupo de 29 alumnos de 2º de BUP del I.B. de Cistierna (León). El trabajo se realiza en grupos de tres o cuatro miembros, que llevan a cabo tareas de aprendizaje e investigación sobre temas específicos, en cuyo desarrollo tiene un peso crucial la revisión bibliográfica, además del diseño de modelos interpretativos y de proyectos científico-experimentales, puestas en común, etc.

Resultados

Se ofrece una relación de los temas programados, señalándose en cada uno contenidos, duración, objetivos y prácticas (en su caso). Éstos son:

Fase 1.ª (Alimentación humana):

1. Introducción.
2. Fuentes alimenticias.
3. Elaboración y conservación de los alimentos.
4. Inspección alimentaria.
5. Código alimentario español.
6. Toxi-infecciones alimentarias.

Fase 2.ª (Nutrición humana):

1. Anatomía y fisiología de los aparatos relacionados con la nutrición.
2. Composición química de los nutrientes. Valor energético.
3. Biocatalizadores.
4. Necesidades energéticas. Elaboración de dietas.
5. Enfermedades humanas relacionadas con la nutrición.

En la 1.ª fase, el trabajo se desarrolla por grupos, planteándose proyectos que abordan transversalmente varios de los temas seña-

lados (por ejemplo, “Higiene y Sanidad Alimentaria”, “Cereales y derivados”, “Aves y huevos”, etc). Como ejemplo, figura el texto completo de una de las investigaciones llevadas a cabo por los alumnos: “La carne”. También aparecen los guiones del resto de investigaciones.

La experiencia se amplió fuera del centro, celebrándose una conferencia sobre “Principios de Nutrición Humana” y un cursillo sobre “Alimentación Humana” dirigido a amas de casa de Cistierna, con el fin de orientarlas sobre las dietas más adecuadas para la salud individual y colectiva.

Se señalan, por último, los recursos necesarios para el desarrollo de la experiencia.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Biología, Nutrición
Programa de estudios

Aplicación del método científico al estudio de la contaminación de un río, por alumnos de COU.

autor: Celso FERNÁNDEZ GÓMEZ.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1984, modalidad Innovación Educativa (accésit).

Planteamiento y objetivos

Esta investigación pretende ejemplificar una enseñanza basada en la actividad del alumno. Esto, en una asignatura experimental como la biología, se traduce en la utilización del método científico como instrumento indispensable en el proceso de aprendizaje.

La actividad concreta es propuesta y llevada a cabo, en muchas de sus fases, por un grupo de alumnos de COU. Se plantea el estudio de la contaminación de un río mediante la determinación a lo largo del mismo de una serie de parámetros físico-químicos presumiblemente indicadores de la degradación del agua.

Metodología

La metodología, propuesta por los propios alumnos, es activa y desarrolla, en grado variable, el método científico. El sistema de trabajo consiste en determinar a intervalos regulares en el tiempo las variaciones de una serie de parámetros físico-químicos para cada uno de los puntos de muestreo, escogidos sucesivamente a lo largo del curso del río Carrocedo, de modo que cada punto estuviese más influido que el anterior por la actividad humana. Los parámetros elegidos son: temperatura, pH, dureza debida a carbonatos, dureza total, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, DBO₂, nitritos, nitratos y amoniaco.

Se justifica la elección de estas variables y se explica detalladamente el material y la técnica de medición de cada una de ellas.

Resultados

A partir de las tablas de datos obtenidos y de su tratamiento estadístico, los alumnos realizan una discusión de los resultados, de la que concluyen:

- la llegada del agua a la zona urbana supone la alteración de todos los valores de los parámetros medidos;
- los vertidos residuales humanos elevan la temperatura del agua, la hacen más ácida, más dura, disminuyen su contenido de oxígeno y aumentan la materia oxidable;
- el agua del río presenta una actividad fotosintética (medida indirectamente) suficiente para mantener la concentración de oxígeno más o menos estable.

La discusión de resultados supone una serie de ventajas didácticas importantes:

- es una etapa más del método científico;
- en este caso concreto, se pone de manifiesto la multicausalidad de los fenómenos vitales;
- plantea la interdisciplinariedad, al ser necesario abordar conceptos de otras ciencias (estadística, química,...) que, por otro lado, no fueron asimilados plenamente en su momento (fallo de la metodología "normalizada");
- surgen nuevas hipótesis de trabajo, al tiempo que se van clarificando algunos problemas.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
 Biología, Física, Química
 Interdisciplinariedad

Aplicación de los microcomputadores a la enseñanza de la Bioquímica (I).

autores: Jesús F. ESCANERO MARCÉN (director), Octavio ALDA TORRUBIA y Antonio MARTÍNEZ CASADO (colaboradores).

procedencia: Universidad de Zaragoza.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1984.

duración: 1984-85.

Planteamiento y objetivos

El objetivo general de este trabajo es determinar la influencia en el rendimiento académico del uso de una metodología tipo Enseñanza Asistida por Ordenador (E.A.O.) lineal dirigida como tutoría de apoyo a la clase diaria en la asignatura de bioquímica.

Tras un breve estudio histórico de la enseñanza automatizada y las diferentes acepciones del concepto C.B.I. (Computer Based Instruction), se describen las posibles ventajas de la utilización de un método de enseñanza C.B.I., que se podrían resumir en:

- Para el profesor: mejor aprovechamiento del tiempo, posible análisis individual de cada estudiante, definición de las áreas de mayor dificultad, estimulación de su creatividad,...
- Para el alumno: se crea una situación activa de aprendizaje, estimulando así su motivación, se promueve una enseñanza individualizada, la evaluación se realiza de forma continua...

Metodología

Se trata de un estudio correlacional realizado con dos grupos de estudiantes de la Escuela Universitaria de Medicina de Soria, adscrita en su época a la Universidad de Zaragoza.

En cuanto a la definición de variables, como variable independiente se ha considerado el método de enseñanza, con dos posibles valores: tradicional y E.A.O. Las variables dependientes son los resultados de las calificaciones de las pruebas que realizaron los alumnos y su capacidad de retención en el tiempo de los conceptos desarrollados.

La muestra ha estado compuesta por 24 alumnos elegidos al azar, a los que se ha explicado la primera unidad didáctica relativa al "Ciclo de Krebs". Posteriormente se han formado dos subgrupos de 12 alumnos que para el estudio de la materia ya explicada siguieron libro de texto y E.A.O. respectivamente.

Se han elaborado programas de ordenador en lenguaje "superbasic" para el ordenador Sinclair QL. Unos se encargan de gestión y gestión de aprendizaje de los alumnos y otros tratan propiamente de los contenidos de la unidad didáctica. Antes de la explicación se ha realizado un pretest para averiguar el nivel de conocimientos de partida. Una vez realizada la preparación por los dos métodos, se les ha sometido a un test, instándoles a no estudiar la materia en las tres semanas siguientes. Posteriormente se han realizado evaluaciones a la semana y tres semanas (postests) con objeto de ver el porcentaje de fijación y retención de conocimientos de ambos grupos de alumnos.

En los análisis estadísticos se han determinado las medias y desviación típica de los dos grupos, realizándose la prueba "t" de Student para comparación de medias entre los grupos en los postests (1 y 3 semanas).

Resultados

Del estudio comparativo se concluye que ha habido un ligero incremento en el porcentaje de los alumnos que han aprobado en junio y un descenso de los suspendidos en septiembre durante los dos primeros cursos que ha durado la experiencia, no ocurriendo lo mismo durante el tercer año.

No se aprecian variaciones en los porcentajes de notas elevadas (notables-sobresalientes).

El tiempo de aprendizaje invertido por los alumnos que han seguido el método E.A.O. ha sido mayor que los que lo han hecho por el método de libro de texto. Los alumnos que han seguido el método E.A.O. han retenido durante más tiempo los conocimientos aprendidos.

Se incluye, además, el material informático de trabajo (programas y ficheros), así como las características del hardware y software utilizados.

Descriptores

Enseñanza Superior
Biología, Bioquímica
Uso didáctico del ordenador

Biotecnología y cambio en la educación.

autores: Sebastián CRESPI, Eduardo PETIPIERRE, C. RAMÓN, Bárbara TERRASA y M.^a Jesús ARRANZ.

procedencia: Universidad de Palma de Mallorca.

convocatoria: XIII Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1984-85.

Planteamiento y objetivos

Los objetivos de la investigación son los siguientes:

- a) Estudio y análisis de las implicaciones educativas que conlleva el desarrollo de la biotecnología en los ámbitos industrial y científico.
- b) Investigación del estado actual de la respuesta educativa, a nivel curricular y didáctico, ante dicho desarrollo.
- c) Investigación de las necesidades educativas del profesorado de biología de Enseñanzas Medias relativas a las áreas de conocimiento, básicas y aplicadas, de la biotecnología.
- d) Investigación de nuevas propuestas curriculares en la Enseñanza Media y Universitaria en aspectos relativos a la biotecnología.

A partir del Programa Movilizador de Biotecnología se examina la relevancia relativa de los contenidos científicos subyacentes en la biotecnología y se infieren posibles aplicaciones en la Enseñanza Media y Universitaria.

Se investiga el nivel de conocimientos biotecnológicos entre el profesorado de ciencias naturales de los centros de Enseñanza Media, así como su actitud frente a la posible modificación de los actuales currículos biológicos ante los nuevos avances que el área experimenta. Asimismo se investiga la disponibilidad de recursos

didácticos y la provisión de información biotecnológica y su frecuencia de uso.

Se analiza el estado de desarrollo actual de la biotecnología en nuestro país tanto a nivel científico como, en menor medida, a nivel industrial.

Metodología

Para obtener esta información se han enviado cuestionarios a todas las Universidades y centros públicos de investigación, así como a un significativo número de centros de Bachillerato (públicos y privados) de varias Comunidades Autónomas y a los Ministerios de Educación y Ciencia y de Industria.

La muestra abarca 35 respuestas de departamentos universitarios y 220 de profesores de Bachillerato.

Resultados

El potencial científico español en el área es considerable: unos 1.000 investigadores (más del 6% del total) trabajan en aspectos biotecnológicos. El potencial industrial es difícil de analizar, aunque la mayoría de empresas relacionadas con la biotecnología se encuentran en el área de farmacia y sanidad.

Un importante número de departamentos universitarios incluyen, de forma relevante, contenidos biotecnológicos en la enseñanza de sus respectivas disciplinas, aunque se detecta un déficit considerable en el caso de Universidades Politécnicas y Escuelas Superiores de Ingenieros en sus vertientes química y agrícola. A nivel de postgrado se ofrecen varios cursos de especialización y perfeccionamiento en ingeniería genética y biotecnológica.

Entre las actividades organizadas por nuestras Universidades (incluidos los ICE), no se detecta ni un solo curso destinado al perfeccionamiento del profesorado de ciencias no universitario en el campo de los avances biotecnológicos. Sin embargo, el porcentaje de profesores que manifiestan necesidad de aprendizaje y/o perfeccionamiento es superior al 50%. Por otro lado, más del 90% opina que la aparición de la biotecnología puede ser considerada como

una de las grandes revoluciones científico-tecnológicas del momento y más del 70% cree que debería ser incorporada en los currículos de la enseñanza preuniversitaria.

En el Bachillerato, la asignatura de ciencias naturales dedica un 15% de su tiempo a tratar las disciplinas básicas de la biotecnología (genética, microbiología y bioquímica); en COU este valor sube al 30%.

Más del 90% del profesorado afirma presentar de forma general las aplicaciones prácticas de la biología; sin embargo, este porcentaje disminuye enormemente si nos referimos a aspectos más específicos y biotecnológicos. Un porcentaje relativamente bajo del profesorado realiza trabajos prácticos, o visitas, con alumnos relativos a las tecnologías biológicas de interés.

Sobre la disponibilidad de material didáctico en los centros, cabe destacar que si bien la gran mayoría dispone del material corriente de laboratorio, muy pocos poseen el utillaje y aparatos necesarios para actividades biotecnológicas (centrífuga, autoclave, etc.).

Descriptoros

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior

Biología, Biotecnología

Formación de profesores, Programa de estudios, Método de enseñanza

El huerto escolar en el Bachillerato.

autores: Antonio BEGINES RAMÍREZ, Marcos CALOCA DOBARGANES y Julio SOTO LÓPEZ.

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: Proyecto de Innovación Educativa 1984.

duración: 1984-86.

Planteamiento y objetivos

En este trabajo se refleja la creación y puesta en marcha de un huerto escolar (invernadero y huerto exterior) en un centro de Bachillerato.

El planteamiento de la actividad parte de la idea de que la introducción de un huerto agrícola en los centros de Bachillerato puede servir como factor de integración entre teoría y práctica y, al mismo tiempo, como vía para la articulación del proceso de aprendizaje con el mundo productivo, acercando al alumno a la naturaleza y al entorno social que le rodea.

Otros factores positivos que se señalan son: el avance en la ruptura de la dicotomía existente entre la enseñanza clásica-intelectual y la técnico-profesional; el acercamiento del alumno hacia una importante actividad productiva de la región; apoyar la didáctica de las ciencias naturales (desarrollo de las capacidades de observación, experimentación, análisis e interpretación); el desarrollo de una educación ambiental (conocimiento del medio y acción humana, desarrollo de actitudes y capacidades críticas); la potenciación del trabajo en equipo; la contribución a la educación para la convivencia.

El planteamiento inicial en el primer año de desarrollo del proyecto evoluciona en el segundo con su vinculación a la creación de una nueva E.A.T.P. denominada "Botánica Aplicada".

Metodología

La metodología es eminentemente activa por parte de los alumnos participantes en el proyecto. Se pretende que asuman una responsabilidad significativa en el desarrollo de la experiencia, no limitándose a ser meros receptores de información, ni simples ejecutores de unas instrucciones previamente elaboradas.

El contenido de la E.A.T.P. se estructura en varias unidades, para cada una de las cuales se desarrolla un método de trabajo que abarca desde la creación por equipos de una ficha de trabajo (planteamiento de objetivos, asignación de actividades, etc.) hasta su ejecución y la elaboración de los informes correspondientes.

Resultados

Se señala la utilización del invernadero como una experiencia inédita en lo que a Enseñanzas Medias se refiere. En la memoria se recogen desde las dificultades iniciales (ubicación, materiales, actuación de los alumnos, etc.) hasta su posible reconversión en la E.A.T.P. de "Botánica Aplicada": resumen de contenidos del temario, organización general (alumnos, horarios e infraestructura), objetivos, metodología, actividades desarrolladas (análisis y acondicionamiento del suelo, germinación y crecimiento, cultivo, estudio de climas y estudios de carácter teórico).

Se plantea una evaluación para valorar aspectos como el aumento de la creatividad, capacidad de observación, aumento de sensibilidad por los problemas ambientales, etc., basada en la realización de baterías de pruebas objetivas por el grupo experimental y por grupos control (alumnos no sometidos a la experiencia). No se ofrecen resultados concretos al no considerarse el grupo experimental lo suficientemente significativo.

Se mencionan, por último, algunas correcciones interesantes en la mejora de la experiencia para desarrollos posteriores.

Descriptorios

Enseñanza Secundaria
Ciencias de la Naturaleza, Medio ambiente
Medios de enseñanza

Estudio lexicométrico para la enseñanza de la Biología.

autores: Antonio ALCOBA MUÑOZ, M.^a Félix BASTIDA DE LA CALLE, Francisco RAMOS FERNÁNDEZ, M.^a José SÁNCHEZ VEGA y Julio SOTO LÓPEZ.

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: XIII Plan Nacional de Investigación Educativa.

duración: 1984-86.

Planteamiento y objetivos

El objetivo de esta investigación consiste en realizar un estudio lexicométrico del vocabulario de la biología, como manifestación de su campo conceptual, que sirva de base a múltiples actividades didácticas. Se plantea dar respuestas a preguntas tales como: ¿cuál es la extensión del vocabulario biológico?, ¿cuál es su composición?, ¿qué comparte con otros vocabularios?, ¿qué es lo que tiene de exclusivo?.

El planteamiento parte de la consideración del vocabulario como elemento fundamental de cualquier metodología de enseñanza de la ciencia. Es además el elemento más flexible, profundo y efectivo, así como el sector en que mejor se reflejan los éxitos de toda técnica docente.

Este trabajo se refiere a los sustantivos (componentes estáticos del campo conceptual de la biología), para que posteriormente pueda ser ampliado con otro estudio en el que se analicen los adjetivos calificativos y los verbos.

Metodología

A partir de un muestreo de textos biológicos pertenecientes a una decena de libros de Biología General y a cinco revistas científicas y de divulgación, publicados entre 1970 y 1983, se extrajo

una muestra total de 1200 páginas, distribuidas a partes iguales entre libros y revistas. De aquí se obtiene un banco de datos de 112.098 términos, distribuidos en 4167 sustantivos distintos con frecuencia mayor o igual a 3. Toda esta información, reunida en complejos listados, es procesada informáticamente bajo diferentes perspectivas (frecuencias, subdivisión en deciles, índices de exclusividad y especificidad, etc.).

Resultados

Se ofrecen y analizan una serie de listados en los que aparecen los sustantivos ordenados bajo diferentes criterios: relación de palabras ordenadas alfabéticamente y por frecuencias (listados I y II); relación de palabras que aparecen sólo en libros (III) y sólo en revistas (IV); relación general de sustantivos con índice de exclusividad igual o menor de -3 (V); relación de sustantivos agrupados por índice de exclusividad (VI) y especificidad (VII); relación de sustantivos biológicos con asignación de ciencia (VIII y IX) y de nivel de organización (X); relación de sustantivos con diferencia de frecuencia en revistas y libros (XI y XII); relación de sustantivos biológicos que no figuran en el Diccionario Científico y Técnico (XIII) y con frecuencia significativa (XIV); relación de autores que aparecen citados en revistas y libros (Apéndice).

El análisis de estos listados se refleja en cuadros y gráficas señalándose, entre otras, las siguientes conclusiones:

- En cuanto a la frecuencia de uso, únicamente 15 sustantivos constituyen el 10% de la muestra (252 el 50%).
- Se obtiene un listado de 834 sustantivos biológicos con índice de exclusividad menor de -3 (su frecuencia en el vocabulario biológico es significativamente más elevada que en el vocabulario común, ordenados según dicho índice y según su frecuencia de uso -índice de especificidad-).
- Los sustantivos relacionados con la medicina y la microbiología son mucho más abundantes en las revistas que en los libros, ocurriendo lo contrario con los términos de anatomía y botánica.

Se considera que el presente estudio suministra una información objetiva que permite:

- conocer los diferentes aspectos del vocabulario biológico;
- mejorar la enseñanza de la biología posibilitando el empleo sistemático de una escala lexicométrica;
- mejorar las pruebas de evaluación en orden a conseguir la mayor adecuación y objetividad;
- estudiar el valor informativo de los distintos conceptos biológicos;
- comparar el vocabulario biológico de los textos docentes y el de la biología viva;
- disponer de un banco de datos de conceptos biológicos para posibles futuros estudios;
- posibilitar una enseñanza sistemática del vocabulario biológico en cuanto a método docente fundamental y en cuanto a técnica complementaria de cualquier metodología;
- disponer de una base estadística para la elaboración de diccionarios y vocabularios biológicos.

El carácter fundamental de esta investigación puede servir de base para todo tipo de investigaciones pedagógicas y didácticas. En este sentido, se expone un estudio realizado acerca del valor informativo de un cierto número de sustantivos biológicos en el que se pone de manifiesto la posible relevancia que los "preconceptos" tienen en el aprendizaje de las ciencias.

Descriptores

Biología
Léxico

Medio ambiente y adaptaciones.

autor: Valentín GAVIDIA CATALÁN.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1984, modalidad Breviarios de Educación (accésit).

Publicado por MEC/Centro de Publicaciones, Colección "Breviarios de Educación", nº 16. Madrid, 1987.

Planteamientos y objetivos

El objetivo de este trabajo consiste en la elaboración de un material didáctico para el estudio del entorno físico y los factores que le caracterizan, así como las adaptaciones que los seres vivos presentan a dichos factores. Se parte del presupuesto de que la escuela debe estar vinculada a su entorno, tanto por razones formativas como metodológicas.

La metodología utilizada en el tratamiento de estos problemas es acorde con la concepción de una educación ambiental que incluye, entre sus objetivos, el propósito de preparar ciudadanos libres y críticos, y también lo es con el desarrollo de una pedagogía activa en la que el alumno es protagonista de su propio aprendizaje.

Se considera, por tanto, que los temas deben ser tratados vivencialmente y que el descubrimiento mediante un proceso científico de los elementos que componen el medio ambiente próximo despertará el interés del alumno y le motivará para hacerse preguntas o iniciar investigaciones adecuadas.

Así pues, la metodología empleada intenta ser científica y activa, por lo que:

- el tratamiento de los temas se combina con preguntas que invitan a la reflexión, a una observación o a la realización de algunas actividades;
- el tratamiento de los temas no es cerrado, se sugieren muchas actividades para fomentar el descubrimiento, la observación, la toma de datos, el trabajo en equipo, etc.;

- el método subyacente es siempre inductivo, ya que después de ir analizando una serie de puntos concretos se intenta llegar a una generalización adecuada.

Contenidos

En este material, se presentan los diferentes temas, acompañados siempre de abundantes observaciones, ilustraciones, actividades y cuestiones que invitan a la reflexión sobre la mayoría de los aspectos estudiados. Además del estudio independiente de cada materia considerada, se hacen comparaciones globalizadoras de algunas.

Se comienza con algunas observaciones conceptuales sobre la adaptación, en las que se señalan los resultados de encuestas que se han hecho en Enseñanzas Medias sobre el tema (en una muestra de 300 alumnos, el 90% afirman que el camaleón o los cactus están más adaptados que un perro, un gato, un alga o un naranjo).

A continuación se desarrollan los contenidos del material, organizados en dos apartados: *El medio ambiente físico* y *La adaptación biológica*.

El primero contiene un diagrama conceptual que presenta el análisis de los factores físicos que componen el medio: radiación-luz-iluminación; agua; temperatura; acción conjunta de los factores físicos; gases atmosféricos; elementos nutritivos; densidad, presión, corriente y viscosidad; sustrato (medio acuático y aéreo; el suelo); caracteres diferenciales del medio aéreo y del medio acuático.

En el apartado *La adaptación biológica* primeramente se definen los conceptos de adaptabilidad y adaptación y después se elabora su diagrama conceptual, en el cual se recogen tres aspectos distintos:

- Adaptación a los factores físico-químicos: se realizan observaciones y se proponen actividades sobre las adaptaciones que los seres vivos presentan ante cada uno de los factores anteriores.
- Adaptación a los factores biológicos: adaptaciones morfológicas, fisiológicas y etológicas ante el conjunto de los seres vivos que habitan el ecosistema. Incluye adaptaciones

a la defensa (formas, coloraciones, etc), al tipo de alimentación (animales y vegetales) y a la reproducción (búsqueda de pareja, atracción–dimorfismo sexual, cuidado de la puesta y nido, número de huevos, cuidado de la prole).

- Convergencia y divergencia: se inicia en este punto una aproximación al tratamiento de la evolución, aunque se considera un tema complejo y no oportuno para alumnos menores de 15 años, por no adecuarse a su desarrollo intelectual.

Se termina con una introducción a la biogeografía. Al final de la obra existe un apéndice con lecturas recomendadas.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Medio ambiente
Medios de enseñanza

Posibilidades y metodología en el empleo del vídeo como recurso didáctico. Aplicación concreta a tres asignaturas: Arte, Biología e Historia.

autores: Teodoro MARTÍN MARTÍN (director), Amparo SUÁREZ-BARCENA LLERA, Amalio TOBOSO BORRELLA y Gonzalo CABALLERO BRID (colaboradores).

procedencia: *Universidad Autónoma de Madrid.*

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1984.

duración: 1984-86.

Planteamiento y objetivos

El objetivo de esta investigación consiste en averiguar la idoneidad del vídeo como medio para el logro de unos objetivos educativos prefijados. Para ello se ha evaluado el efecto de la utilización de este medio en seis Institutos de Bachillerato de Madrid.

Metodología

Los centros se han seleccionado en zonas de diferente nivel económico. El número de alumnos sujetos a la experimentación en cada centro oscila entre un máximo de 34 y un mínimo de 17. Los alumnos observaron los programas de vídeo y contestaron por escrito a encuestas específicas, relativas a los objetivos pretendidos. Mediante las encuestas se ha tratado de determinar el grado de comprensión de los contenidos y la valoración del modo en que se ha aplicado el "lenguaje videográfico" a esos contenidos.

El equipo investigador, después de una revisión del material videográfico didáctico disponible en el mercado, ha creído necesario elaborar seis vídeos monográficos cuyos títulos son los siguien-

tes: "Barroco", "Vanguardia", "El ocio en la Roma Antigua", "El poder en la Historia", "Protozoos" y "Briofitos". Este material es el que se ha utilizado en la investigación.

Resultados

Se presentan tablas de resultados absolutos de las respuestas a las encuestas y tablas de porcentajes de los mismos. Los resultados muestran que el vídeo es un instrumento adecuado para la obtención de objetivos educativos. Esta valoración genérica queda matizada con la observación de que este medio debe utilizarse como complemento del trabajo del profesor, no como sustituto de éste.

La memoria final está dividida en tres grandes apartados que refieren los resultados de la investigación en las tres materias objeto del estudio: Arte, Historia y Biología.

Descriptores

Enseñanza Secundaria
Biología, Arte, Historia
Medios audiovisuales, Videocassette

Aplicación de los microcomputadores a la enseñanza de la Bioquímica (II).

autores: Jesús F. ESCANERO MARCÉN (director) y José ALDA TORRUBIA (colaborador).

procedencia: Universidad de Zaragoza.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1985.

duración: 1985-87.

Planteamiento y objetivos

Esta investigación completa una anterior realizada por el mismo equipo, en la que se habían elaborado unos programas de Enseñanza Asistida por Ordenador. En el trabajo presente, se investiga la hipótesis de que la utilización de estos programas mejora el rendimiento académico de los alumnos y se formulan los siguientes objetivos:

- elaborar utilidades de dibujo para presentación en pantalla de la información;
- realizar un programa para ordenador destinado a la enseñanza de la bioquímica de los ácidos nucleicos mediante un sistema de preguntas y respuestas de elección múltiple;
- efectuar un estudio correlacional del rendimiento académico entre dos grupos, uno de ellos utilizando una metodología "tradicional" y el otro incorporando, además, el uso de los programas elaborados para el ordenador.

Metodología

Las variables estudiadas han sido las notas finales de la asignatura y la nota de la parte que ha sido tratada en los programas para ordenador durante los cursos 1985-86 y 1986-87.

Durante el primer curso, el grupo experimental estaba com-

puesto por 16 alumnos y el grupo de control quedó establecido por los 93 alumnos restantes del curso de Bioquímica de la Facultad de Medicina.

En el curso 1986-87 el grupo experimental lo componían 12 alumnos y el de control no queda especificado.

Los autores previenen sobre el carácter sesgado de esta muestra al ser autoseleccionada y no aleatoria.

En cada uno de los dos cursos se han recogido las notas de los exámenes parcial y final, procediéndose al cálculo de las notas medias y significatividad de los grupos.

Resultados

Desde el punto de vista productivo, el resultado ha sido el desarrollo de utilidades de dibujo y la realización de un programa de ordenador para la enseñanza de la bioquímica de los ácidos nucleicos.

Desde el punto de vista educativo, los autores han detectado un mejor rendimiento en los alumnos, que además de las clases tradicionales utilizaban este recurso, si bien en este resultado debe tenerse en cuenta el carácter sesgado de la muestra ya advertido.

Descriptores

Enseñanza Superior
Biología, Bioquímica
Uso didáctico del ordenador

Descubrimos nuestro medio.

autores: Francisco V. CABALLERO PALANCA.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1985, modalidad Innovación Educativa (accésit).

Planteamiento y objetivos

En este trabajo se presenta una serie de actividades llevadas a cabo con alumnos de diversos niveles de un centro de EGB circunscrito en el ámbito rural de un pueblo valenciano. Se pretende poner en funcionamiento una metodología que proporcione a los alumnos la oportunidad de conocer su entorno mediante la observación y la realización de pequeñas experiencias a partir de la realidad que le rodea, así como el desarrollo de una actitud de respeto al medio en el que se desenvuelven.

Se establece una serie de objetivos que abarcan el planteamiento educativo, los alumnos, los padres, las instituciones locales, etc.

La experiencia se desarrolla a lo largo de varios años y se considera abierta al término de esta investigación. Los temas trabajados incluyen aspectos de agricultura, de ganadería, de transformación de productos naturales, de relación con el entorno social, etc.

Metodología

La metodología es activa y participativa; se pretende que los alumnos aprendan divirtiéndose. Se parte de lo conocido y concreto para ir a la búsqueda de algo desconocido o de nuevas soluciones.

El trabajo de campo es el eje alrededor del cual giran las actividades de los programas académicos. El trabajo en el aula se convierte así en una elaboración y reflexión sobre los datos y experiencias procedentes del trabajo de campo.

En la idea de conectar la escuela con el pueblo, se realizan diferentes actividades para implicar a varios estamentos locales.

Resultados

Se presenta abundante material sobre todas las actividades realizadas: creación de un huerto escolar (épocas de siembra, regado, etc.); análisis de suelos (retención de agua, pH...); creación de un archivo-museo para la exposición de las actividades realizadas; estudio integral del olivo (localización, preparación de aceitunas...) y del esparto (localización, utilización tradicional, plantación y cuidado...); construcción de distintos tipos de terrarios (para hormigas, lombrices, mariposas...); estudios sobre apicultura y sobre helicicultura; creación de incubadoras para pollos; transformación de productos naturales, conservas, embutidos, construcción de cometas...); publicidad; creación de un periódico escolar; entrevistas a varios personajes del pueblo; etc.

Asimismo, se presentan trabajos elaborados por los propios alumnos y se señalan algunos de los problemas surgidos durante el desarrollo de la experiencia así como las soluciones aportadas.

Descriptoros

Enseñanza Primaria, Enseñanza Secundaria
Medio ambiente
Interdisciplinariedad, Medios de enseñanza

El Instituto de Bachillerato y su posible contribución al estudio del Medio Ambiente.

autores: Celso FERNÁNDEZ GÓMEZ (coordinador),
Ángeles VALDÉS AMADO y Alfonso RODRÍGUEZ
MARTÍNEZ.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e
Innovación Educativas 1985, modalidad
Innovación Educativa (premio).

Planteamiento y objetivos

En esta investigación se pretende demostrar cómo un Instituto de Bachillerato puede contribuir de manera importante al estudio del medio ambiente de su comarca. Para ello, se plantea que alumnos de COU lleven a cabo el estudio de un tramo fluvial próximo al centro: los últimos trece kms. del río Cares-Deva, en el límite entre Asturias y Cantabria, desde su paso por Panes hasta su desembocadura en la ría de Tinamayor (Bustio-Unquera).

La elección de esta zona no es arbitraria, se pretende la máxima implicación social y son varios los factores aducidos en su favor: escaso interés de los organismos competentes; participación activa del otro I.B. más próximo al río y de las organizaciones sociales de la zona (el F.A.P.A.S. –Fondo Asturiano para la Protección de los Animales Salvajes– y Cruz Roja del Mar); además, dicho tramo recibe vertidos de todos los Ayuntamientos a los que pertenecen los alumnos, lo cual podría motivar una colaboración activa de los mismos.

Con este planteamiento se buscan los siguientes objetivos:

- Familiarizarse con el método científico como instrumento indispensable del proceso de aprendizaje.
- Darle carácter experimental al menos a una parte de la biología, tal como se la denomina didácticamente.

- Establecer las oportunas correlaciones entre parámetros físico-químicos y biológicos, para tratar de definir los índices bióticos como indicativos de alteraciones en las condiciones de equilibrio de las poblaciones biológicas del río, como consecuencia de las agresiones medioambientales.
- Dejar la investigación abierta a otros grupos de trabajo, pudiéndose llegar, en su caso, a una integración de los resultados.

Metodología

Los alumnos participantes en el proyecto se dividen en tres grupos, cada uno de los cuales trabaja en: ornitología, estudio de la microfauna que se desarrolla en el lecho del río y medida de varios parámetros físico-químicos en distintos puntos de su recorrido. La metodología utilizada en cada caso es muy diferente.

La zona de estudio del grupo dedicado a la ornitología abarca la ría de Tina Mayor. Los métodos se basan en la observación directa y precisa de las aves, para lo cual se realizan recorridos de observación por todo el área y anillamientos selectivos. Se pretende así clasificar las aves según diversos criterios (estatus, alimentación, frecuencia).

El grupo de estudios de microfauna se centra en los macroinvertebrados que se desarrollan en el lecho del río, con la intención de llegar al establecimiento de los índices bióticos. Una vez recogida la muestra, se determinan los individuos (habitualmente a nivel de género) y se establece su abundancia relativa. Se construyen tablas de registro de estas variables.

El tercer grupo de estudio realiza medidas a lo largo del río, en varios puntos de muestreo, de los siguientes parámetros físico-químicos que en principio pueden ser indicadores de la contaminación del agua: temperatura, pH, dureza, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno; contenido del agua en nitritos, nitratos y amoníaco. Se explica detalladamente el material y la técnica de medición de cada uno de ellos.

Resultados

Se destacan algunas conclusiones de los grupos de trabajo:

- Clasificación de las especies orníticas, presentándose tablas que relacionan estas variables y comentarios sobre cada una de las especies observadas. Se contribuye así al conocimiento de la ornitofauna de la zona oriental de Asturias.
- El factor con mayor influencia sobre la distribución de los taxones de macroinvertebrados muestreados es el substrato.
- En el punto en el que la igualdad del substrato permite observar los efectos de los parámetros físico-químicos diferenciadores, se puede afirmar que la temperatura elevada y la abundancia de materia orgánica reduce la diversidad de especies.
- Cuanto menor sea la importancia del vertido, mayor complejidad trófica se da en el ecosistema acuático.
- Se estudian estadísticamente los diversos parámetros físico-químicos y se encuentran correlaciones numéricas significativas entre varios de ellos.
- No solamente la materia orgánica puede ser usada como indicativa de los vertidos, también los niveles de cloruros y de oxígeno pueden tomarse como índices.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Medio ambiente

Interdisciplinariedad, Medios de enseñanza

El tabaco: entre ciencia y conciencia.

autores: Valentín GAVIDIA CATALÁN y Enrique GUI-LLÉM SALELLES.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1985, modalidad Innovación Educativa (accésit).

Planteamiento y objetivos

El propósito fundamental de esta investigación es la creación de un material de trabajo en el aula que permita abordar, desde una perspectiva abierta y dinámica, el problema del consumo de tabaco, una de las mayores amenazas que existen actualmente sobre la salud. Se trata de que, a través de toda una serie de actividades, el alumno llegue a un conocimiento del tabaco y constate los posibles grados de interacción entre éste y su cuerpo.

Los objetivos corresponden a diferentes ámbitos:

- Conducta: desarrollo de una actitud crítico-científica frente al tabaco; reafirmar la actitud de no fumar de los alumnos que no lo hacen y tratar de que los fumadores dejen de hacerlo; respetar la actitud de los no fumadores.
- Conocimientos: sobre agricultura, industria, negocio y consumo, historia y legislación del tabaco; interacción tabaco-cuerpo humano; efectos nocivos para la salud.
- Habilidades: desarrollo de la curiosidad científica, la observación, el análisis y la destreza experimental.

Metodología

Se proponen actividades muy variadas en una seriación lógica en las que el alumno va fijando los contenidos de información que aparecen. La utilización del método científico en el planteamiento y desarrollo de experiencias aseguran el máximo rigor y credibilidad.

Las mencionadas actividades, encaminadas a la consecución de los objetivos anteriormente señalados, abarcan la búsqueda de bibliografía, la reflexión frente a conductas individuales y colectivas, trabajos en grupo e individuales, creación de experiencias de laboratorio, etc.

Resultados

Se presenta abundante material que abarca todo el proceso metodológico:

- textos de información sobre la planta del tabaco, procesamiento, consecuencias del tabaquismo, etc.;
- encuestas sobre hábitos y conductas individuales y colectivas frente al tema;
- experiencia para la determinación de la “velocidad de fumar” a partir de un “simulador”;
- determinación de depósitos sólidos en los filtros;
- determinación de la existencia de óxidos de nitrógeno en el humo;
- determinación de la solubilidad de algunos componentes del humo del tabaco;
- recorrido del humo por el interior del cuerpo (estudio del aparato respiratorio);
- acción del humo en la boca;
- acción del alquitrán en la tráquea y los bronquios;
- permanencia del humo en los pulmones;
- acción del humo sobre el aparato circulatorio (óxidos de nitrógeno, nicotina y monóxido de carbono);
- actividades encaminadas a reducir el hábito de fumar;
- legislación sobre tabaco y salud; etc.

Se señalan también posibilidades de actuación en el aula sobre algunos de los aspectos mencionados anteriormente y se presentan posibles modelos de evaluación que contemplan los objetivos de conducta, de conocimientos y de desarrollo de habilidades.

Todo este material se presenta en dos volúmenes diferentes: el cuaderno del alumno, con desarrollos específicos de todas las experiencias, y el cuaderno del profesor, con abundantes justificaciones y referencias metodológicas.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Biología, Salud

Medios de enseñanza, Interdisciplinariedad

Escala lexicométrica para la enseñanza de la Biología, II: adjetivos y verbos.

autores: Antonio ALCOBA MUÑOZ, M.^a Félix BASTIDA DE LA CALLE, Ángel GARCÍA SANTIAGO, Francisco RAMOS FERNÁNDEZ y Julio SOTO LÓPEZ.

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1985.

duración: 1985-87.

Planteamiento y objetivos

Esta investigación, relativa al vocabulario de la biología, tiene por objetivo conocer cuáles son las constantes y las variables del léxico y terminología biológicos, es decir, la estructura y la morfología del contenido conceptual de esta ciencia en su codificación didáctica.

Supone la continuación de un primer trabajo dedicado al estudio de los sustantivos (constituyentes estáticos del campo conceptual de la biología), completándose ahora con el análisis de los adjetivos calificativos (principales determinantes que permiten fijar los límites del conocimiento de la naturaleza y su conceptualización) y los verbos (vocabulario biológico que representa el movimiento inherente a la vida).

El planteamiento parte de la consideración del vocabulario como elemento fundamental de cualquier metodología de enseñanza de la ciencia, siendo además el sector en el que mejor se reflejan los éxitos de todo método docente.

Metodología

A partir del análisis efectuado sobre una decena de libros clásicos de Biología General (Curtis, Grasse, Weisz, etc) y de revistas

científicas ampliamente conocidas, se obtiene una muestra que constituye un banco de datos de 115.696 términos tratados estadísticamente (cálculo de frecuencias, índices de exclusividad y especificidad, etc.), y de los que posteriormente se eliminan aquéllos con frecuencia menor o igual a 3 por considerarse poco significativos. Toda esta información, reunida en completos listados, es procesada bajo diferentes perspectivas utilizando para ello sistemas informáticos.

Resultados

De los 115.696 términos considerados, una tercera parte son adjetivos y los otros dos tercios restantes verbos, pertenecientes a 4.152 términos diferentes, con una distribución entre adjetivos (2.587) y verbos (1.565) invertida frente a los datos brutos; es decir, los verbos son menos y se usan más (carácter estructural) y los adjetivos, más numerosos, se emplean en menos casos (carácter morfológico).

Se ofrece y analiza una serie de listados ordenando adjetivos y verbos bajo diferentes criterios: Adjetivos ordenados alfabéticamente y por frecuencias (listados I y II); Verbos ordenados alfabéticamente y por frecuencias (III y IV); Adjetivos con Índice de Exclusividad menor de -3 (adjetivos con significado biológico, V); Verbos con Índice de Exclusividad menor de -3 (verbos con significado biológico, VI); Adjetivos con significado biológico agrupados por Índice de Especificidad y por Índice de Exclusividad (VII y VIII); Verbos con significado biológico agrupados por Índice de Especificidad y por Índice de Exclusividad (IX y X); Adjetivos y verbos que no figuran en el *Diccionario de la Lengua Española* de la R.A.E. (1984), ordenados alfabéticamente y por frecuencias.

A través de una serie de cuadros y gráficas se cuantifica la importancia del uso de cada palabra, se comparan proporciones del vocabulario biológico con el común, etc. Asimismo se presenta una relación de autores que aparecen citados en revistas y libros.

Se considera que los resultados ofrecidos, además de constituir un importante cuerpo conceptual, suministran una información objetiva para:

- conocer los distintos aspectos del vocabulario biológico;
- mejorar la enseñanza de la biología posibilitando el empleo sistemático de una escala lexicométrica;
- mejorar las pruebas de evaluación con vistas a conseguir la mayor adecuación y objetividad;
- estudiar el valor informativo de los distintos conceptos biológicos;
- posibilitar una enseñanza sistemática del vocabulario biológico en cuanto método docente fundamental y en cuanto técnica complementaria de cualquier metodología;
- elaborar diccionarios y vocabularios biológicos;
- comparar el vocabulario biológico de los textos docentes y el de la biología viva.

Descriptores

Biología
Léxico

Aplicación de métodos físicos y químicos al estudio de los ecosistemas.

autores: Santiago BERNAL GIMÉNEZ y Antonio ESCLAPÉS PERALTA.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1985 (mención honorífica).

Planteamiento y objetivos

Partiendo del estudio de un ecosistema natural se pretende cubrir, entre los alumnos participantes en la investigación, toda una serie de objetivos didácticos, que pueden resumirse en los siguientes:

- Desarrollo del espíritu científico del alumno.
- Formación integral de la personalidad científica del individuo y del grupo.
- Adquisición de técnicas científicas y de la capacidad de interpretación de resultados.
- Reconocimiento de la relación entre conocimientos adquiridos y observación directa.

Metodología

El trabajo se centra en el estudio de un ecosistema de monte bajo y las zonas cultivadas adyacentes, localizado en el término de Tárbenas (Alicante). Es llevado a cabo por varios grupos de alumnos de 2º y 3º de BUP de un Instituto de Alicante. La actividad se desarrolla en varias fases:

1. Explicación general y adquisición de los conocimientos y habilidades necesarias (manejo de mapas geológicos, redes hidrográficas...).

2. Entrega y análisis de la información escrita (guiones de campo).
3. Trabajo de campo. Se realiza en régimen de acampada y su contenido comprende estudios de:
 - Geografía física (localización geográfica, mapas topográficos,...).
 - Geología, especialmente modelado kárstico.
 - Ecología (comunidades vegetales, poblaciones animales, biomasa, productividad,...).
 - Análisis de suelos: granulometría, salinidad, pH, determinaciones químicas,...
 - Análisis de aguas: estudios de varias características físico-químicas.
 - Análisis de componentes minerales de tejidos vegetales (nitratos, fosfatos,...).
4. Análisis y discusión de los datos obtenidos y elaboración de informes escritos.

En el desarrollo de esta metodología se han utilizado diferentes materiales y técnicas analíticas. La evaluación del trabajo del alumno se contempla dentro del rendimiento global en el curso valorando distintos aspectos objetivos y subjetivos.

Resultados

En general, los objetivos programados al inicio del trabajo se consideran alcanzados plenamente, pudiendo destacarse como conclusiones más importantes:

- Participación individual aceptable de los alumnos y rendimiento muy satisfactorio a nivel de grupo.
- El elevado interés mostrado por el alumno hacia las técnicas de trabajo de campo ha propiciado un importante aprendizaje de las mismas, así como de la interrelación entre los métodos científicos utilizados en las diferentes disciplinas abordadas.
- Importante aplicación de los conocimientos teóricos en la resolución de los problemas prácticos, siendo en esto, no obstante, donde se presentaban las mayores dificultades.

- Enriquecimiento de los valores humanos de los alumnos derivado, por un lado, de las buenas relaciones entre ellos y los profesores y, por otro, de haberse conseguido una mayor actitud de respeto hacia el medio ambiente y un mayor interés por su conocimiento.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Medio ambiente

Interdisciplinariedad, Actividades fuera de programa, Trabajos prácticos

Evaluación de métodos de simulación informática en Enseñanzas Técnicas Superiores. Aplicación a la Mecánica del suelo.

autores: José M. SÁNCHEZ ALCITURRI (director), César SAGASETA, Rafael ARROYO, Jorge CAÑIZAL y Federico CAPELLÁN (colaboradores).

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1985.

duración: 1985-87.

Planteamiento y objetivos

El objeto de este trabajo es crear unos programas específicos de ordenador que eliminen tareas de cálculo y posibiliten además la obtención de gráficos. Se parte de la necesidad de dedicar un mayor tiempo al análisis de resultados de los ejercicios prácticos de la asignatura Geotecnia I, en el cuarto curso de Ingenieros de Caminos.

Se formula la hipótesis de que el uso de ciertos programas de ordenador, al aliviar a los alumnos de tareas de cálculo y operacionales, permitirá una mayor dedicación al estudio y análisis de los resultados.

Para conseguir estos objetivos, el propio equipo ha elaborado unos programas *ad hoc* para el estudio de la teoría de la elasticidad aplicados a la mecánica del suelo, que después serán utilizados por los alumnos.

Metodología

La variable objeto de estudio es el rendimiento académico, comparándose los resultados en la misma asignatura de temas en los que no se han empleado los programas con otros en los que sí.

La muestra ha estado compuesta por 20 alumnos de cuarto curso del nivel universitario.

Para el análisis estadístico, la variable “nota de los alumnos” ha sido muestreada en sucesivas fases: notas parciales correspondientes a temas en los que no se utilizaron los programas de ordenador creados al efecto y nota correspondiente a un tema en el que se usaron los programas. Con estos datos se hizo un estudio correlacional.

Resultados

El resultado más relevante es que no existe mejora en las calificaciones con la utilización del método propuesto, ni se da correlación alguna entre las calificaciones de los restantes temas de la asignatura y las del utilizado como experimental.

Como posibles razones para explicarlo se señalan:

- el alumno no está acostumbrado a la utilización de ayudas del tipo propuesto en su formación;
- el sistema utilizado y el diseño de actividades ha sido erróneo;
- los programas desarrollados no son adecuados a la finalidad perseguida, indicando que quizás este último motivo ha sido el más importante.

Descriptores

Enseñanza Superior
Geología, Ingeniería
Uso didáctico del ordenador

Técnicos especialistas en los productos de alimentación: un reto a la Comunidad Económica Europea.

autores: Benjamín PAREDES GARCÍA-VINIEGRAS (director) y José M.^a LÓPEZ CUÉTARA (colaborador).

procedencia: Universidad de Oviedo.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1985.

duración: 1985-86.

Esta investigación recibe el accésit en la convocatoria de Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativa 1986, modalidad Innovación.

Planteamiento y objetivos

Se pretende potenciar y agilizar la creación de unas enseñanzas profesionales de Tecnología de los Alimentos, dentro del marco de la Reforma de las Enseñanzas Medias, elaborando este estudio, que trata de proporcionar a las autoridades y técnicos educativos una información actual sobre:

1. Organización y funcionamiento de cuatro centros enclavados en territorio CEE que imparten enseñanzas de tecnología alimentaria.
2. Actitud de las empresas españolas del sector de la alimentación frente a las enseñanzas profesionales de tecnología alimentaria.
3. Un plan de estudios para unas enseñanzas profesionales de tecnología alimentaria en España.
4. Un plan de dotaciones, humanas y materiales, precisas para la implantación de dichas enseñanzas.

5. Una posible ubicación de los centros de formación en dichas actividades coincidente con la red de Centros de Enseñanzas Integradas existente en el territorio nacional.

Metodología

Con objeto de alcanzar la información reseñada en el primer punto, se han visitado cuatro centros de formación de Francia, Reino Unido, Dinamarca y República Federal de Alemania, de los cuales dos eran públicos y los otros dos eran privados.

Se ha recogido información de cada uno de estos centros relativa a su organización directiva, financiera y académica, así como a sus dotaciones humanas y materiales.

Para obtener la información reseñada en el segundo punto sobre la actitud de las empresas, se han empleado dos procedimientos:

- reuniones con los secretarios de las más importantes asociaciones nacionales y regionales de productos alimenticios y bebidas;
- encuesta dirigida a 130 empresarios del sector, recabando, entre otras, información sobre su predisposición a aceptar en su empresa a alumnos en periodo de prácticas y su interés para participar en consejos de dirección de los centros de formación.

Los otros tres puntos son el resultado de un estudio teórico apoyado en una base bibliográfica, unas previsiones sobre la orientación de la LOGSE y los conocimientos obtenidos de los dos apartados anteriores.

Resultados

Como resultados de este trabajo, se han elaborado:

- un programa de estudios y contenidos de los tres módulos que previsiblemente surgirán de la Reforma de las En-

señanzas Medias: Módulos profesionales, Formación ocupacional y Módulos ocupacionales;

- un plan de dotaciones humanas y materiales necesario para la viabilidad de tales estudios;
- un temario de oposiciones para los profesores de la nueva disciplina en los estudios profesionales: la tecnología de los alimentos;
- un estudio sobre la viabilidad e idoneidad de que los Centros de Enseñanzas Integradas se conviertan en los centros donde se impartan estas enseñanzas profesionales;
- una extensa bibliografía especializada de libros y revistas relacionados con estos temas de tecnología alimentaria que podría servir de base para la dotación de los centros donde se impartan estas materias.

Entre otras consideraciones de carácter general cabe destacar el papel preponderante que los autores otorgan a la colaboración y entendimiento que debe existir entre los sectores educativo y productivo para el éxito de tales enseñanzas.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Biología, Nutrición

Programa de estudios, Asignación de recursos

Análisis estructural de las prácticas de laboratorio de Biología.

autores: M.^a Félix BASTIDA DE LA CALLE y Julio SOTO LÓPEZ.

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1986.

duración: 1986-89.

Planteamiento y objetivos

Resulta paradójico que a pesar del importante papel que se otorga al aprendizaje en el laboratorio, tanto desde los programas escolares como desde las publicaciones especializadas, sean numerosos los centros escolares donde los laboratorios se encuentran infrutilizados e incluso abandonados, predominando, cuando se utilizan, prácticas de laboratorio que se parecen bastante a “los recetarios de cocina”.

Las causas de esta mala utilización se han buscado en diversos factores externos a las propias prácticas, como son su falta de integración en los planes de estudio, la infraestructura de los centros, la política ministerial y la competencia de los docentes. La situación análoga que se registra en numerosos países con diferente grado de desarrollo económico y distintas estructuras educativas y currículos, hace pensar que las causas habría que buscarlas, en lugar de en los factores externos, en la propia estructura de las prácticas. Por ello, en la investigación se propone conocer el verdadero valor didáctico, alcance y eficacia de las prácticas de laboratorio tal y como se desarrollan en la mayoría de los centros educativos.

Se han diseñado dos vías de investigación:

- Realizar un análisis lexicométrico literal del propio texto de las prácticas de laboratorio.

- Estudiar las actividades, procesos y productos insertos, ya sea explícita o implícitamente, en la realización de las mismas.

Metodología

Se han analizado prácticas de laboratorio de 61 libros de texto de EGB, BUP y COU y 26 manuales de laboratorio editados durante la década 1976-1985. Cada una de las prácticas fue analizada por dos investigadores diferentes.

Para el estudio lexicométrico se han seleccionado los verbos (actividades) y los sustantivos (sujetos y objetos de las actividades).

Para el análisis estructural se han registrado los siguientes datos de cada práctica:

- aspectos generales: objetivos, tema, nivel educativo, tipo de agrupamiento que precisa, diferentes cuestiones relativas al lugar para su realización y tiempo estimado de duración;
- características generales: comprobatoria, grado de apertura, claridad en las instrucciones, etc.;
- actividades implicadas en la experimentación propuesta (planificación, ejecución y resultados);
- material, coste y tiempo de preparación.

Las dos vías de investigación empleadas han mostrado un elevado nivel de congruencia.

Resultados

Existe un predominio de las actividades informativas, manipulativas y/o instrumentales en detrimento de las de planificación, evaluación, interpretación y aplicación.

Se manifiesta una supremacía abrumadora de actividades que potencian la producción convergente frente a las que potencian la producción divergente.

Los temas que se tratan están más centrados en los intereses de la ciencia y de los científicos, con vistas a la realización de posteriores estudios, que con situaciones reales próximas a las experiencias vitales de los alumnos.

Descriptoros

Enseñanza Secundaria.

Ciencias Naturales, Biología.

Experiencia de laboratorio, Libro de texto.

Entorno urbano e interdisciplinariedad.

autores: José A. ÁLVAREZ CALVO, José A. JIMÉNEZ LÓPEZ y Antonio MORENO GALINDO.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1986 (mención honorífica).

Planteamiento y objetivos

En esta investigación los autores (pertenecientes al Colectivo de Innovación Educativa de Granada) se plantean el estudio interdisciplinar de un medio urbano inmediato: la barriada de Santa Adela, en el barrio del Zaidín de Granada. Se pretende utilizar el entorno habitual como punto de referencia en el proceso de aprendizaje del alumno, al considerar que dicho medio actúa como agente altamente motivador y que un estudio adecuado del mismo puede provocar la adquisición de métodos de trabajo útiles para la investigación de otras realidades más lejanas.

Este estudio se basa en:

- La interdisciplinariedad, necesaria para analizar todas las variables que directa o marginalmente integran un entorno (en este caso, el barrio) que habita o transforma el ser humano.
- Una metodología activa, que se refleja mediante una apertura del aula al entorno habitual del alumno, fomentando la creatividad y estableciendo una nueva relación educativa profesor-alumno (el profesor cambia su rol de informador a orientador y el alumno pasa a ser creador de información).

Metodología

La metodología se basa en la estrategia de la investigación-acción. Todos los elementos del modelo didáctico son diseñados siguiendo un criterio sistemático y homogéneo. La secuencia del

proceso tendrá necesariamente un carácter de descubrimiento. El modelo general de actuación es el siguiente:

1. Presentación del bloque temático y de actuación en el entorno.
2. Determinación del subsistema psicológico de los alumnos participantes en la experiencia desde un punto de vista cognitivo.
3. Asignación del diseño del subsistema didáctico a cada equipo de trabajo según la actividad a desarrollar.

El desarrollo de la experiencia abarca el estudio de:

- el medio físico de la barriada a partir de la elección de determinados núcleos de interés;
- la vivienda de la barriada;
- estudio sociológico;
- los hábitos de consumo;
- el lenguaje de programación LOGO para su aplicación en la creación de las gráficas que aparecen en la investigación.

Resultados

Se relacionan una serie de conclusiones específicas sobre cada uno de los aspectos desarrollados:

- a) Referidas al medio físico: planos a escala; el estudio de los cantos rodados (índice de aplanamiento) verifica un transporte en condiciones periglaciares; el terreno es de naturaleza limosa; niveles de contaminación acústica, atmosférica, acuática y por residuos sólidos variables aunque preocupantes en algunos puntos.
- b) Referentes a la vivienda de la barriada: este núcleo responde al Plan General de Reforma de 1949; su función es social; su diseño viario parece correcto.
- c) Referentes a la sociedad: la zona en su conjunto es interclasista, pero la ubicación de las viviendas no lo es; los accesos son aceptables, el número de puestos escolares es satisfactorio, no así los m² por alumno y la disponibilidad de material; la situación laboral es alarmante por el alto índice de paro; pujante asociacionismo.

- d) Referentes a los hábitos de consumo: se realiza un análisis comparado entre los hábitos de consumo en la barriada y una muestra a nivel nacional.

Se presenta, además, abundante material de investigación utilizado en el desarrollo de la experiencia (programa informático para el estudio del índice de aplanamiento de los cantos rodados, tablas de toma de datos, construcción de aparatos de medida, tablas alimentarias, etc.). Asimismo se señalan algunos aspectos generales concluyentes sobre educación medioambiental, valor educativo de la barriada, método científico, la investigación en el aula, e interdisciplinariedad.

Descriptores

Enseñanza Secundaria

Medio ambiente

Actividades fuera de programa, Interdisciplinariedad, Trabajos prácticos

La enseñanza de la Morfología Médica con módulos de autoaprendizaje y sus efectos sobre el recuerdo a largo plazo.

autores: Carlos ÍÑIGUEZ LOBATO, Miguel A. SORIA, Manuel J. GAYOSO y Javier AGUDO.

procedencia: Universidad de Valladolid.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1986.

duración: 1986-88.

Planteamiento y objetivos

Se pretende introducir y evaluar módulos de autoaprendizaje, adaptados a las recomendaciones de la O.M.S., en la enseñanza teórico-práctica de la morfología médica. Se comparan los resultados obtenidos por grupos de alumnos que utilizan esta metodología con grupos que reciben enseñanzas de la manera tradicional. Por último, se pretende entrenar a los futuros médicos en técnicas que utilizarán en su formación permanente como médicos en ejercicio.

Metodología

Se han diseñado los módulos de autoaprendizaje. Las partes del programa que iban a ser estudiadas con técnicas de autoinstrucción se han dividido en módulos, constituyendo conjuntos independientes de conocimientos cuyos contenidos no se han expuesto en las clases magistrales. Los contenidos han sido fijados por el colectivo de profesores de la materia, que han establecido los aspectos que el alumno debía conocer acerca de los diferentes temas, intentándose que los contenidos fuesen similares a los que se establecían mediante el método docente tradicional.

Una vez establecido el conjunto de objetivos, se ha procedido a diseñar los programas de autoaprendizaje específicos. Cuando han estado confeccionados, se han probado con un grupo reducido de alumnos, divididos en grupos de cuatro, que los han utilizado junto a un profesor, el cual debía corregir las diferencias y dificultades del programa antes de proceder a su redacción definitiva y aplicación a la totalidad de la muestra.

Los programas se han diseñado linealmente, transformándose en estructuras ramificadas, en particular en los puntos que ofrecían mayores dificultades (por ejemplo, la estructura ocular, morfología del oído medio e interno, etc.), incorporando a la parte final de los programas objetivos correspondientes a los niveles superiores de la taxonomía cognoscitiva (interpretación de datos, solución de problemas,...). En esta etapa se han incluido interpretaciones de tomografía axial y computerizada (T.A.C.), de resonancia magnética, etc. Para la ejecución de las prácticas se ha reunido a los alumnos en grupos de seis, que han trabajado en el laboratorio provistos del material de autoaprendizaje, al ritmo que ellos mismos se han marcado. La presencia de profesores en el laboratorio no ha interferido el proceso de autoaprendizaje.

La evaluación se ha realizado en los campos cognoscitivo, afectivo y sensoriomotor mediante pruebas específicas diseñadas a tal efecto.

En lo relativo al campo cognoscitivo, se han diseñado pruebas de elección múltiple, que han sido aplicadas al final del proceso experimental y después al cabo de nueve meses, para establecer las variaciones en rendimiento y eficacia en lo relativo al recuerdo de la materia.

Igualmente, y tomando como base los objetivos psicomotores, se ha diseñado una prueba relativa a las habilidades y conocimientos prácticos, que se ha llevado a cabo en laboratorio y con un adecuado control.

La medición de objetivos en el campo afectivo se ha realizado mediante una encuesta de opinión en la que se pedía a los alumnos que respondieran a diversas cuestiones sobre el autoaprendizaje, como técnica de enseñanza, relaciones con el profesorado, etc.

El contraste estadístico entre los grupos experimentales y de control se ha efectuado mediante los métodos estadísticos habituales (t-test, test de la mediana,...).

Las pruebas volvieron a ser pasadas al cabo de nueve meses con objeto de establecer el nivel de recuerdo conseguido por el método clásico y el basado en el autoaprendizaje.

Resultados

Los resultados, en el campo cognoscitivo, muestran un incremento general de rendimiento, que si bien es escasamente significativo en la prueba inicial, en cambio es significativo en gran medida en las pruebas que determinan el grado de recuerdo.

En el campo psicomotor, la enseñanza programada se ha mostrado particularmente eficaz, como demuestra el rendimiento del alumnado en la prueba práctica, aunque al no disponer de datos equivalentes de la enseñanza tradicional no se ha podido hacer un análisis comparativo.

Los resultados obtenidos en el campo afectivo son también muy positivos, aceptándose de forma generalizada la utilidad de la enseñanza programada, incrementándose la motivación hacia la materia y considerando que ha mejorado la relación con el profesorado.

Desscriptores

Enseñanza Superior

Biología, Medicina

Medios de enseñanza, Enseñanza programada, Autoaprendizaje,

Material autodidáctico

Perfil evolutivo y jerarquización de los conceptos en la enseñanza de la Biología. Propuesta de un modelo de evolución conceptual.

autores: M.^a Félix BASTIDA DE LA CALLE, Máximo LUFFIEGO GARCÍA, Francisco RAMOS FERNÁNDEZ y Julio SOTO LÓPEZ.

procedencia: Universidad de Cantabria.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1987.

duración: 1987-90.

Publicado por CIDE (MEC), Colección "Investigación", nº 63. Madrid, 1991, con el título de *Propuesta teórica y experimental de un modelo sistémico de evolución conceptual*.

Planteamiento y objetivos

Este trabajo, que se enmarca en la corriente constructivista, aporta un modelo de evolución de la estructura conceptual aplicando la Teoría de Sistemas a la investigación en didáctica de la biología. Los objetivos fundamentales son: establecer un modelo teórico de aprendizaje conceptual mediante la aplicación del enfoque sistémico; aplicar dicha metodología al tema de la nutrición humana con el fin de determinar los conceptos previos y los esquemas conceptuales del alumno, así como su distribución y evolución; y determinar la validación y ajuste del modelo.

Metodología

El estudio de la evolución conceptual se realiza a partir de las respuestas dadas por los alumnos (10-18 años) a un test de diagnóstico de esquemas conceptuales sobre el tema de la nutrición

humana, considerando parámetros de dispersión y equitatividad conceptual del esquema general.

La codificación y estudio de la información obtenida ha conducido a la elaboración de una tabla de evaluación conceptual y a una ficha de corrección del test. Los patrones obtenidos han sido estudiados en función de su variedad (tipos) y frecuencia (peso). Se lleva a cabo, asimismo, un estudio de las ideas subyacentes a dichos patrones así como una discusión sobre su grado de compartimentación y consecuencia.

Componen la muestra cinco grupos de alumnos de 1º de BUP, dos grupos de 3º de BUP y dos grupos de COU. Y para el nivel de EGB, un grupo de 6º, 7º y 8º respectivamente, totalizando 387 estudiantes.

Resultados

El análisis de la dispersión conceptual y equitatividad de los resultados muestra, en este estudio, que el aprendizaje de las cuestiones propuestas de biología no ocurre mediante un proceso progresivo, sino por un proceso abierto no lineal, constatándose, asimismo, que la dispersión conceptual y la equitatividad aumentan con la entrada de información, como postula el modelo. Sin embargo, no se confirma la producción de "reestructuración fuerte" en los alumnos, tal como preconiza el modelo, ya que es mínimo el número de alumnos de cursos superiores que logra organizar mentalmente el esquema científico.

Los conceptos previos detectados coinciden con los descritos en otras investigaciones. Se verifica, por otro lado, que los patrones representativos forman secuencias evolutivas en las que se aprecia un incremento del conocimiento descriptivo frente al explicativo.

Se ha puesto de manifiesto, asimismo, la no validez de las preguntas cerradas para identificar conceptos previos si no van acompañadas de ítems de justificación de las respuestas. Por consiguiente, no se ha podido establecer conclusiones relevantes sobre el binomio "consecuencia-inconsecuencia" de las respuestas de los alumnos, por lo cual se propone la modificación de los tests en posteriores investigaciones.

Descriptores

Enseñanza Primaria, Enseñanza Secundaria
Biología
Proceso de aprendizaje

Desarrollo de un programa interactivo de enseñanza de la Cristalografía a través de ordenador.

autores: Fernando RULL PÉREZ (director), Mariano SANTANDER NAVARRO, Enrique SAINZ VELICIA y Javier COBO GÓMEZ (colaboradores).

procedencia: Universidad de Valladolid.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1988.

duración: 1988-90.

Planteamiento y objetivos

El objetivo principal de esta investigación es el desarrollo de una metodología adecuada para el análisis de las propiedades de simetría de moléculas y cristales, en los niveles de Enseñanza Media y Universitaria, basada en las posibilidades gráficas de los ordenadores.

El planteamiento parte de la consideración del valor didáctico que para el alumno tiene el estudio de muchas propiedades geométricas, simétricas y físicas de los sólidos cristalinos sobre modelos bidimensionales.

Metodología

Los programas informáticos se escriben en lenguaje GWBASIC y pretenden dar respuesta a todas, o casi todas, las posibilidades que ante una determinada cuestión se presentan en la pantalla. Su concepción está guiada por la idea de que los gráficos tienen un gran poder de atracción para el alumno y, por consiguiente, se suprimen en todo lo posible las representaciones de cálculos, esquemas, tablas, etc., en beneficio de los objetos que se van a representar.

Una premisa tenida en cuenta en el desarrollo del proyecto es potenciar la interacción entre el usuario (alumno y profesor) y el propio programa informático.

Resultados

Los resultados más significativos suponen la creación de una serie de programas informáticos para la mejor comprensión de distintos conceptos cristalográficos:

- Programa FRISOS: Identificación de figuras periódicas en una dimensión.
- Programa MOSAICOS: Identificación de figuras periódicas en dos dimensiones.
- Programa MOSGENER: Generación de figuras repetitivas en dos dimensiones con un motivo arbitrario definido por el usuario.
- Programa REDES: Estudio de las propiedades de simetría y estructurales de un "cristal" bidimensional definido por el usuario.

Se consideran también algunos aspectos derivados del concepto de simetría generalizada y en particular de la simetría del color en figuras bidimensionales periódicas.

Se presentan, además, cada uno de los programas mencionados anteriormente acompañados de sus respectivas instrucciones de manejo y de una serie de ejemplos gráficos.

Descriptores

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior
Geología
Uso didáctico del ordenador

Análisis de la incidencia del nuevo paquete didáctico de la asignatura Introducción a la Biología del C.A.D. sobre el rendimiento académico de los alumnos.

autores: Soledad ESTEBAN SANTOS (directora),
María P. GONZÁLEZ GONZÁLEZ e Isabel PORTELA
PEÑAS.

procedencia: Universidad Nacional de Educación a
Distancia.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa
1989.

duración: 1989-91.

Planteamiento y objetivos

El objetivo general de esta investigación es analizar la influencia que tiene un paquete didáctico elaborado específicamente para la asignatura de Introducción a la Biología en el aprendizaje de los alumnos del Curso de Acceso Directo de la UNED. Este objetivo se desglosa en dos:

- Evaluar la incidencia que tiene en el aprendizaje el nuevo material de estudio, específico para la enseñanza a distancia, en cuanto a las posibles mejoras alcanzadas en relación al material no específico anteriormente utilizado.
- Analizar la influencia de otros factores que también intervienen en el aprendizaje, principalmente de las tutorías dirigidas.

El problema de partida de la investigación es el reiterado fracaso académico que se observa en los alumnos del C.A.D. (todos mayores de 25 años) de la UNED, más patente en las asignaturas experimentales como Introducción a la Biología.

Metodología

Ante este problema, achacable en gran medida a la modalidad de estudio a distancia, se ha elaborado un conjunto didáctico multimedia característico de las enseñanzas no presenciales, denominado «paquete didáctico», que se evalúa en esta investigación. Este paquete consta de dos bloques bien definidos: por una parte, el «núcleo didáctico» (unidades didácticas y pruebas de evaluación a distancia) y, por otra, las «asistencias pedagógicas» (tutorías, vídeo, experimentos de aula, etc.).

Esta investigación se planifica en dos fases, correspondientes a cada uno de los dos objetivos planteados. En la primera fase se han analizado las calificaciones de las pruebas presenciales alcanzadas por alumnos que han estudiado sobre textos no específicos de enseñanza a distancia, y las obtenidas por alumnos que han utilizado el nuevo núcleo didáctico (cursos 1984-85, 85-86 y 86-87, y 1989-90 y 90-91, respectivamente), comparando posteriormente ambos tipos de calificaciones.

La segunda fase ha consistido, por una parte, en determinar las pautas didácticas y metodológicas más apropiadas para el desarrollo práctico de las tutorías y, por otra, en analizar los conocimientos previos de biología de los alumnos, su utilización del material didáctico básico y auxiliar, su asistencia a las tutorías y algunas características personales extraacadémicas.

Para el primero de estos puntos, los profesores responsables de esta investigación han impartido tutoría a una muestra de alumnos —pertenecientes a determinados Centros Asociados previamente seleccionados—, diseñando un sistema tutorial alternativo en el que se ha tenido en cuenta la integración de diversos apoyos didácticos. Los conocimientos previos se han determinado al principio del curso, en una sesión tutorial, a través de un cuestionario. Para estudiar los restantes factores, se ha efectuado una recogida de datos mediante otro cuestionario, entregado al alumno en el mismo momento de la prueba presencial (muestra: alumnos de los cursos 1989-90 y 90-91). Para su interpretación se ha realizado un análisis cruzando los resultados académicos (apto o no apto en la prueba) y las preguntas pertinentes de dicho cuestionario.

Las variables independientes son el material didáctico, el tipo de tutoría, los conocimientos previos de los alumnos y las caracterís-

ticas personales y sociales de los alumnos. La variable dependiente corresponde a las calificaciones en las pruebas presenciales.

Resultados

Las conclusiones más destacables son:

- La utilización de un material didáctico específico para la enseñanza a distancia repercute muy favorablemente en el rendimiento académico de los alumnos.
- La tutoría dirigida ha dado unos resultados muy positivos, lo cual demuestra que la integración de los distintos medios didácticos de apoyo constituye una poderosa estrategia pedagógica.
- Las características personales de los alumnos no tienen, en general, una marcada influencia en su aprendizaje. Sin embargo, la asistencia a las tutorías es uno de los factores que más inciden en aquél.

Se señalan también algunos problemas detectados, así como sus posibles mejoras metodológicas. Además, se muestran dos diseños de tutorías dirigidas para los temas "DNA: el material genético", "Expresión de la información genética", "La herencia" y "Genética humana".

Descriptores

Enseñanza Superior, Enseñanza a distancia
Biología
Medios de enseñanza, Programa de estudios

Contenidos y demandas informativas en Educación Ambiental en el marco de las Enseñanzas Medias.

autores: José A. PASCUAL TRILLO (director), Pablo GALÁN CELA, Ana MARTÍN MORENO, Ricardo MARTÍNEZ IBÁÑEZ y Pablo PINEDO REYES (colaboradores).

procedencia: Madrid.

convocatoria: Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Educativa 1989.

duración: 1989-92.

Planteamiento y objetivos

Esta investigación se propone como objetivo explorar el nivel de información, las actitudes y las motivaciones de una muestra de alumnos y profesores de BUP y COU acerca de la educación ambiental, lo cual permitirá determinar los patrones de contenidos y demandas informativas en este tema, comparando las opiniones y comportamientos expresados de ambos colectivos.

Asimismo, se busca establecer el grado de cohesión de estas conclusiones con las de un reducido número de expertos en educación ambiental y/o medio ambiente.

Con este planteamiento se trata de ofrecer un conjunto de elementos básicos de referencia para la educación ambiental en cuanto a contenidos (carencias y demandas), de cara a su integración en la enseñanza formal como tema transversal.

Se quiere poner de manifiesto la aplicabilidad de estas conclusiones a la elaboración de materiales educativos, para lo cual se pretende presentar un programa de educación ambiental basado en un montaje audiovisual.

Metodología

El trabajo se basa en la realización de encuestas a alumnos y profesores y consultas estructuradas a expertos. La metodología comprende los siguientes pasos:

- determinación del muestreo por centros (estratificado por Institutos de BUP y FP, entre todos los centros públicos de la Comunidad de Madrid);
- diseño de un modelo de encuesta adaptable a alumnos y profesores y realización de la misma (en total 1538 alumnos y 192 profesores);
- análisis estadístico de los datos, con apoyo informático;
- análisis comparativo de las respuestas de alumnos y profesores y obtención de conclusiones;
- realización de una consulta a expertos sobre contenidos en educación ambiental, referidos a diez tópicos: contaminación, agricultura y medio ambiente, conservación de la naturaleza, ordenación territorial, medio urbano, bases ecológicas del medio ambiente, población, energía, desarrollo sostenible, paz;
- elaboración de conclusiones sobre los contenidos en Educación Ambiental referidos a estos diez tópicos, teniendo en cuenta las opiniones de los tres grupos;
- elaboración de un material educativo audiovisual.

Resultados

Los resultados obtenidos tras este trabajo consisten en una serie de conclusiones acerca de varios puntos.

En primer lugar, en cuanto a las opiniones, actitudes, prioridades y nivel de información sentido de alumnos y profesores, se pueden destacar algunas de las conclusiones de la comparación entre ambos grupos:

- presentan patrones semejantes hacia los temas ambientales en general, aunque difieren en el grado de valoración de los problemas concretos;
- expresan ambos la sensación de acceso escaso a la información sobre estos temas;

- difieren cuando analizan la relación de los programas curriculares con los contenidos ambientales;
- los profesores manifiestan una visión más holística de la integración de lo ambiental, desde un planteamiento más globalizador;
- los alumnos tienden a identificarlo con lo naturalístico y la biología y muestran una mayor vinculación con lo presentado por los medios de comunicación.

En la consulta a los expertos, el resultado es una ordenación de los diez tópicos conforme a su capacidad intrínseca de motivación, su capacidad de incidencia en la mejora del problema y la necesidad de un conocimiento adecuado. También incluye la propuesta de algunos criterios sobre la forma general de abordar la educación ambiental.

El tercer núcleo de la investigación presenta las conclusiones globales respecto a cada uno de los diez tópicos seleccionados como contenidos más representativos de la Educación Ambiental, conjugando las conclusiones parciales anteriores. El resultado es un resumen comparativo de las opiniones de los alumnos, profesores y expertos, que permite deducir algunas pautas o directrices sobre cómo abordar estos temas de cara a la planificación de acciones de educación ambiental.

Se presenta un programa piloto de educación ambiental consistente en un montaje audiovisual, en el que se ha tratado de integrar las conclusiones de la investigación.

Descriptor

Enseñanza Secundaria

Medio ambiente

Contenido de la educación, Medios de enseñanza

Diseño y evaluación de un programa interactivo para la docencia de la Biología animal en Enseñanzas Medias y Universitarias.

autores: Javier GONZÁLEZ GALLEGO (director); Juan P. BARRIO LERA, Ana I. ÁLVAREZ DE FELIPE, Luis A. GARCÍA PARDO, Elena RITUERTO CUERDA, José A. LÓPEZ ALONSO.

procedencia: Universidad de León.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1989.

duración: 1989-91.

Planteamiento y objetivos

El trabajo plantea la utilización de medios audiovisuales como recurso didáctico para facilitar a los alumnos un acercamiento práctico al estudio de la biología animal. Se utiliza el ordenador, que permite una participación activa por parte de los alumnos en su proceso de aprendizaje, y sistemas de vídeo, que proporcionan la visualización de ciertos experimentos que por sus especiales características no pueden realizarse de forma habitual en el laboratorio. El estudio se ha centrado en los procesos fisiológicos relacionados con la excitabilidad (células nerviosas y músculos) y con la ingestión de alimento.

Metodología

La investigación consta de varias fases:

- 1.º Elaboración de programas de simulación por ordenador de estos fenómenos fisiológicos.

- 2.º Realización de dos prácticas de laboratorio para el estudio de estos fenómenos, mediante la experimentación con animales vivos (para nivel universitario de Veterinaria y Biología).
- 3.º Previamente a su realización, se da información teórico-demostrativa sobre manejo de ordenadores y programas de gestión de datos, así como de métodos informáticos de simulación de sistemas biológicos (con distintos niveles de complejidad según los alumnos).
- 4.º Grabación en vídeo de la realización de estas prácticas.
- 5.º Evaluación, mediante cuestionarios, del grado de aceptación de estas actividades por parte de los alumnos.

Resultados

Como resultado del trabajo se presentan:

- a) Dos programas de simulación por ordenador para utilizar en la realización de estas prácticas: "Simulación de potenciales de acción" y "Registro automático de la ingestión de alimento", programados ambos en BASIC.
- b) Dos programas de vídeo sobre la realización de estas prácticas, para utilizar en enseñanza media, donde las posibilidades para disponer de animales de experimentación son reducidas: "Regulación cardiovascular: factores nerviosos y humorales" y "Pautas de ingestión".

Se ha comprobado un grado de aceptación extraordinariamente elevado por parte de los alumnos de las actividades realizadas, que hace aconsejable esta metodología para otras disciplinas. Desde el curso 1991-92 se han incorporado al programa de actividades prácticas de Fisiología Animal en las Facultades de Biología y Veterinaria de la Universidad de León.

Descriptores

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior
Biología, Fisiología
Medios de enseñanza, Uso didáctico del ordenador, Medios audiovisuales

Análisis de actitudes y creencias del profesorado de EGB respecto a la Educación Ambiental. Evaluación de las actividades que llevan a término.

autores: Jaume SUREDA NEGRE (director), Miquel PALOU y M.^a Luisa ROS (colaboradores).

procedencia: Universidad de les Illes Balears, Palma de Mallorca.

convocatoria: Ayudas a la Investigación Educativa 1990.

duración: 1990-92.

Planteamiento y objetivos

La investigación se plantea con los objetivos de:

1. Averiguar y analizar las creencias respecto a la educación ambiental que posee el profesorado de EGB.
2. Inventariar y analizar las actividades de educación ambiental que estos profesores llevan a cabo en sus aulas.
3. Comprobar las posibles dependencias existentes entre las creencias y las actividades desarrolladas.

Con ello, se pretende dar respuesta a una serie de cuestiones relacionadas con la educación ambiental:

- a) Interés creciente del profesorado por actividades relacionadas con el medio en el marco de la educación formal.
- b) Diferencias entre la formación inicial de los profesores en función de su titulación y su nivel de experiencia.
- c) Elevado número de actividades de reciclaje y actualización didáctica diseñadas por parte de las distintas Instituciones y Movimientos de Renovación Pedagógica.
- d) Situación de provisionalidad del currículo escolar.

Metodología

La investigación ha seguido las siguientes fases:

- a) Análisis documental, para conocer los antecedentes que existen en relación al tema y de establecer una base de comparación.
- b) Diseño de la investigación. Fases del trabajo de campo:
 - Determinación de las dimensiones objeto de estudio.
 - Definición de la metodología para recoger la información. Se elige la técnica de la entrevista estructurada.
 - Elaboración del cuestionario.
 - Determinación de la muestra. Muestra representativa de la población de enseñantes de centros públicos y concertados de Palma, del Ciclo Superior de EGB, que imparten las áreas de matemáticas y ciencias de la naturaleza y/o sociales (población: 287 profesores; muestra: 66 profesores).
 - Recogida de datos.
- c) Análisis de los resultados.
 - Sistematización de datos, mediante una ficha-resumen diseñada para recoger el contenido de las entrevistas.
 - Tratamiento estadístico con el programa informático SPAD.

Resultados

Algunas de las conclusiones a las que se ha llegado son:

1. Respecto a la valoración que hace el profesorado de la educación ambiental:
 - Acusada confusión del concepto de educación ambiental.
 - Ausencia de formación académica en este campo.
 - Desconocimiento de los medios y recursos a su alcance.
 - Desconfianza respecto a la eficacia de la puesta en marcha del Diseño Curricular Base.

2. En relación con las actividades que realizan los docentes:
- Carácter extraescolar de las experiencias, que tienen a identificarse con estudios de todo tipo sobre el medio.
 - Incoherencia entre las creencias y las prácticas de educación ambiental que se llevan a término.
 - Falta de profesionalidad y de trabajo en equipo.
 - Utilización de itinerarios como recurso básico.
 - Tendencia a señalar como factores más problemáticos la falta de información, los problemas de infraestructura organizativa de los centros y la falta de recursos materiales y humanos.

A raíz de este estudio, se han elaborado una serie de recomendaciones, con el fin de sugerir posibles actuaciones:

- Necesidad de implicar en la educación ambiental a todos los sectores de la sociedad y de la comunidad educativa.
- Establecer un plan coherente de formación inicial y permanente del profesorado.
- Facilitar modelos y materiales para la práctica educativa.
- Fomentar el trabajo en equipo del profesorado.
- Unificar criterios y establecer una red coordinada de equipamientos y recursos para la educación ambiental.
- Evaluar de forma sistemática las experiencias.

Descriptor

Enseñanza Primaria

Medio ambiente

Actividades escolares, Conducta del profesor

Conocimiento del medio natural y social.

autores: Mercedes BARBARÁ GONZÁLEZ, Martí BOADA, Rosa M.^a PUJOL VILLALONGA, M.^a Asunción RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, Nuria SERRA BALDRICH y Pilar TACHER CASTELLS.

procedencia: Barcelona.

convocatoria: Concurso Nacional para la Elaboración de Materiales Curriculares 1990.

duración: 1990-92 (en curso).

Planteamiento y objetivos

El trabajo pretende ser un instrumento útil para avanzar en la implantación de la educación medioambiental en el marco escolar y, más específicamente, en la etapa de Enseñanza Primaria.

El trabajo consta de tres partes. La primera parte sitúa la educación ambiental en el contexto social actual. Se trata de presentar una visión sencilla, pero a la vez concreta y suficiente, de los principales momentos de la educación ambiental desde su origen hasta nuestros días. Asimismo, se recoge la concepción y la visión que tienen los autores acerca de la educación ambiental, quizás parcial, pero fruto de la reflexión y la práctica. Finalmente, en este apartado se plantean los principales aspectos que deben tenerse en cuenta para incorporar la educación ambiental en el proyecto educativo de un centro.

La segunda parte del trabajo ofrece una visión panorámica acerca de las principales temáticas de la actualidad relacionadas con la educación ambiental; asimismo, se ofrece una información simple sobre dichos temas a partir de preguntas. En esta parte se exponen también aquellos procedimientos que se consideran básicos para afrontar la educación ambiental y, a la vez, las actitudes que deberían adquirirse.

Los temas que se tratan son: Los organismos y el medio

ambiente; La población humana; La energía; Los elementos naturales y los recursos naturales; El agua; El aire; El suelo; Los residuos.

En la tercera parte se comenta y se relaciona la educación ambiental con las áreas de conocimientos contenidas en el diseño curricular base de Primaria, se hacen explícitos los criterios que se han utilizado para realizar las unidades didácticas y, finalmente, se exponen las diferentes unidades para los tres ciclos de la Enseñanza Primaria.

Contenidos

Las unidades didácticas se organizan alrededor de los siguientes núcleos:

1. Organismos, escuelas y medio ambiente
2. Población y medio ambiente
3. Energía, escuela y medio ambiente
4. Transporte, escuela y medio ambiente
5. Alimentos, escuela y medio ambiente
6. Juguetes, escuela y medio ambiente
7. Vestido, escuela y medio ambiente
8. Material escolar, escuela y medio ambiente
9. Agua, escuela y medio ambiente
10. Aire, escuela y medio ambiente
11. Edificio, escuela y medio ambiente
12. Paisaje, escuela y medio ambiente

Para cada núcleo se preparan tres unidades didácticas, que a título de ejemplo, y en el caso del núcleo 1, son:

- n.º 1. Convivimos con animales y plantas
- n.º 2. En el patio de la escuela hay seres vivos
- n.º 3. Los seres vivos del entorno

Cada una de estas unidades se trabaja para cada uno de los tres ciclos de Primaria a partir de actividades generadoras específicas. Así, la unidad n.º 1 se plantea para cada ciclo de la siguiente forma:

Ciclo Inicial: ¿Podemos tener un animal en casa?

Ciclo Medio: ¿Es importante tener plantas en clase?

Ciclo Superior: ¿Nos gusta tener animales y plantas cerca?

Descriptores

Enseñanza Primaria

Conocimiento del medio

Programa de estudios, Medios de enseñanza

Conocimiento del Medio. Propuestas para su organización y desarrollo en el aula.

autores: Ángel RODRÍGUEZ CARDEÑA, José A. PERAILE PERDIGUERO y Valeriano GARCÍA GARCÍA.

procedencia: CEP de Ávila.

convocatoria: Concurso Nacional para la Elaboración de Materiales Curriculares 1990.

duración: 1990-91.

Planteamiento y objetivos

Este trabajo presenta la elaboración de unos materiales curriculares que tienen el propósito de facilitar el trabajo de los profesores en su labor diaria, dentro del área de Conocimiento del Medio. Las características fundamentales de éstos son:

Material dirigido al profesorado, aunque se presentan aspectos que pueden ser directamente traducidos en actuaciones de enseñanza y aprendizaje.

Abierto y flexible: en consonancia con una concepción de currículo abierto, los materiales no se presentan para ser aplicados en un aula concreta. La secuenciación de los contenidos y las propuestas generadoras de unidades didácticas son orientativas y en función de cada centro y de cada profesor habrán de cerrarse convenientemente.

Minucioso y pormenorizado en su desarrollo: con la pretensión de dar el mayor número de pistas posibles y ayudas a los profesores, que seguirán y utilizarán en función de sus necesidades.

Para la Escuela Unitaria o centros incompletos: los materiales que se presentan pretenden ser útiles para las Escuelas Unitarias e incompletas, centros con unas características específicas que hacen necesario contemplar esta realidad desde una óptica

apropiada. Sin embargo, estos materiales podrán ser utilizados también en centros de otras características.

De utilidad para el centro y el aula: segundo y tercer nivel de concreción en el diseño curricular. Dado que el trabajo comprende la selección y secuenciación de contenidos, el desglose y secuenciación de objetivos generales de área, los supuestos metodológicos y otros aspectos relevantes, el proyecto se puede calificar como un Proyecto Curricular de Área que puede servir para ayudar a la elaboración del Proyecto Curricular del Área de Conocimiento del Medio en los centros y a la concreción final de las unidades didácticas para el trabajo diario de aula.

Es *un material*, no “El Material”.

Este material utiliza otros materiales, como se corresponde con el convencimiento de que en el aula no debe haber un único material sino muy diversos, con diferentes soportes y utilizado en diferentes situaciones de uso.

Contenidos

Los materiales que se han elaborado se componen de las siguientes partes:

1. Selección y secuenciación de contenidos.
2. Desglose y secuencia de los objetivos generales del área.
3. Principios de intervención educativa.
4. Unidades didácticas. Propuestas prácticas para la elaboración y concreción.

Las unidades que se presentan son:

1. Nos organizamos participando
2. Los cambios en el tiempo
3. La Energía
4. Animales y plantas
5. Nuestro cuerpo
6. Cómo son y cómo funcionan las cosas
7. Producimos y consumimos
8. Los caminos del agua
9. Entornos

Cada unidad está organizada según el siguiente esquema:

- Introducción
- Esquema básico
- Mapa conceptual
- Esquema de actividades
- Objetivos didácticos
- Desarrollo secuencial de actividades
- Evaluación de los objetivos didácticos
- Sugerencia de posibles materiales
- Contenidos y bloques de referencia
- Objetivos de referencia
- Elaboración de unidades didácticas a partir de la propuesta

Descriptoros

Enseñanza Primaria
Conocimiento del Medio
Programa de estudios, Medios de enseñanza

Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual.

autores: M.^a Pilar JIMÉNEZ ALEIXANDRE.

convocatoria: Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1990, modalidad Tesis Doctorales (segundo premio).

Planteamiento y objetivos

El propósito de esta investigación es analizar el aprendizaje y la enseñanza del tema "La selección natural" desde los siguientes aspectos:

¿Se corresponden las explicaciones que dan los estudiantes sobre el origen de las especies y el cambio en los seres vivos con las explicaciones aceptadas por la comunidad científica?

¿La enseñanza de la biología modifica tales ideas cuando no se corresponden con las aceptadas?

¿Es posible lograr un cambio conceptual, es decir, cambiar las ideas previas por otras que se correspondan con las aceptadas, mediante unas estrategias docentes determinadas?

Metodología

Se han utilizado diferentes metodologías con el fin de estudiar los diversos aspectos. Se combinan enfoques cualitativos y cuantitativos.

Se trabaja sobre una muestra constituida por 773 estudiantes de Enseñanza Secundaria de los tres cursos de BUP y COU y profesores de ciencias naturales en ejercicio y en formación.

El estudio se ha abordado desde tres perspectivas:

- a) Las ideas e interpretaciones de los estudiantes de Secundaria sobre el cambio en los seres vivos, comparándolas con las de los estudiantes universitarios de Biología.
- b) La metodología empleada para la enseñanza de la selección natural en los libros de texto y por los profesores y el efecto sobre las ideas de los estudiantes.
- c) Las posibilidades de diseñar materiales y estrategias que promuevan un cambio en estas ideas.

Resultados

Una mayoría de los estudiantes al comenzar la Enseñanza Secundaria explican el cambio de los seres vivos por mecanismos distintos del darwinista, que es el adoptado por la comunidad científica y enseñado en la escuela.

En un cierto número de casos se observa la coexistencia de la idea darwinista de supervivencia diferencial con la lamarkista de que los organismos "se acostumbra", mostrando que para los estudiantes ambas explicaciones no resultan incompatibles.

Con respecto a la efectividad de la instrucción, se comprueba que ha sido baja en el intento de cambiar las ideas de los estudiantes. Los alumnos de COU y de los primeros cursos de Biológicas siguen interpretando los cambios, en buena medida, como en los primeros cursos de Bachillerato.

Los estudiantes de distintos centros y de diferentes localidades presentan ideas similares entre sí y respecto a las descritas en otros países. Las ideas explicativas de los estudiantes constituyen sólidos esquemas conceptuales, no explicaciones sin conexión. En los esquemas de conocimientos, las ideas sobre evolución están estrechamente relacionadas con las ideas sobre genética.

Los libros de texto no prestan atención a las ideas alternativas de los alumnos en la presentación de la evolución y la selección natural. Tampoco prestan atención a los aspectos probabilísticos de la herencia, cayendo en el determinismo. Los profesores y profesoras no planifican una estrategia tendente a la modificación de las ideas alternativas y, en muchos casos, ni siquiera se plantean su existencia.

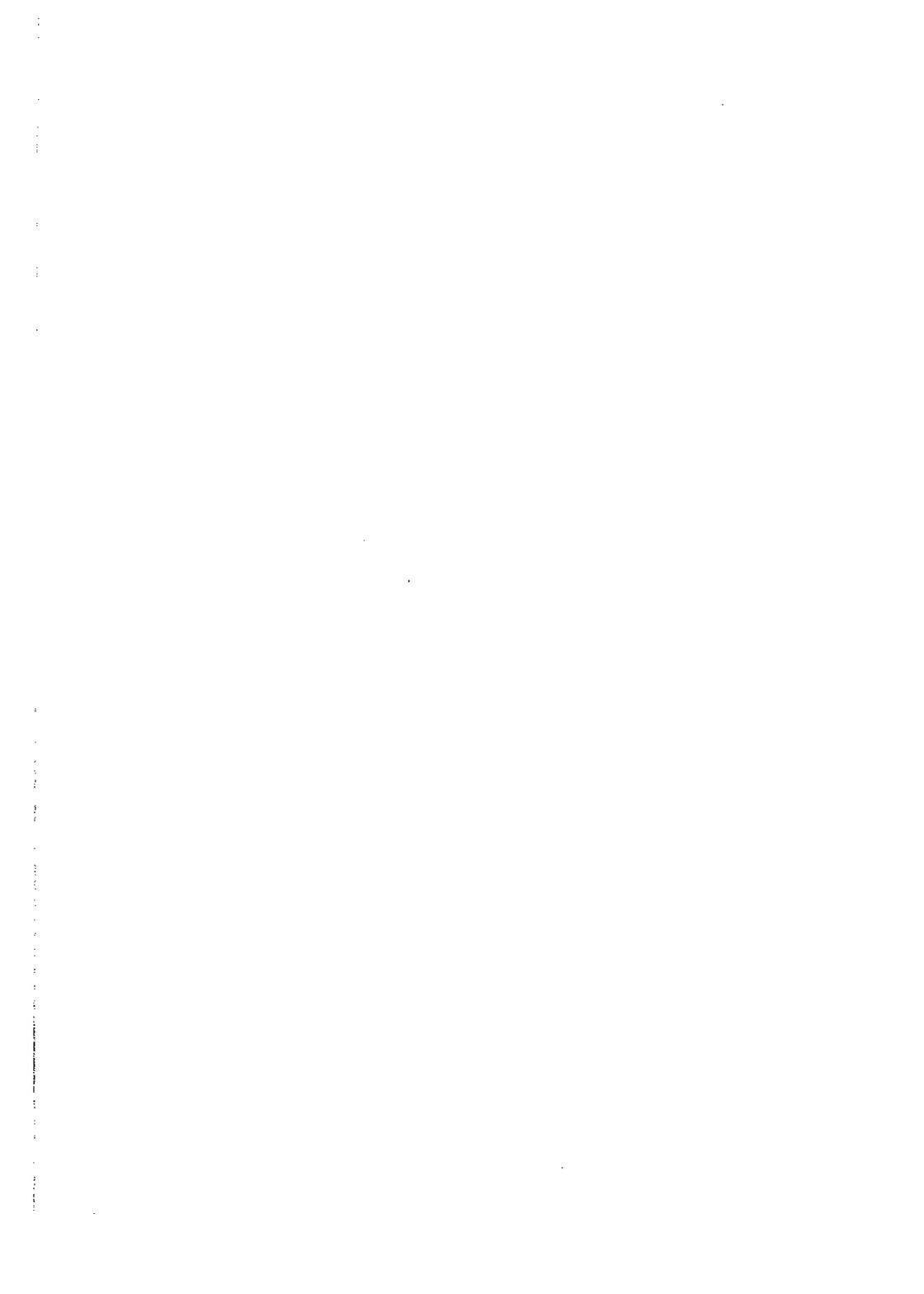
La unidad didáctica que se preparó sobre el tema se ha aplicado en dos aulas de 1° de BUP y se ha comprobado que la programación de secuencias instruccionales que siguen un modelo constructivista del aprendizaje como cambio conceptual, pueden lograr un aprendizaje significativo de la selección natural. Además, los alumnos que han seguido este tipo de instrucción pueden emplear el esquema darwinista en mayor medida que los que no lo han seguido, aplicándolo a contextos diferentes al de la instrucción.

Descriptores

Enseñanza Secundaria, Enseñanza Superior
Biología
Proceso de aprendizaje

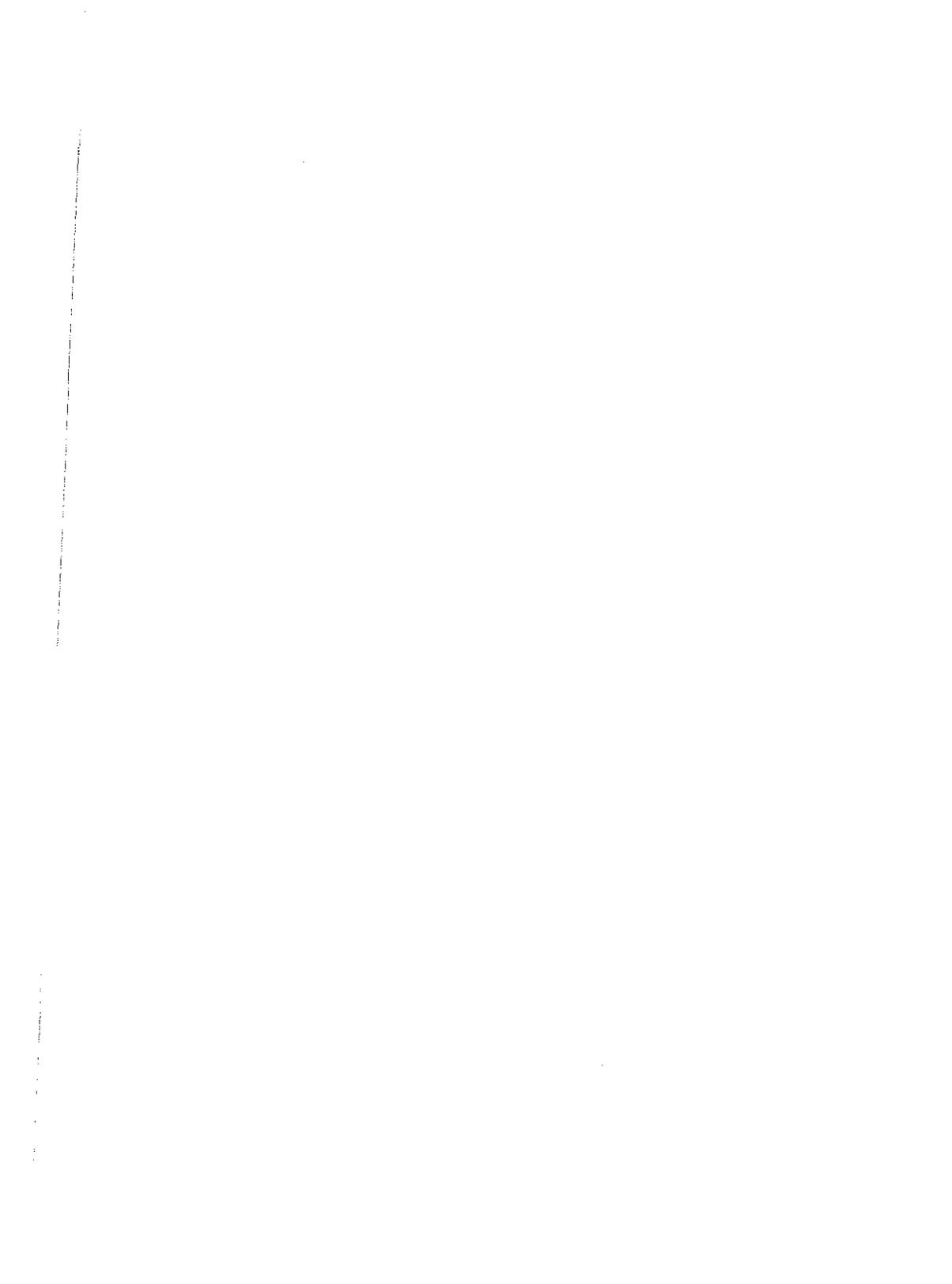
II.

PERSPECTIVAS DE FUTURO



ÍNDICE

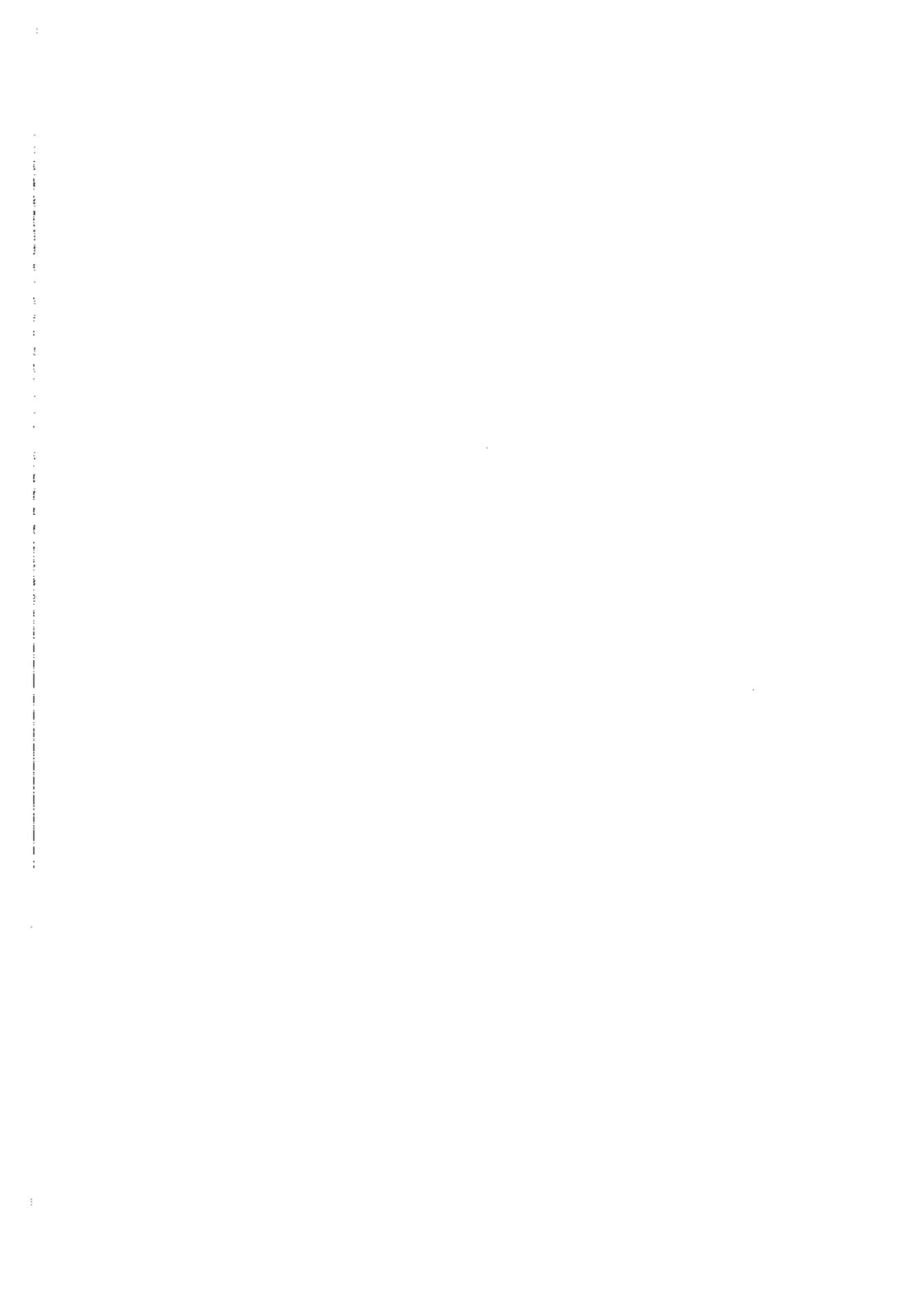
II.1. Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en Ciencias: la forma de franquearlos didácticamente (Jean-Pierre Astolfi).....	289
II.2. Una visión constructivista del aprendizaje y sus implicaciones para la enseñanza de las Ciencias (Rosalind Driver).....	307
II.3. El cambio conceptual en la enseñanza de las Ciencias y la formación de profesores (Peter W. Hewson).....	331
II.4. El desarrollo de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en las escuelas en diferentes países (Chris King).....	353
II.5. Condicionantes del currículo y aportación de la investigación a la práctica de la educación en Ciencias (Arthur M. Lucas).....	395
II.6. Instrucción en el aula desde un enfoque C.T.S.: nuevas metas requieren nuevos métodos (John E. Penick).....	439



II.1.

LOS OBSTÁCULOS PARA EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS EN CIENCIAS: LA FORMA DE FRANQUEARLOS DIDÁCTICAMENTE

*Jean Pierre Astolfi
Profesor de la Universidad de Rouen
Equipo de Didáctica de las Ciencias del I.N.R.P.
Francia*



La construcción de los conceptos científicos actualmente admitidos, tanto en biología como en geología, sólo ha sido posible a través de un proceso lento e incierto de franquear obstáculos epistemológicos muy resistentes. Pero curiosamente, estos obstáculos se quedan como olvidados desde el momento en que el desarrollo de la investigación encuentra una "solución" a los mismos (aunque provisional y sujeta a revisión). Se experimenta una especie de reelaboración del proceso intelectual tal como se ha operado, que comienza por la reescritura de los descubrimientos por los propios científicos. Posteriormente, el fenómeno se extiende al plano didáctico.

Súbitamente, los conceptos científicos no se nos presentan buenamente por lo que son: *respuestas a cuestiones teóricas*, cuestiones que hace falta, sin embargo, mantener bien presentes si se quiere formular correctamente los objetivos de la enseñanza científica. Los conceptos que enseñamos pierden pronto, en efecto, su carácter *problemático*: dejan de estar "vivos" en el momento en que pierden su función epistemológica original. Se nos presentan entonces de la forma más "llana", como simples "cosas" objetivas y factuales, que basta conocer y memorizar. Bajo estas condiciones, no es de extrañar que los alumnos perciban tan poca utilidad y eficacia.

Ahora bien, esto es una cosa normal, ya que la clase no es el laboratorio. La enseñanza de una disciplina no puede reducirse a una exposición estricta de las etapas históricas de su construcción y de las condiciones que la han hecho posible. Ello, por otro lado, ¿les interesaría a los alumnos? No es muy seguro. Efectivamente, toda enseñanza supone una reconstrucción del saber, como lo pone de manifiesto desde hace algunos años el éxito de la idea de la *transposición didáctica*. Sin embargo, aquí sugeriremos que estas etapas y sus condiciones de emergencia pueden servir de *instrumento* para examinar las progresiones didácticas y de *índice* tanto del progreso como de las dificultades de los alumnos. Pensemos, por ejemplo, en los innumerables estudios sobre las representaciones de los alumnos. Se sabe que aportan informaciones didácticas

muy útiles para los enseñantes, pero o bien son puramente estadísticos a la manera de sondeos de opinión (tal porcentaje de alumnos piensa que ...), o bien son muy psicológicos. Les falta a menudo esta *dimensión epistemológica* sobre la que yo querría insistir y que puede conducir a un análisis más preciso de los obstáculos que los alumnos tienen que franquear a lo largo del desarrollo curricular.

Por ello me parece que hay que insistir de nuevo en el *carácter problemático de los conceptos* que mencionaba más arriba, en el hecho insuficientemente señalado de que su estatus les permite *plantear interrogantes en contradicción con el sentido común*. Los alumnos disponen por su parte de un sistema explicativo diferente, de otro marco de análisis de la realidad, y la actividad científica *más noble* que se les reclama es precisamente “acomodarse” de otra manera a esta realidad.

1. La resistencia de los obstáculos a ser refutados

1.1. El “rojo” y la “hematosis”

Un ejemplo histórico clásico concierne a uno de los más ilustres biólogos: Claude Bernard. En su célebre *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865), expone la forma en que resolvió el problema de la intoxicación de la sangre por el monóxido de carbono. Se sabe que la hemoglobina puede combinarse de forma reversible tanto con el oxígeno (HbO_2) como con el dióxido de carbono (HbCO_2) durante la respiración normal, pero que su asociación con el monóxido de carbono (HbCO) es estable y, por lo tanto, mortal cuando se respira accidentalmente. El epistemólogo e historiador de las ciencias Mirko D. Grmek ha estudiado precisamente la forma como Claude Bernard pudo resolver este problema. Sobre todo, ha podido comparar la manera en que el científico presentó su descubrimiento en su *Introduction*, una vez realizado, con la forma en que lo iba narrando día a día en su *Cahier de notes*.

Desde 1856, Claude Bernard pudo demostrar que la sangre pierde su oxígeno en presencia del monóxido de carbono. Sin embargo, no consigue integrar realmente esta idea y explica que “*el óxido de carbono envenena impidiendo a la sangre arterial*

convertirse en venosa", es decir, oponiéndose a la "desarterialización" de la sangre. Es prisionero de un obstáculo epistemológico y la comparación de fechas muestra que ¡le harán falta casi diez años para franquearlo! Pero una vez franqueado, el obstáculo se olvida enseguida y Claude Bernard presenta su descubrimiento, en 1865, como un proceso experimental de naturaleza lógico-deductiva. Si ese hubiese sido el caso, tendríamos derecho a preguntarnos por las razones de una dilación tan larga...

¿Qué es, pues, lo que supuso un obstáculo para Claude Bernard? M.D. Grmek muestra claramente que fue el color rojo, común a la oxihemoglobina (HbO_2) y a la carboxihemoglobina (HbCO). Lo que resultaba difícil de imaginar era precisamente que un compuesto pudiera ser **a la vez** rojo y pobre en oxígeno. Es más fácil "acoplar" en una sola idea el *rojo* con lo *oxigenado* e imaginar la intoxicación como un impedimento para la desoxigenación de la sangre... puesto que sigue siendo roja. Lo que hacía falta era disociar el **rojo** y lo **oxigenado**. Grmek ha destacado una frase del *Cahier de notes* de Claude Bernard, fechada en 1857, frase en la que identifica el primer momento en que se entrevé dicha distinción: "*Cuando la sangre circula, cargada de oxígeno, también se muere —o al menos cuando la sangre está roja*" (el subrayado es mío). No obstante todavía hará falta mucho tiempo para que el obstáculo sea claramente identificado y franqueado. Evidentemente, una vez conseguido el progreso intelectual, el hecho le parecerá tan evidente que Claude Bernard reescribirá su descubrimiento de un modo lógico que no corresponde a como en realidad se produjo. Por eso a posteriori todo parece evidente y sólo queda imaginar que lo que está detrás merece la pena. En los manuales, de este proceso quedará más una simple cuestión *sensorial* que *conceptual*: los matices del color rojo de la HbO_2 y la HbCO eran ligeramente diferentes. Los manuales se valen de esta variación con fines de aprendizaje. ¡Como si Claude Bernard para comprender el fenómeno hubiera abierto desmesuradamente los ojos o hubiera sacado su colorímetro!

1.2. De la metamorfosis a la evolución

Sin duda, la enseñanza científica no tiene bastante en cuenta la característica esencial de la construcción de conceptos: renovar

el interrogante vigente en el pensamiento común, lo cual obviamente no es ajeno al mantenimiento de las representaciones de los alumnos de una forma diacrónica a lo largo de la escolaridad. Por ejemplo, cuando se les explica la evolución de los seres vivos, en general no experimentan dificultad alguna y, por el contrario, se muestran de acuerdo de forma inmediata. Puede ser que demasiado *fácilmente* y de una manera que pone de manifiesto los obstáculos que se tiende a olvidar cuando ya se ha dominado un concepto científico. Examinemos, en efecto, lo que dice François Jacob a este respecto, en su libro *La logique du vivant*.

Con el advenimiento de la biología moderna, nos dice, “todas las combinaciones no son ya posibles. En lugar de una cadena ininterrumpida de un extremo a otro del mundo vivo, sólo se encuentran algunos grandes tipos de organización, algunas masas aisladas las unas de las otras. La continuidad de lo vivo en el conjunto de los seres ya no es horizontal sino vertical en la sucesión de las generaciones unidas por la reproducción.”

Los alumnos creen que comprenden el concepto que se les expone, pero lo que les falta es poder comprender lo que ha sido preciso construir (y sobre todo, a qué **ha sido preciso renunciar**) para que aquél adquiriera sentido. La concepción primordial de las relaciones en el seno del mundo vivo realmente concuerda muy fácilmente con la idea de que todo individuo puede convertirse en otro y de que todas las combinaciones, todas las quimeras y demás unicornios son pensables. El obstáculo es esta concepción biológica primitiva que Georges Canguilhem ha llamado la *metamorfosis*:

“El pensamiento arcaico y el primitivo han hecho, y hacen, un uso masivo y constante de la metamorfosis, de la **conversión de unas formas animales específicas en otras.**”

Canguilhem no critica el uso de este modo de pensar más que en lo que concierne al razonamiento científico, dejando el campo restante libre para su uso simbólico y poético. Personalmente, en el arte del s.XX aprecio la ambigüedad de Victor Brauner y estoy fascinado por la serie de los *Minotauro* de Picasso. Por otro lado, en la medida en que se trata de una característica fundamental del espíritu humano, ¿sería mejor quizá canalizarlo antes que refrenar-

lo sin que llegue si quiera a aflorar? ¿No tiene el mismo Bachelard, en su obra, una cara diurna, epistemológica, y otra nocturna, poética? Canguilhem sigue:

“Esto, entiéndase bien, no tiene nada que ver con un pensamiento transformista, puesto que **el transformismo implica una orientación** por la causalidad, **mientras que la metamorfosis es posible en todos los sentidos**. En sus sueños de metamorfosis, el hombre se identifica con todas las posibilidades, con todas las libertades supuestas de la animalidad.”

Ahora bien, precisamente esta “*libertad supuesta de la animalidad*” es un poderoso obstáculo epistemológico del que el pensamiento biológico ha debido liberarse. Este obstáculo consiste en la idea de un *continuum* ininterrumpido de seres vivos “desde la ameba hasta el hombre”; es la idea de una “escala de seres” tal como la concebían aún en el siglo pasado biólogos como Lamarck o Charles Bonnet.

Para franquear este obstáculo, lo que ante todo hace falta poder pensar es la permanencia de la especie, la imposibilidad de que un perro engendre otra cosa que no sea un perro. En tanto que los alumnos no hayan construido la idea de tal discontinuidad en el seno de los seres vivos, su profesor de biología no podrá introducir el concepto de evolución más que de forma ambigua: ellos creen que comprenden, pero traducen lo que oyen sobre su viejo fondo continuista que permanece inalterable. Ahora bien, en este contexto, la idea evolucionista se admite con demasiada facilidad, sin corresponderse con ningún problema biológico. Aquí reside toda la diferencia que evocaba Canguilhem entre “*metamorfosis posibles en todos los sentidos*” y “*transformismo orientado*”. La evolución sólo se convierte en un concepto biológico a partir del momento en que suministra un marco que permite comprender las relaciones y filiaciones entre especies, sobre la base de una diferenciación por especies apremiante.

¿Por qué hemos desarrollado, quizá con demasiada extensión, estos ejemplos de carácter histórico? Para insistir en el hecho de que un obstáculo no se franquea fácilmente, de que está ligado a resistencias muy fuertes y a regresiones intelectuales, de que está dentro de todo un sistema de pensamiento.

Aunque la idea de obstáculo guarda relación con la de representaciones o concepciones de los alumnos, aquélla es más radical. No se trata sólo de que los alumnos piensen de manera diferente y de que se pueda identificar su lógica cognitiva, sino de que existe **una cierta necesidad de mantener el sistema de pensamiento**. Voy a proponer ahora, por una parte, situar el concepto de obstáculo en relación con el de concepción y, por otro, evocar algunos problemas didácticos referidos al proceso de franquear un obstáculo.

2. De las representaciones a los obstáculos

La idea de **representación** (también designada con el término **concepción**) aparece ligada a cada contexto conceptual particular. Se sabe que los alumnos disponen de concepciones previas en todos los ámbitos del saber que se enseñan, actualmente identificadas por numerosas investigaciones, y que estas concepciones tienden a perdurar de forma cuasi-inmutable, incluso hasta en la enseñanza superior, a pesar de la importante presión ejercida por la enseñanza. Con frecuencia se ha observado un cierto parentesco entre estas representaciones de los alumnos y los *obstáculos epistemológicos* que la historia de las ciencias ha debido ir superando. Por el contrario, se ha podido establecer la existencia de un cierto número de *obstáculos didácticos* que son fruto involuntario de enseñanzas previas.

Laurence Viennot, por ejemplo, ha estudiado las representaciones que se forman los alumnos acerca de las *fuerzas* que se ejercen sobre una pelota al lanzarla y ha observado las sorprendentes analogías con la antigua concepción de *ímpetu*. Samuel Johsua, Michel Caillot y Jean-Louis Closset, por su parte, han examinado el razonamiento de los alumnos en los *circuitos eléctricos*; han podido advertir lo que han llamado el *razonamiento secuencial* sobre un fluido en movimiento (especialmente cuando hay que considerar lo que ocurre en distintas ramas o derivaciones de un circuito), así como la permanencia de *arquetipos de circuitos*. Marie Sauvageot ha estudiado las representaciones de la *digestión*, donde subsiste una concepción muy mecánica de los procesos químicos, percibidos como una fragmentación de tipo mecánico, lo cual está reforzado por las imágenes que aparecen en los manuales

de tijeras que modelan las enzimas. Asimismo, la *fecundación* ha sido objeto de trabajos por parte de André Giordan, el cual también ha encontrado equivalentes didácticos a los largos debates históricos en torno a la cuestión de la pre-formación o de la epigénesis de las estructuras embrionarias. La lista sería larga...

2.1. *El doble estatus de las representaciones*

Estas representaciones, tal como las hemos definido, inscritas en un contexto conceptual, presentan un doble estatus. En primer lugar, tienen un **estatus de alejamiento del saber científico**. Cuando se otorga la categoría de representación a la respuesta del alumno a un cuestionario o a una situación-problema, es porque de alguna manera esta respuesta, obtenida con una cierta frecuencia, es falsa. Representa el contrapunto del proyecto didáctico de aprendizaje. Al enseñante le interesa porque ocupa el mismo “nicho ecológico” que el conocimiento científico cuya adquisición se pretende. Desde este punto de vista, **la representación se opone al objetivo**; es lo que impide alcanzar fácilmente el objetivo perseguido.

Al mismo tiempo, las representaciones tienen un **estatus de explicación funcional** para el alumno. Son un modo de conocimiento como otro cualquiera, corresponden a un sistema de interpretación coherente de los fenómenos científicos, que los chicos se han construido desde hace tiempo y que para ellos “funciona”. Ésta es la razón de que las representaciones resistan a la enseñanza y perduren a todo lo largo de la escolaridad. No pueden desaparecer hasta que el alumno no esté preparado para sustituirlas por otro sistema explicativo (un sistema más conforme a “la ciencia”). Y para eso es preciso que el sistema sustitutivo que se les proponga les parezca tan satisfactorio –si no más– en el plano intelectual que el que deben abandonar. De lo contrario, ¿por qué cambiarlo? Desde este punto de vista, la representación ya no es lo que se opone al objetivo, sino que constituye el **núcleo mismo** del objetivo que se pretende alcanzar. Ésta constituye lo esencial del proyecto didáctico, ya que en lo que el profesor va a esforzarse es en provocar prioritariamente su transformación, más que en aprender definiciones de nociones.

2.2. *Los obstáculos, “núcleo duro” de las representaciones*

¿Qué es lo que diferencia, pues, al obstáculo y a la representación? La idea de **obstáculo** está ligada a la de representación, pero con un carácter más general y más transversal. El obstáculo es lo que, en el fondo, explica la representación y su estabilidad. **De un mismo obstáculo pueden derivarse representaciones relativas a nociones que no tienen relación aparente.** Laurence Viennot muestra, por ejemplo, cómo un mismo modo de razonamiento “arquetípico”, denominado *razonamiento lineal causal* por Jean-Louis Closset, opera tanto en dinámica (concepciones relativas a las fuerzas) como en electrocinética (concepciones sobre la corriente eléctrica). Este “razonamiento” consiste, grosso modo, en transformar en una sucesión temporal lo que se refiere en principio a interacciones mutuas. Las interacciones entre A, B y C se transforman del modo (1):

A actúa sobre B, el cual actúa (simultáneamente) sobre C

al modo (2):

A actúa sobre B, que actuará (posteriormente) sobre C, el cual no actúa sobre A.

Nos hemos tropezado con el mismo obstáculo en ecología, cuando se consideran las relaciones alimentarias en una cadena trófica como predaciones sucesivas de individuos, en forma de “muñecas rusas”, en vez de interacciones entre poblaciones: A es comido por B, el cual es comido por C (tras lo cual, A y B dejan de existir puesto que han sido comidos).

A la inversa, las representaciones relativas al dominio de una misma noción pueden explicarse por la **conjunción de varios obstáculos** que encuentran allí un mismo punto de aplicación (cfr. los análisis que he llevado a cabo con Anne-Marie Drouin, concernientes al concepto de Medio).

Así pues, los obstáculos definen el “núcleo duro” de lo que ofrece resistencia a los aprendizajes y razonamientos científicos. Permiten **deducir el sentido de las representaciones**, posibilitando construir a partir de ahí la interpretación, porque si no se carac-

terizan satisfactoriamente los obstáculos, las representaciones no pueden comprenderse más que en términos de “cartografía estadística”, como simple catálogo de ideas encontradas en los alumnos.

3. Problemas didácticos relativos a cómo franquear los obstáculos

Quedan por examinar varias cuestiones acerca de las posibles formas de franquear los obstáculos identificados, cuestiones que hay que afrontar para construir los programas didácticos en torno a ellos.

3.1. *¿Obstáculo general u obstáculo particular?*

Si, como acabamos de considerar, los obstáculos presentan un carácter general que trasciende cada representación particular, la cuestión sigue estando en saber si, en el plano didáctico, es preferible (y más eficaz) atacar un obstáculo de forma transversal o si es mejor, por el contrario, tratar sus manifestaciones particulares. Por ejemplo, ¿es preciso (y posible) trabajar globalmente el razonamiento causal secuencial ya mencionado, o el antroporfismo, o el “pensamiento por parejas” (dualidad de naturaleza entre el calor y el frío, por ejemplo)?

Si se “tratan” estos obstáculos puntualmente, se corre el riesgo de ocuparse más de manifestaciones contingentes que de su raíz y *habrá que reproducir el proceso para cada ejemplo, sin que los alumnos vean necesariamente que se trata del mismo obstáculo. Pero si, por el contrario, se trabaja sobre ellos más globalmente, hay que asegurarse de que se produce una transferencia efectiva de este aprendizaje general a cada situación particular, ya que, como se ha visto por la historia, cuando se trata de un verdadero obstáculo, los alumnos tienden a “recaer” en él en la primera ocasión. Por otro lado, la psicología cognitiva actual insiste por su parte en los problemas de la transferencia del aprendizaje, incluso cuando se trata de pasar de una primera situación-problema a otra de apariencia bastante semejante.*

La respuesta sólo puede ser dialéctica, es decir, difícil, jugando con la alternancia de situaciones, en las que un mismo obstáculo será, alternativamente, trabajado global y particularmente.

3.2. *Detección, resquebrajamiento, franqueamiento*

Ciertamente, no es suficiente que un obstáculo sea trabajado en el plano didáctico para que se halle en situación de ser franqueado. Incluso en el caso de que el alumno se haya convencido del carácter erróneo o inoperante de su representación, al término de un conflicto socio-cognitivo en el que ha estado involucrado, hace falta todavía –para que la cambie verdaderamente– que disponga de un **modelo explicativo alternativo** y, sobre todo, mentalmente satisfactorio.

Ello nos lleva a plantear tres grados en el trabajo didáctico de los obstáculos, puesto que, como ya se ha dicho, si los obstáculos cediesen la primera vez que fueran cuestionados, significaría que probablemente **no fueran verdaderos obstáculos**. Se puede formular la hipótesis de que los obstáculos susceptibles de ser franqueados en el curso de un programa son aquéllos que ya están ampliamente resquebrajados.

a) *La detección del obstáculo*

Este primer nivel de reconocimiento corresponde a lo que se puede llamar una **toma de conciencia**. La mayor parte de las representaciones de los alumnos, aún cuando son funcionales, permanecen implícitas mucho tiempo. A menudo, el individuo tiene un conocimiento muy débil de los procedimientos personales que tiene automatizados y una primera tarea consiste en expresarlos y objetivarlos a través de la utilización de significantes diversos (escritos, grafismos,...)

Esto se puede aplicar perfectamente a algunos de los obstáculos que hemos mencionado hasta ahora y que responden a la idea de **obstáculo-facilidad**. En efecto, la palabra *obstáculo* sugiere originariamente la idea de una dificultad conceptual con la que se tropieza el individuo, de un “impedimento” suscitado por una especie de “muro” que se yergue en el camino del conocimiento y que el alumno deberá franquear (es la idea de salto de obstáculo). Sin embargo, hemos podido comprobar hasta qué punto numerosos obstáculos (quizá de los más resistentes) se presentan, en cambio, como una valiosa herramienta para facilitar el entendimiento, como una “comodidad intelectual” a la que volvemos sin darnos cuenta. El problema estriba, pues, no tanto en “saltar” el obstáculo

como en aprender a verlo y a evitarlo (es el caso del antropomorfismo, del razonamiento lineal causal, de la concepción del medio como "armonía", etc).

La detección constituye entonces el preámbulo indispensable para trabajar desde la didáctica el obstáculo. La toma de conciencia por parte de los alumnos de su propio modo de funcionamiento intelectual contribuye a identificarlo, aún cuando su superación queda todavía fuera del alcance. Y este modo de funcionamiento personal puede hacerse más explícito mediante el descubrimiento, dentro de una misma clase o un mismo grupo, de una diversidad de sistemas interpretativos divergentes. Ésta es una de las funciones esenciales de lo que se denomina frecuentemente la "emergencia" de las representaciones. Sin duda, es ilusorio imaginar que este procedimiento basta para producir una superación, pero no podemos negar su función intermediaria en el proceso didáctico.

b) El resquebrajamiento del obstáculo

Este aspecto sólo será citado marginalmente, ya que es en el que se piensa inmediatamente cuando se elabora un dispositivo para reconocer las representaciones. Después de la mera localización e identificación de un obstáculo detectado, en una fase siguiente (aunque no necesariamente consecutiva) se produce una **desestabilización conceptual**. Es generalmente en ese plano donde tienen lugar los denominados *conflictos socio-cognitivos*, puestos en boga por los herederos de Piaget (Perret-Clermont, Doise, Mugny). Gracias a estos trabajos se ha visto que el oponer diversos puntos de vista o la diferencia en los enfoques de los sujetos que aprenden que tienen un nivel comparable, sirven como motores del progreso intelectual. La confrontación entre representaciones distintas en el seno de un mismo grupo-clase constituye una de las modalidades más frecuentes, hace que los alumnos cooperen para reducir sus divergencias interpretativas, decidiendo entre concepciones alternativas.

c) El franqueamiento del obstáculo

Como ya quedó dicho, el franqueamiento efectivo necesita algo más. La desestabilización es indudablemente necesaria, pero

para producir sus efectos debe estar acompañada por la elaboración de una **alternativa conceptual** por parte del individuo.

Esto vuelve a remitir, en el plano epistemológico, a las condiciones señaladas por Judith Schlanger para que se pueda operar un cambio de paradigma. Esta autora muestra hasta qué punto es necesario disponer de un **nuevo lenguaje** para pensar dentro de un marco teórico modificado. Ella apunta incluso la idea de que este marco retórico debe preceder a la reorganización racional del saber, ya que es en efecto una de las condiciones que lo posibilitan.

“No sabemos de antemano cuál será el contenido de la buena teoría, ni su objeto, ni su tesis, ni sobre lo que va a tratar, ni cómo lo tratará. Pero sabemos muy bien **qué tipo de satisfacción esperamos de ella** y que, además, es por lo que la reconocemos. (...) La **no satisfacción retórica** es uno de los aspectos de la no satisfacción racional.”

Se encierra aquí, de alguna manera, la problemática de Vygotski, cuya influencia vuelve a crecer en la actualidad en psicología en estos últimos años. Vygotski ha insistido en el papel central del lenguaje interior para transformar en un aprendizaje personal lo que es en un principio un logro de carácter social: es preciso, dice, hacer posible *el paso de lo intersíquico a lo intrapsíquico*. Dicho de otro modo, lo que en principio procede de la **mediación** (y que podría corresponder a lo que yo he llamado resquebrajamiento del obstáculo) debe enseguida ser objeto de una consolidación interiorizada. La *función de apuntalamiento* de que habla Bruner tiene entonces un carácter esencial pero transitorio, precediendo a la automatización de nuevos procedimientos explicativos. Dicho de otra forma, el alumno primero debe construir activamente nuevas herramientas conceptuales, para después tratar de hacerlas funcionar en contextos nuevos, antes de servirse de ellas definitivamente.

3.3. *¿Abordar los obstáculos de frente o rodeándolos?*

Queda un último problema por analizar. ¿Los obstáculos, tal como se han definido, pueden funcionar como principios organizadores de la enseñanza, en lugar de los contenidos y los objetivos? No se pueden reducir los aprendizajes científicos a una especie de

“carrera de obstáculos” permanente y por ello debe uno preguntarse cómo articular unos dispositivos didácticos centrados en un obstáculo determinado con otras situaciones en las que se trabajan implícitamente varios obstáculos.

Ésta es la idea del **objetivo-obstáculo**, desarrollada en la didáctica de la física de Jean-Louis Martinand, aún sin completar. Pero que se puede concebir de dos modos bastante diferentes, aunque no contradictorios, de integración en un programa de enseñanza.

Uno de esos modos consiste en volver a construir explícitamente programas alrededor del franqueamiento de un obstáculo previamente localizado, con el fin de reaccionar ante un “efecto perverso” actual, derivado de las pedagogías activas, según el cual los aprendizajes son “espirales” interminables. El problema reside en que si ahora se acepta abiertamente este punto, ello se suele traducir en una falta de ambición —e incluso de precisión— en lo que nos proponemos hacer aprender **en cada momento**. Uno se da por satisfecho con una “aproximación” a la noción, relegando para más tarde el verdadero trabajo conceptual. Centrar ciertas fases didácticas en un franqueamiento explícito de obstáculos supone evidentemente que la elección de éstos sea específicamente **razonada** (y limitada en número), con el fin de asegurar que se hace girar la acción didáctica sobre un punto clave que merece la pena.

El otro modo refleja más la tesis de Martinand. En este caso, los programas didácticos no están explícitamente contruidos en torno a un obstáculo determinado, sino que por el contrario obedecen a la lógica de un ritmo flexible de investigación autónoma. Un pequeño número de objetivos-obstáculos sirve de referencia al enseñante para ayudarle a “leer” lo que está implicado en la actividad, como las dificultades que muestran los alumnos ante una situación problema. Su función principal, entonces, no es construir alrededor de los obstáculos la lógica de una actividad, sino más bien orientar las intervenciones magistrales partiendo de los alumnos.

Todo esto permite considerar que caben **diversos modos para abordar didácticamente** un obstáculo-objetivo seleccionado. Es posible tratarlo frontalmente construyendo un programa, organizar “baterías” de programas en torno a él, o tenerlo “en la cabeza” a lo largo de todo el año. Se puede también diseñar programas de repaso (o de estructuración) sobre un obstáculo ya trabajado (directa o indirectamente) en distintas ocasiones anteriores. Se puede optar

por dar un rodeo para hacer que el obstáculo sea superado de manera indirecta y también trabajar varios obstáculos relacionados entre sí en forma de red. La resistencia de los obstáculos al aprendizaje es tal, como ya se ha visto, que no cederían ante un modelo de intervención didáctica demasiado uniforme.

Por consiguiente, los procesos de aprendizaje en ciencias se deben situar en el marco de la complejidad. Propiamente, se trata incluso de una *paradoja*, ya que es el alumno quien debe franquear por él mismo los obstáculos, sin que nadie pueda sustituirle en esta empresa; y también porque, al mismo tiempo, no puede conseguirlo él sólo, faltándole las herramientas intelectuales necesarias. Deberá construirse estas herramientas *a su medida* —como tuvo que hacerlo Claude Bernard para la intoxicación por monóxido de carbono— y para ello nunca serán excesivos tanto la ayuda de los intercambios entre los grupos de iguales como la mediación del enseñante. A condición, por supuesto, de que no se conviertan estas ayudas en sustituto de su propia actividad intelectual. Éste es, sin duda, el precio de una mayor eficacia en la enseñanza científica.

Bibliografía

- ASTER, colectivo (1985): *Procédures d'apprentissage en Sciences Expérimentales*. París: INRP, Col. «Rapports de recherches».
- ASTOLFI, J.P. y DROUIN, A.M. (1986): Milieu (analyse didactique du concept). "*Explorons l'écosystème*", Aster, 3.
- ASTOLFI, J.P. (1988): El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 147-155.
- ASTOLFI, J.P. y DEVELAY, M. (1989): *La didactique des Sciences*. París: PUF, Col. «Que sais-je?».
- ASTOLFI, J.P. (1990): L'émergence de la didactique de la Biologie, un itinéraire. Aster, 11. París: INRP.
- ASTOLFI, J.P. (1991): Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en Sciences: l'exemple de la Géologie à l'école élémentaire. Aster, 13. París: INRP.
- ASTOLFI, J.P. (1992): *L'école pour apprendre*. París: ESF.
- BACHELARD, G. (1938): *La formation de l'esprit scientifique*. París: Vrin.
- BEDNARZ, N. y GARNIER, C., dir. (1989): *Construction des savoirs. Obstacles et conflicts*. Ottawa: Cirade / Agence d'Arc Inc.
- BERNARD, C. (1984): *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale (1865)*. París: Flammarion, Col. «Champs».
- BERNARD, C. (1965): *Cahier de notes (1850-1860)*, presentado y comentado por M.D. Grmek. París: Gallimard.
- CANGUILHEM, G. (1990): Artículo «Vie». *Encyclopædia Universalis*. París.
- GIORDAN, A., ASTOLFI, J.P. et al. (1983, 2ª ed. revisada 1987): *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*. Berna: Peter Lang.
- GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. (1987): *Les origines du savoir*. Neuchâtel, París: Delachaux y Niestlé.
- GIORDAN, A., coord. (1987): *Histoire de la Biologie* (2 vols). París: Lavoisier.
- GOHAU, G. (1978): *Biologie et biologistes*. París: Magnard.
- GRMEK, M.D. (1973): *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard*. Ginebra, París: Droz.
- JACOB, F. (1970): *La logique du vivant*. París: Gallimard.
- LE MOIGNE, J.L. (1977): *La théorie du système général*. París: PUF.
- MARTINAND, J.L. (1986): *Connaître et transformer la matière*. Berna: Peter Lang.
- MORIN, E. (1990): *Introduction à la pensée complexe*. París: ESF.
- RIVIERE, Á. (1990): *La Psychologie de Vygotsky*. Lieja: Pierre Mardaga.

- SAUVAGEOT, M. (1991): La digestion au collège: transformation physique ou chimique? "*Respirer, digérer: assimilent-ils?*", Aster, 13. Paris: INRP.
- SCHLANGER, J. (1983): *Penser la bouche pleine*. Paris: Fayard.
- TINLAND, F., dir (1991): *Systèmes naturels, systèmes artificiels*. Seyssel: Champ Vallon, Col. «Milieux».
- VIENNOT, L. (1979): *Raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris: Hermann.

II.2.

UNA VISIÓN CONSTRUCTIVISTA DEL APRENDIZAJE Y SUS IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

*Rosalind Driver
Profesora de Educación Científica
Instituto de Educación
Universidad de Leeds
Inglaterra*

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Introducción

En los últimos veinte años han tenido lugar importantes avances en nuestro conocimiento de los procesos de aprendizaje, que tienen implicaciones significativas para la enseñanza de las ciencias en la escuela. Estos avances describen el aprendizaje como un proceso mediante el cual los que aprenden construyen su conocimiento del mundo. Esta ponencia presenta esta perspectiva *constructivista* sobre el aprendizaje de las ciencias y debate sus implicaciones en la enseñanza.

Esquemas de conocimiento de los niños

Los niños desarrollan ideas sobre los fenómenos naturales antes de que se les enseñe ciencia en la escuela. En algunos casos, estas ideas están en consonancia con la ciencia que se enseña. En muchas ocasiones, sin embargo, hay diferencias significativas entre las nociones de los niños y la ciencia de la escuela.

Desde los primeros días de sus vidas, los niños han ido desarrollando ideas o esquemas sobre el mundo natural que les rodea. Tienen experiencias de lo que ocurre cuando tiran, empujan, cogen o arrojan objetos, y de esta manera construyen ideas y expectativas referidas al modo como los objetos se comportan y se mueven. De manera similar, se desarrollan ideas sobre otros aspectos del mundo a través de las experiencias de casa y los juegos con animales, plantas, agua, luz y sombras, fuegos y juguetes. Un niño de nueve años se ha fijado en que transcurrían unos segundos desde que el tocadiscos se apagaba hasta que el sonido se extinguía. “Debe haber kilómetros y kilómetros de alambre ahí”, dijo él, “que la electricidad tiene que atravesar, para que el sonido tarde tanto en pararse”. Este niño no había recibido enseñanza formal en ciencia y, sin embargo, ¡había desarrollado la noción de que la electricidad estaba implicada en producir el soni-

do, que fluye a través de alambres y fluye muy deprisa!

Muchas de las concepciones que los niños desarrollan sobre los fenómenos naturales derivan de sus experiencias personales. Algunas concepciones o esquemas de conocimiento, en las que influye la interacción de los niños con su medio, no se pueden expresar explícitamente con el lenguaje. Por ejemplo, los niños que juegan a la pelota han desarrollado una serie de esquemas de conocimiento sobre las trayectorias que efectúan las pelotas, lo que les capacita para tirar y coger el balón con éxito. Hasta mucho más tarde los estudiantes no tendrán oportunidad formal para representar y analizar tales movimientos: y sin embargo, ha estado presente desde los primeros años de vida un esquema de conocimiento que capacita al niño para interactuar eficazmente al tirar y coger pelotas.

Exploraciones llevadas a cabo en varios países han identificado rasgos comunes en las ideas de los niños y los estudios sobre su desarrollo proporcionan pistas útiles de los modos característicos en que estas ideas progresan durante la infancia. Las investigaciones han mostrado que estas ideas deben ser vistas como algo más que simples fragmentos de información errónea, que los niños tienen maneras de construir los acontecimientos y los fenómenos que son coherentes y encajan con sus experiencias aún cuando puedan diferir sustancialmente del punto de vista científico. Otros estudios indican también que estas nociones pueden persistir en la etapa adulta, a pesar de la enseñanza formal.

Concepciones científicas de los niños y su desarrollo

Los estudios de las concepciones de los niños sobre los fenómenos naturales indican que, más que ser completamente idiosincrásicos, lo que ocurre es que hay elementos comunes en las nociones de los niños que se pueden trazar y describir (cfr. las recopilaciones de estudios en esta área por Pfundt y Duit, 1985, y Carmichael et al., 1990). Por otra parte, estas nociones de los niños parecen evolucionar a medida que se adaptan a experiencias más amplias.

Un campo que ha sido bien estudiado es el de las concepciones de los niños acerca de la luz y la vista (Guesne, 1985). ¿Cómo entienden los niños cómo se llegan a ver las cosas? ¿Relacionan

luz y vista? Si lo hacen, ¿cómo? Si se pregunta a un niño pequeño “¿Dónde está la luz en esta habitación?”, se puede anticipar lo que contestará. Los niños de cinco y seis años identificarán típicamente la luz como la fuente o el efecto; lo podrían identificar como la bombilla o esa mancha brillante en la pared. Después, los niños identificarán algo que está entre la fuente y el efecto. Se enciende la luz y la habitación se llena con un baño de luz que permite ver las cosas. Más tarde, durante la etapa primaria, algunos niños empiezan a utilizar la noción de que la luz viaja. Es muy interesante que los niños sugieran espontáneamente que la luz viaja cuando se va a hablar de su velocidad. Ellos dirán que la luz parte de una fuente, viaja e incide sobre un objeto, y que por ello el objeto se ilumina y se puede ver. En cambio, tienen menos claro lo que acontece entre el ojo y el objeto. Algunos niños entienden la relación como rayos visuales que van del ojo al objeto, un modelo que concede un rol activo al espectador: nosotros “miramos a” las cosas o “echamos una ojeada” a los objetos.

El diagrama típico que presentan los libros de texto, de la luz esparciéndose desde un objeto y dirigiéndose al ojo, es, según la bibliografía, una visión que sólo sostiene una minoría de alumnos de secundaria. Un elemento importante de los hallazgos de la investigación es la similitud en los modelos conceptuales que utilizan niños de países y orígenes distintos. Un estudio de Nussbaum y Novak (1976) sobre concepciones de los niños acerca de la Tierra en el espacio reveló una secuencia de cinco concepciones o, como ellos lo llamaron, “nociones”. Los niños avanzaban desde la noción de Tierra como una superficie plana con un marco de referencia absoluto de lo que es arriba y abajo, pasando por nociones intermedias, hasta la noción científica de la Tierra como una esfera en la que arriba y abajo se definen en términos relativos respecto a la Tierra (ver Figura 1).

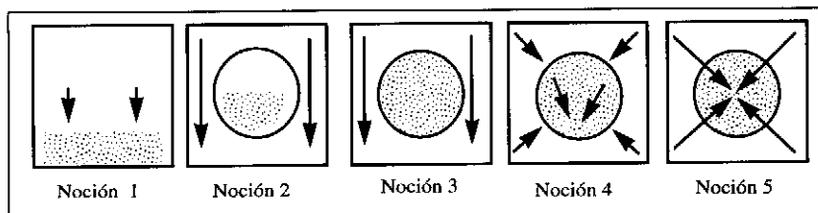


Figura 1: Nociones de los niños acerca de la Tierra en el espacio (de Nussbaum y Novak).

Este estudio fue replicado en Nepal (Mali y Howe, 1979) y se identificó la misma secuencia de concepciones. La Figura 2 muestra el porcentaje de niños nepalís de doce y ocho años que poseen cada una de las cinco nociones. Está comparado con el porcentaje de americanos de ocho años. Como comentan los autores del artículo, "lo sorprendente para nosotros no es que los niños nepalís sean más lentos en adquirir el concepto, sino que el desarrollo de estas ideas es similar en estas culturas tan ampliamente divergentes".

En Leeds hemos llevado a cabo una serie de estudios sobre la evolución de las ideas de los estudiantes acerca de la materia. Un estudio investigó las ideas de los niños sobre la materia utilizando como problema de contexto la disolución (Holding, 1987). A niños de siete a dieciséis años se les propuso un número de tareas para comprobar sus ideas sobre lo que pasaba cuando las sustancias se disuelven y a través de entrevistas individuales se obtuvo información sobre su razonamiento.

A los niños se les mostró una balanza de platillos con un vaso de agua y una huevera con azúcar en cada lado. La balanza estaba equilibrada. El problema planteado a cada niño consistía en predecir qué le pasaría a la balanza si en un lado se echaba el azúcar de la huevera en el agua y luego la huevera se volvía a poner en su platillo. ¿Ese lado de la balanza se elevaría, permanecería en el mismo nivel o descendería? (Figura 3). El gráfico indica la prevalencia de las tres respuestas diferentes en distintas edades. Lo que interesa no es la predicción que hacen los niños, sino el razonamiento que hay detrás. Los niños más jóvenes tienden a sugerir que la balanza se mantiene equilibrada. El azúcar todavía sigue ahí, sólo que ahora está en el vaso. Alrededor de los nueve años, la predicción más común es que el lado en el que se ha echado el azúcar en el vaso subirá. El razonamiento de los niños incluye ideas como: "el azúcar se está rompiendo en trocitos y los trozos son tan pequeños que casi no pesan nada" o "el azúcar se rompe en trozos pequeños y estos pierden peso porque están flotando en el agua". El aspecto clave del razonamiento es la noción de "trocitos que no se pueden ver". Los niños están empezando a construir las nociones de la materia como partículas (de todas formas, estas nociones iniciales están lejos de las concepciones de los químicos de átomos o moléculas; son esencialmente pedazos macroscópicos de materia). Los niños mayores continúan razonando que el azúcar se

rompe en pequeños trozos, o partículas de azúcar, pero ahora tienden a apreciar que el peso de las partes se añade al de la totalidad.

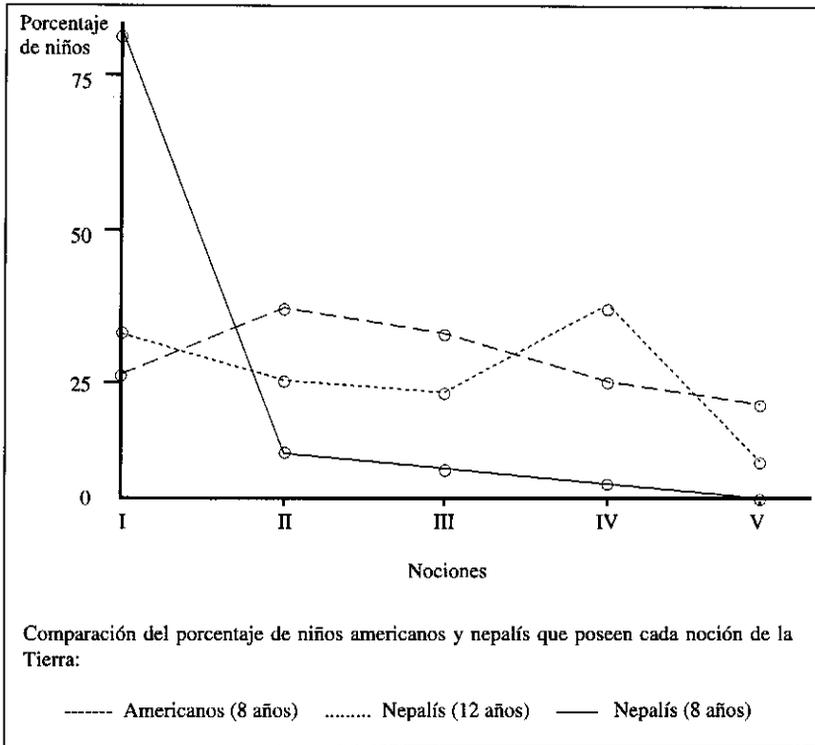


Figura 2: Comparación intercultural de las nociones de los niños acerca de la Tierra en el espacio (de Mali y Howe, 1979).

Otra parte del mismo estudio mostró que los niños están preparados para pensar en términos de partículas respecto a los sólidos antes que respecto a los líquidos. Los líquidos continúan siendo representados como materia continua durante más tiempo. Los gases son todavía más problemáticos y esto nos lleva al segundo ejemplo. En una serie de estudios realizados en Leeds hemos investigado la evolución del pensamiento de los niños sobre la naturaleza y las propiedades del aire y los gases (Brook y Driver, 1989). Concretamente, nos hemos centrado en las creencias de los

niños acerca de la existencia de aire y sus propiedades, como por ejemplo que pesa y ejerce presión.

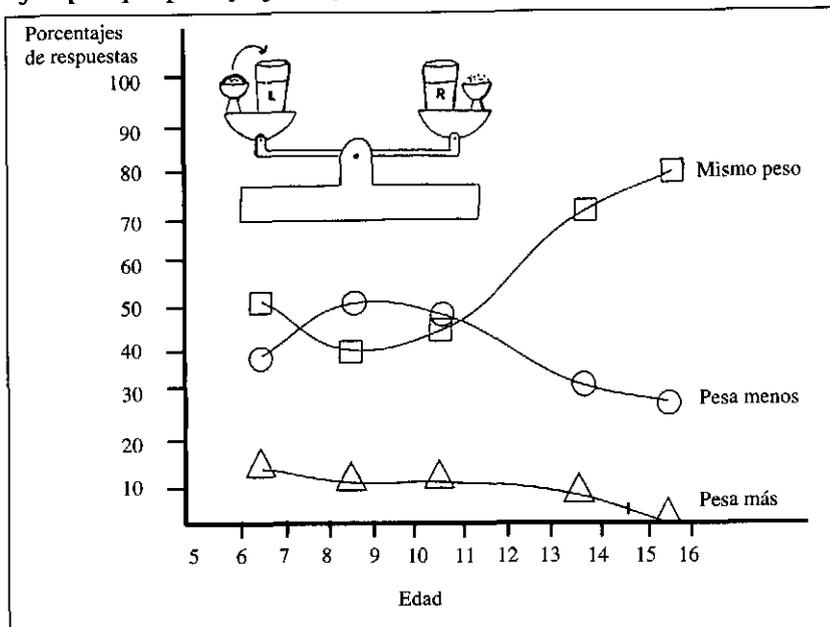


Figura 3: Percepciones de los estudiantes de la variación de peso al disolverse azúcar (Holding, 1987).

En una prueba pedimos a niños de primaria que dibujasen su clase y que colorearan donde hubiera aire. Los niños más jóvenes, de cinco años, tendían a sombrear zonas alrededor de las ventanas, debajo de las puertas y en la boca de la gente. Para estos niños el “aire” se identifica sólo cuando se mueve –para ellos es “viento” y “corriente de aire”–. La noción de que el aire existe y ocupa espacio se desarrolla alrededor de los ocho años. En esta edad, si se vuelca un vaso en un cuenco de agua, los niños predecirán correctamente que no entrará agua en el vaso porque ya hay aire en él.

Las ideas sobre el aire y el peso revelan una progresión conceptual interesante. A los chicos se les pidió que predijeran lo que le ocurriría al fiel de una balanza con contenedores de plástico en cada platillo, inicialmente nivelada, cuando se mete más aire en un contenedor.

A partir de los diez años, cuando está establecida la noción de la

existencia del aire, se hacen varias predicciones. Aproximadamente la mitad afirma que añadir aire hace que el contenedor suba porque el aire es ligero; alrededor de un tercio afirma que la balanza permanecerá nivelada porque el aire no pesa, se limita a flotar alrededor. La predicción científica de que el aire de dentro del contenedor es más denso que el aire de fuera del mismo y que por ello el lado que contiene el aire añadido bajará, aumenta durante la secundaria y es defendida por la quinta parte de los sujetos de dieciséis años.

La propiedad de ingravidez o incluso de peso negativo que atribuyen los niños al aire, ha sido detectada en estudios efectuados en otros países. Hay muchos fenómenos comunes que pueden conducir a los niños a esta noción: burbujas de aire o gases que se elevan a través del agua, humo que sube por una chimenea o el de los cigarrillos. Los niños tienen una creencia muy arraigada de que los objetos que tienen más aire flotan más y son más difíciles de sumergir, que se deriva de su experiencia de jugar en el agua.

La naturaleza problemática del concepto de que el aire pesa tiene implicaciones, lógicamente, para la enseñanza de las áreas biológica y química y plantea cuestiones relativas a qué podemos dar por supuesto en la enseñanza respecto a estos puntos claves. Los fenómenos relacionados con la *presión del aire* también revelan la evolución de las ideas de sentido común a lo largo de la escolaridad. Se les dijo a los niños que explicaran lo que ocurre cuando se bebe naranjada con una pajita, o bien cómo un desatascador de lavabos “se pega” a una superficie, o cómo se extrae un líquido con una jeringuilla.

Los patrones de respuestas según edades sugieren un cambio en las ideas predominantes. La noción más común en niños de cinco a doce años es que el aire que está dentro del aparato (la paja, el desatascador o la jeringuilla) absorbe o presiona. Esta noción del aire que “explica” esta «acción-a-distancia» —que de otra manera les resultaría inexplicable—, corresponde a un rasgo del pensamiento de los niños también presente en otros contextos. Por ejemplo, cuando se les preguntó si un imán actuaría en la Luna, muchos niños dijeron “No, porque no hay aire en la Luna”.

A medida que los niños se hacen mayores, la noción de “absorción de vacíos” reemplaza a la noción de “aire dentro que presiona”. Esto se ve como una progresión en el pensamiento, porque los niños tienen que haber desarrollado un concepto material de aire para con-

ceptualizar un espacio donde no hay aire. Nos volvemos a encontrar con que en secundaria se va utilizando progresivamente la explicación científica basada en las diferencias de presión entre el aire de dentro y de fuera, pero sólo por una minoría de niños.

Los estudios recogidos aquí ponen de manifiesto el predominio de las ideas de sentido común a lo largo de la escolaridad. En estos casos, constatamos el aumento de las ideas científicas enseñadas en la franja de edad 12-16. ¡La enseñanza formal tiene algún efecto! Pero no para la mayoría de alumnos. En algunos campos, especialmente en física, las ideas de sentido común parecen ser particularmente persistentes.

Características de las concepciones científicas de los niños y su desarrollo

Existen numerosas características generales de las concepciones científicas de los niños y su desarrollo que ya han sido identificadas. Estas características son:

1. *La existencia de ideas de sentido común similares sobre los fenómenos naturales.* Han sido investigadas por numerosos grupos de investigación que han registrado la existencia de ideas comunes en diferentes países. Ahora disponemos de información sobre bastantes áreas en ciencias físicas y biológicas (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Osborne y Freyberg, 1985; Gentner y Stevens, 1983).
2. *Las ideas científicas de los niños tienden a "acomodarse" a sus experiencias diarias.* Tenemos ejemplos de ello: la madera se calcina; el aire no pesa, sólo "flota alrededor de las cosas"; la luz "viaja" más lejos por la noche que durante el día; se necesita una fuerza constante para producir un movimiento constante. En todos estos ejemplos, podemos apreciar las experiencias que conducen a los niños al razonamiento de sentido común.
3. *La idea que un niño puede utilizar en una situación concreta depende del contexto.* Ligeras diferencias en el contexto influyen en las ideas que se utilizan. En este sentido, las ideas de los niños no tienen el estatus de teorías científicas: ellos son

pragmáticos, los criterios de utilidad dominan sobre criterios como la generalizabilidad o la economía de esfuerzo.

4. *Las ideas evolucionan con la edad.* Como hemos visto, en cualquier ámbito las ideas tienden a experimentar una trayectoria conceptual en el razonamiento de los niños, pasando por nociones intermedias a lo largo de su desarrollo. Así, se puede anticipar qué ideas concretas prevalecen en los grupos de una determinada edad. Esto es importante a la hora de planificar el currículo y de diseñar los métodos de enseñanza.
5. *La manera como las ideas de los niños progresan conlleva un cambio o reestructuración de las conceptualizaciones básicas.* Aprender ciencia no es una simple acumulación de conocimiento: requiere un cambio en las ideas o en los modelos mentales de los niños acerca de cómo funciona el mundo. En este sentido, existe un paralelismo entre el aprendizaje científico de los niños y la historia de la ciencia, ambos con periodos de lo que Thomas Kuhn llamó ciencia normal entre periodos de ruptura o revoluciones científicas. Los niños también atraviesan estos períodos de ruptura.
6. *Por último, a pesar de la instrucción, algunas concepciones son resistentes al cambio; éste es el caso concretamente de cuando las ideas de la ciencia son contrarias a la intuición.*

Influencias en el desarrollo de los esquemas de conocimiento de los niños

El medio

Como se ha expuesto en el apartado anterior, la experiencia de los fenómenos naturales es un importante factor que configura el desarrollo de las concepciones de los niños. Ellos adaptan sus concepciones de forma que se ajusten mejor a su experiencia. Así, el proceso por el cual el que aprende construye su conocimiento, se concibe en términos generales como un proceso de contrastación de hipótesis, un proceso en el que se ponen en tela de juicio (bien tácita o bien explícitamente) los esquemas de conocimiento existentes, se valora su adecuación a los nuevos estímulos y, como resultado, se pueden modificar esos esquemas.

“Lo que determina el valor de las estructuras conceptuales es su adecuación experimental, su bondad para encajar con la experiencia, su utilidad para resolver problemas, entre los que está, claro, el eterno problema de la organización coherente que llamamos comprensión... Los hechos están contruidos por nosotros y nuestra manera de experimentarlos” (von Glaserfeld, 1983, p.51).

Esta visión del conocimiento como construyéndose tiene una implicación epistemológica que aún no ha sido tomada en serio por los educadores y que es que el hecho de que conocer algo no implica correspondencia entre los esquemas conceptuales que se poseen de ese algo y lo que estos esquemas representan “ahí fuera”, es decir, no tenemos un acceso directo al “mundo real”. La base del aprendizaje no está en que se corresponda con una realidad exterior, sino en la construcción por parte del que aprende de esquemas que le resulten coherentes y útiles. Esta visión del conocimiento “tiene importantes consecuencias para la conceptualización de la enseñanza y el aprendizaje ... hará que en vez de ponerse el énfasis en la repetición «correcta» por parte del alumno de lo que el profesor hace, se ponga en la organización correcta –por parte del estudiante– de sus propias experiencias” (von Glaserfeld, 1983, p.51).

Interacción social

A lo largo de los últimos años se ha puesto un énfasis creciente en el proceso de interacción en el aprendizaje. Los trabajos de Vygotsky han sido influyentes a este respecto. Se reconoce que el aprendizaje del mundo no tiene lugar en un vacío social. Los niños tienen a su disposición modos de pensar y de imaginar a través del lenguaje y la cultura. Frases como “cierra la puerta para que no entre frío” o “cae el rocío”, proporcionan modos de representar aspectos del mundo físico a través de la metáfora. Esta relación dinámica entre los esquemas personales de conocimiento de los niños y los esquemas provinientes de la cultura ha sido comentada y estudiada por los educadores de ciencias (Sutton, 1980), los psicólogos y los antropólogos (Rogoff y Lave, 1984). En el trabajo de Schutz y Luckmann, Solomon presenta una teoría de la construc-

ción social del significado en la que afirma que los “objetos de sentido común” sólo existen a través de la comunicación social en la que se intercambian, se exploran y se refuerzan las ideas.

“En lo que Schultz y Luckmann refieren como ‘conocimiento del mundo vivo’, el criterio esencial no es ya la lógica interna de la explicación sino que sea reconocido y compartido por otros. Damos por hecho que aquellos que están próximos a nosotros ven el mundo como nosotros, pero siempre buscamos confirmarlo a través del intercambio social. Esta continua reafirmación de las nociones sociales las hacen muy pertinaces y resistentes al cambio” (Solomon, 1987, p.67).

Cuando las ideas de un individuo son afirmadas y compartidas por otros de la clase, los intercambios juegan un papel importante en el desarrollo del proceso de construcción del conocimiento. En el ejemplo siguiente, se instó a un grupo de niños de trece años a que desarrollaran su modelo de explicación de las propiedades del hielo, el agua y el vapor, mediante actividades relacionadas con los cambios de estado. Después de una discusión inicial en la que fue introducida y adoptada por los niños la idea de las moléculas, un grupo empezó a fijarse en la cuestión de los enlaces.

- A1: ¿El agua convertida en hielo? Yo creo que probablemente se refuercen los enlaces.
- A2: Sí, eso no está muy claro verdaderamente.
- A1: Porque realmente no hemos hecho un experimento similar a eso. Sólo lo hicimos sobre el derretimiento.
- A2: No estábamos seguros, quiero decir, estamos más o menos seguros de cómo las cosas pasan de sólidos a líquidos y a gases, pero no de gases a líquidos y a sólidos.
- A1: La cuestión es que, en el gas el enlace ha desaparecido por completo.
- A2: Entonces, ¿qué ocurre para que el enlace vuelva de nuevo?
- A1: Supongo que funciona al revés, cuando se calienta, se destruye el enlace, cuando se enfría, ya sabes, se rehace.
- A3: ¿Pero cómo se rehace? ¿Con qué se rehace?
- [La cuestión referente a la procedencia de los enlaces rehacechos continúa hasta el ejercicio de grupo.]

- A2: Si los átomos están enlazados, para que los otros átomos se mantengan unidos un átomo no puede cambiar en un enlace, ¿no? [Llegado este punto, un observador en la clase interviene:]
- O: ¿Cómo os imagináis el enlace?
- A4: Una especie de cuerda entre los átomos.
- A2: No, no es eso. Él [refiriéndose al profesor] nos habló de algo magnético, magnetismo. Una especie de fuerza.
- A4: Electricidad estática o algo así.
- A1: Sí. Eso los mantenía juntos. Y supongo que si estuviera caliente, no estaría tan magnetizado como si estuviera frío; entonces magnetiza más.
[El grupo parece haber adoptado la idea de enlaces debidos a un tipo de fuerza magnética y vuelven a considerar cómo esto puede justificar el enlace aparentemente cambiante cuando una sustancia se calienta.]
- A2: Cuando están calientes vibran más, por lo que la atracción no es tan fuerte.
- A2: Sí, lo sé, pero vibran más, y rompen el enlace y entonces finalmente se convierten en un gas y hasta ahí llegan... pero ¿cómo vuelve el enlace? [con énfasis].
- A2: Cuando empieza a enfriarse, no vibran tanto.
- A1: Ah, sí, cuando se enfrían el enlace aumentará, por lo que no podrán moverse tanto; eso encaja, ¿verdad?
[Adviértase aquí la clara búsqueda de consistencia. La idea probada parece ser la de que debido a la mayor fuerza del enlace a temperaturas bajas, las moléculas no podrán vibrar tanto debido a que están más juntas. Esta solución, no obstante, reclama todavía la cuestión de cómo el enlace se presenta más fuerte a temperaturas bajas, como muestra el comentario del siguiente alumno.]
- A2: Sí, pero la cuestión es cómo volvemos a conseguir el enlace.
- A4: Disminuyendo la vibración...
- A2: Disminuyendo las vibraciones.
[Uno de los alumnos tiene una ocurrencia diferente respecto a este punto. Sugiere que la fuerza está presente todo el tiempo.]
- A4: Supongo que está siempre presente ahí, pero...sí, no tiene la oportunidad de agarrarlas —sabes— y mantenerlas juntas. Bueno, cuando se reducen las vibraciones puede conseguir que se junten...

El resultado de la discusión es un logro considerable. Los alumnos han alcanzado juntos el conocimiento de que las partículas están en continuo movimiento y que este movimiento se incrementa con la temperatura, teniendo presente todo el tiempo la idea de la fuerza entre las partículas para explicar el aparente “hacerse y deshacerse” de los enlaces. Este ejemplo ilustra claramente que los alumnos, si están motivados y si se les da la oportunidad, juntos pueden aportar ideas y experiencias previas para hacer avanzar su pensamiento.

El debate con el grupo de iguales puede desempeñar numerosas funciones en el proceso de construcción del conocimiento. Proporciona un foro en el que las ideas previas implícitas pueden ser explicitadas y dispuestas para la reflexión y la comprobación. Proporciona una situación en la que las personas tienen que clarificar sus propias nociones en el proceso de discusión con los otros. Puede ser también una oportunidad para que los individuos construyan a partir de las ideas de los otros, para así llegar a una solución.

Howe (1990) ha investigado en diversos contextos científicos hasta qué punto se potencia en ciencias la comprensión conceptual de los niños gracias a la discusión en grupo. Sus resultados son interesantes y revelan que todos los niños progresan en su comprensión científica mediante la discusión con el grupo de iguales, tal como se vio por las entrevistas realizadas individualmente antes y después del trabajo grupal. Sus resultados también indican que este progreso ocurre tanto si la discusión de grupo refleja, o no, progreso. Esto sugiere que el progreso en la comprensión se adquiere no tanto gracias al efecto de “*andamiaje*” que producen las ideas de los otros como apoyo para las de uno, sino gracias a tener cada uno la oportunidad de reorganizar sus propias ideas cuando hay que verbalizarlas y escuchar.

Transmisión cultural

La perspectiva presentada hasta aquí consiste en que los individuos, a través de su propia actividad mental, construyen y reestructuran sus esquemas del mundo que les rodea basándose en la experiencia que poseen del medio y en la interacción social. No

obstante, aún falta por introducir un argumento adicional muy significativo. Se trata del que hace referencia a la naturaleza y estatus de la ciencia como conocimiento público que es construido tanto personal como socialmente (Collins, 1985). Las ideas científicas y las teorías no sólo son resultado de la interacción de los individuos con los fenómenos, sino que pasan también por un complejo proceso que implica comunicación y comprobación por parte de las instituciones sociales de ciencias más importantes antes de ser validadas por la comunidad científica. Esta dimensión social de la construcción del conocimiento científico ha motivado que la comunidad científica comparta una visión del mundo, que comprende conceptos, modelos, convenciones y procedimientos. Este mundo está habitado por entidades tales como átomos, electrones, iones, campos y flujos, genes y cromosomas; está organizado mediante ideas como la evolución y los procedimientos de medida y experimentación. Estas ideas, que son construidas y transmitidas a través de la cultura y de las instituciones sociales científicas, los individuos no las descubrirán mediante su búsqueda empírica individual; el aprendizaje de la ciencia implica estar iniciado en la cultura científica.

Hay aquí un punto importante para la educación científica. Si la construcción del conocimiento es vista únicamente como un proceso personal, se parece a lo que se ha definido tradicionalmente como *aprendizaje por descubrimiento*. En cambio, si los que aprenden tienen acceso a los sistemas de conocimiento de la ciencia, el proceso de construcción del conocimiento debe ir más allá de la búsqueda empírica personal. Los alumnos necesitan tener acceso no sólo a experiencias físicas sino a los conceptos y los modelos de la ciencia convencional. El desafío radica en ayudar a los que aprenden a construir estos modelos por ellos mismos, a apreciar sus terrenos de aplicabilidad y, en esos campos, ser capaces de utilizarlos. Si la enseñanza tiene como objetivo conducir a los estudiantes hacia las ideas convencionales de la ciencia, entonces la intervención de los profesores es esencial, tanto a través de una apropiada evidencia experimental como haciendo asequible a los alumnos las ideas teóricas y las convenciones de la comunidad científica.

Esta introducción de los estudiantes en las convenciones particulares de la ciencia está ilustrada en el siguiente ejemplo de una clase de 16-17 años estudiando el tema de la radiación de fondo.

El profesor ha colocado un contador Geiger y antes de acercar una fuente radiactiva al tubo, hace notar a los estudiantes el hecho de que el contador estaba ya en marcha.

- P: ¿Por qué está contando ahora?
- Terry: ¿Del medio?
- P: Sí. Desde algún lugar y de fuentes diferentes, la radiación nos llega todo el tiempo. ¿Cuáles son las fuentes de esta radiación.
- Ana: El sol, las estrellas.
- Otros: Del espacio.
- P: ¿Viene de algún objeto de nuestro alrededor?
[*No hay respuesta*]
Sí, de los edificios, rocas, incluso de vuestros cuerpos. Todos ellos juntos producen la llamada radiación de fondo; además ocurre en todas partes. De hecho, en el norte de Vancouver es más alta de lo normal.
- Susan: Y los “clicks” se producen a intervalos irregulares, ¿no es cierto?
- P: Bueno, ¿qué pensáis vosotros? ¿Alguien se ha dado cuenta de lo que Susan ha oído?
[*Varios estudiantes mueven la cabeza afirmativamente*]
- Stan: Sí, los “clicks” tienen lugar aleatoriamente.
- P: ¿Qué quieres decir con aleatoriamente?
- Stan: Bueno, no se puede predecir cuándo van a tener lugar.
Ahora me gustaría medir la radiación de fondo y no sé bien cómo hacerlo. Dave, ¿qué tipo de medida utilizarías tú? [*Pausa*] ¿Cómo voy a asignar un número para decir la radiación de fondo?
- Gary: Simplemente, contando.
- P: Si lo hacemos podemos llegar a 1000. ¿Qué significa eso? [*No hay respuesta*] ¿Qué más tenemos que medir?
- Estudiante: Mide cuántos por segundo o por minuto.
- P: ¿Y entonces obtener el promedio?
- Estudiante: Sí.
- P: Bueno, vamos a hacer eso. Muy bien, ¿durante cuánto tiempo lo hacemos?

Estudiantes: ¡Un minuto!

P: Probémoslo. Craig, dime cuándo debo empezar y cuántos hay en un minuto. [*Pausa*] Nueve. [*La mayoría está de acuerdo en nueve.*]

P: Si tomamos la medida de nuevo, ¿cuál es vuestra predicción?

Estudiantes: 9, 8, 10, 11

P: Ahora que cuente Ana. Dime cuándo empiezo y cuál es la cuenta. Esta vez son once. Si lo hago otra vez, ¿qué voy a obtener?

Estudiantes: 13, 11, 9

P: Vamos a hacerlo de nuevo. ¿Estás lista, Ana? Ahora son doce.

[*La mayoría de los estudiantes dice que no*]

P: Lo que hemos estado midiendo es la intensidad de la radiación. Es el número de veces por unidad de tiempo; la unidad está en segundos; entonces, es el número de veces por segundo, y esta unidad se denomina becquerel.

[El profesor escribe en la pizarra:

$$\text{becquerel} = \frac{\text{n}^\circ \text{ veces}}{\text{t en seg.]}}$$

P: ¿Cuál fue la última intensidad de la radiación? Es doce entre sesenta, igual a cero coma dos becquerels. [En la pizarra:

$$\frac{12}{60} = 0,2 \text{ becquerels]}$$

Aguirre y Kuhn (1987, pp.50-51).

En esta secuencia, en primer lugar el profesor permite a los estudiantes tener la experiencia directa de contar la radiación de fondo. Un estudiante observa que parece que es aleatorio y estas observaciones son comprobadas con nuevas medidas y se confir-

man. Por último, tras tener los estudiantes alguna experiencia informal de medir el ritmo que registra el contador Geiger, el profesor introduce el término “intensidad de radiación” y la unidad el “becquerel”; ambos son aspectos convencionales del conocimiento que los alumnos no podían haber descubierto por experiencia sino que necesitaban ser introducidos por una fuente de autoridad.

Este ejemplo ilustra de un modo sencillo un rasgo común de las clases de ciencias: la introducción de conceptos, modelos, medidas, convenciones de la comunidad científica. En este caso fueron introducidos después de que los estudiantes se hubieron familiarizado con el fenómeno; por ello los términos “intensidad de radiación” y “becquerel” estaban unidos a la experiencia de los estudiantes y adoptados y utilizados.

En ciertos casos, los profesores forman el razonamiento de los estudiantes orientándolo hacia el enfoque de la visión aceptada de la ciencia, mediante un cuidadoso proceso de “*andamiaje*” de sus preguntas.

En una lección sobre los cambios de estado y los puntos de ebullición, una clase de niños de 13 años estaba llevando a cabo la actividad habitual de calentar una cubeta de agua en un hornillo y medir la temperatura del agua a intervalos regulares de tiempo.

P: ¿Qué esperáis que le ocurra a la temperatura?

A1: Que se eleve al calentarse. Alrededor de 100 será cuando se evapore.

A2: El agua se evaporará a los 100 grados centígrados, por lo que podría dispararse a esta temperatura. Debe estar sobre 100 grados centígrados para que se evapore el agua.

[*Un poco después:*]

P: Bueno, ¿qué pasó?

A2: Se quedó en 103, las dos veces últimas (refiriéndose a dos ensayos anteriores).

No lo hemos marcado para las dos.

I: ¿Eso es lo que esperábais?

A3: Yo hubiera pensado que seguiría subiendo, pero se quedó en 102. No sigue subiendo.

I: ¿Por qué crees que seguiría aumentando?

- A2: Porque lo haría; el mechero Bunsen sigue calentando el agua, pero no está tomando más temperatura.
- I: Bueno, ¿cómo explicas eso?
- P2: No lo sé.
- P1: No lo sé. Se está evaporando con vapor.
- P2: Y eso puede estar quitando el calor.
- P1: Porque cuando sientes el vapor está caliente.
- I: ¿Qué quieres decir con “quitando el calor”?
- P2: Bueno, el vapor guarda mucho calor y lo está quitando para mantenerlo a la misma temperatura constante una vez comience a hervir.

Wightman (1986, p.237).

Esta actividad habitual de clase presentó a los alumnos lo que era, para ellos, un suceso discrepante en cuanto que no distinguían entre la temperatura y el proceso de calentamiento. La discusión con un adulto les ayudó a ir más allá de su sorprendente observación (que la temperatura del agua hirviendo se mantenía en un valor constante, a pesar del calentamiento) y les ayudó a construir una posible interpretación.

Una perspectiva constructivista de la enseñanza

Lo que los estudiantes aprenden en las actividades de la lección, ya sean éstas trabajo práctico, discusión o lectura de texto, depende no sólo de la naturaleza de las tareas propuestas, sino también de los esquemas de conocimiento que los alumnos tienen que manejar en estas tareas. Lo que se aprende, francamente, no es necesariamente un espejo de lo que se ha enseñado. Aquí ilustraré esto con dos ejemplos.

A unos alumnos de secundaria se les presentaron algunos aspectos de las propiedades de la luz. En el transcurso de esta explicación, se les pidió que dibujaran lo que observaron cuando la luz blanca atravesó un prisma. Los primeros diagramas dibujados por algunos de los alumnos mostraban la luz de colores abandonando el prisma con una trayectoria curva y no en línea recta.

Posiblemente, la similaridad con el “arco iris” influyó sobre las observaciones de los niños.

En un segundo ejemplo, se presenta a niños de 12-13 años una balanza con balones desinflados en cada extremo. Se les pide que predigan qué pasará cuando la cámara de un balón se infle. Esto es lo que dicen antes de ver lo que pasa:

Daniel: El aire pesa, es más pesado, ¿no?

Joanne: No.

Daniel: Sí, lo es.

Ana: Da igual, el aire no pesa nada.

Daniel: Mirad, bajará. El aire pesa.

Jaspal: ¡Mirad, escuchad! Cuando hinchemos el balón, se vendrá hacia abajo, ¿no?, porque el aire en el balón es más pesado y la gravedad tira hacia abajo.

Joanne: Sí, pero el aire es ligero, o sea, que ¿cómo puede irse para abajo?

Ana: Flota, por lo que se mantendrá en el mismo nivel.

Lo prueban y ven que el lado con el balón inflado desciende. Aquí tratan de explicar lo que pasa:

Ana: Oye, se ha ido para abajo.

Joanne: Pero, ¿qué le hace irse para abajo?

Jaspal: Mirad, ¿qué pasa con el aire ahora? El aire es más pesado que el aire normal de fuera; la gravedad empuja el balón abajo.

Ana: El aire es ligero, hará flotar el balón.

Daniel: Entonces, ¿cómo es posible que se venga abajo?

Ana: No lo sé. Pensé que se quedarían iguales.

Joanne: Si fuera ligero se iría para arriba, ¿no?

Jaspal: Mirad, la gravedad lo empuja hacia abajo, empuja el aire hacia abajo.

Daniel: Sólo cuando está en el balón.

Las observaciones hechas por ellos mismos no son suficientes. Lo que importa es el sentido con que los niños las hacen. Aquí, los vemos luchar para encontrar una explicación a sus observaciones y se percibe cómo este proceso está influido por sus nociones previas acerca del aire.

¿Qué implicaciones tiene para la enseñanza adoptar seriamente una visión constructivista del aprendizaje? Aquí esbozaré brevemente los rasgos que deben ser tomados en consideración si se trata de poner en práctica esta perspectiva en la enseñanza.

1. Los métodos de enseñanza deben tener en cuenta las concepciones previas con que llegan los estudiantes a clase. Deben diseñarse actividades prácticas que ayuden a los estudiantes a evaluar sus concepciones existentes además de demostrar las ideas científicas que se han de enseñar.
2. Deben darse oportunidades que permitan a los estudiantes pensar y hablar acerca de las ideas que están desarrollando y utilizando. Puede ser útil la discusión en pequeño grupo sobre tareas cuidadosamente diseñadas para proporcionar tales oportunidades, al igual que también lo pueden ser otras actividades (como tareas de redacción, simulaciones por ordenador, que dan a los estudiantes la oportunidad de analizar las consecuencias de los debates).
3. Un papel importante para el profesor es guiar a los estudiantes para que vean los fenómenos a través de espectáculos científicos. Semejantes actividades de “andamiaje” son necesarias para posibilitar que los estudiantes penetren en el discurso de la ciencia y se empapen de los “modos de ver” científicos.

El enfoque constructivista que se ha trazado aquí da importancia tanto al rol del profesor de poner a disposición del alumno las herramientas teóricas y conceptuales, como el rol del que aprende de dar sentido a las nuevas experiencias por ellos mismos.

Este argumento se presenta en el libro *Common Knowledge* de Edwards y Mercer (1987), que afirman:

“No discutiremos el regreso a los métodos didácticos tradicionales. El movimiento progresista tenía razón al afirmar la importancia de la implicación activa de los niños en su propia educación. Lo que defenderemos es un tercer escalón, hacia un modelo cultural-comunicativo de educación...La ideología tradicional centraba todo en la enseñanza y la ideología progresista lo centra todo en el aprendizaje. Lo que se necesita es una nueva síntesis, en la que la educación comprenda conjuntamente el desarrollo de ambos” (p.36).

Bibliografía

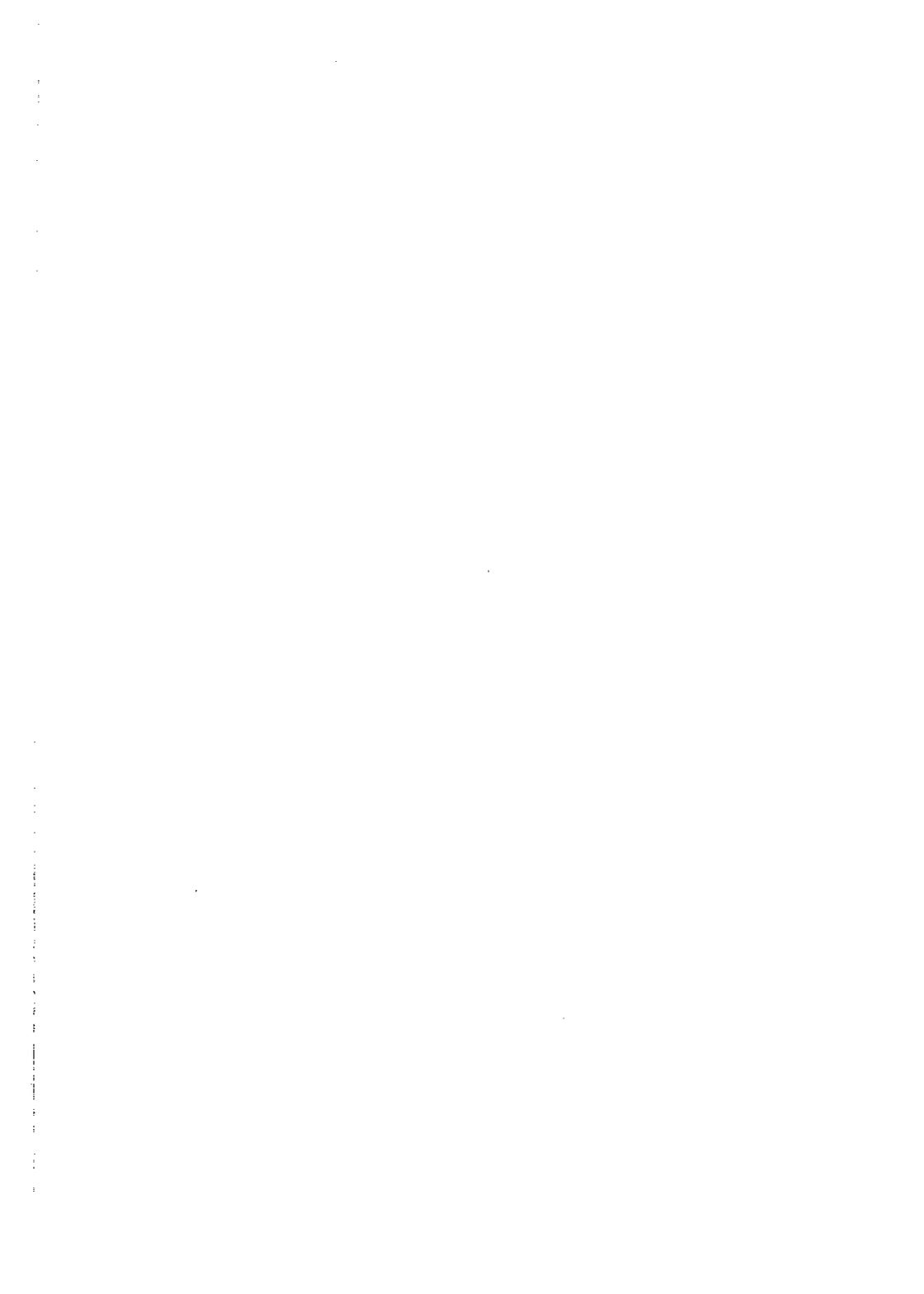
- AGUIRRE, J. y KUHN, T. (1987): *An Interpretative Approach to Learning Science: A Case Study on Teaching Radiation and Nuclear Energy in Junior High School*. Vancouver, BC: University of British Columbia.
- BROOK, A. y DRIVER, R. en colaboración con HIND, D. (1989): *Progression in Science: The Development of Pupils' Understanding of Physical Characteristics of Air Across the age Range 5-16 Years*. Leeds, UK: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, Leeds University.
- CARMICHAEL, P. et al. (1990): *Research on Students' Conceptions in Science: A Bibliography*. Leeds, UK: Children's Learning in Science Research Group, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- COLLINS, H.M. (1985): *Changing Order*. Sage Publications.
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. (1985): *Children's Ideas in Science*. Open University Press.
- EDWARDS, D. y MERCER, N. (1987): *Common Knowledge*. Methuen.
- GENTNER, D. y STEVENS, A. (1983): *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates.
- GLASERFELD, E. von (1983): Learning as a Constructive Activity. En BERGERON, J. y HERSCOVICS, N. (eds.): *Proceedings of fifth Annual Meeting*. PNE-NA.
- GUESNE, E. (1985). En DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. (1985): *Children's Ideas in Science*. Open University Press. (Traducción en español Ideas científicas en la Infancia y la adolescencia) MEC- MORATA 1989.
- HOLDING, B. (1987): *Investigation of Schoolchildren's Understanding of the Process of Dissolving with Special Reference to the Conservation of Matter and the Development of Atomistic Ideas*. Leeds, UK: unpublished PhD thesis, University of Leeds.
- HOWE, C., TOLMIE, A. y RODGERS, C. (1990): Physics in the Primary School: Peer interaction and the Understanding of Floating and Sinking. *European Journal of Psychology of Education*, 4, pp.459-475.
- MALI, G.B. y HOWE, A. (1979): Development of Earth and Gravity Concepts among nepali children. *Science Education*, 63(5), pp.685-691.
- NUSSBAUM, J. y NOVAK, J. (1976): An assessment of Children's concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews. *Science Education*, 60 (4), pp.535-550.

- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985): *Learning in Science*. Heinemann.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (1985): *Bibliography. Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Kiel, Alemania: IPN.
- ROGOFF y LAVE, J. (eds.) (1984): *Everyday Cognition: it's development in a Social Context*. Harvard University Press.
- SOLOMON, J. (1987): Social influences on the Construction of Pupils' Understanding of Science. *Studies in Science Education*, 14, pp.63-82.
- SUTTON, C. (1980): Science, Language and Meaning. *School Science Review*, 62 (218), pp.47-56.
- WIGHTMAN, T. en colaboración con GREEN, P. y SCOTT, P. (1986): *The construction of Meaning and conceptual change in classroom settings, case studies on the particulate theory of Matter*. Leeds, UK: Centre for studies in Science and Mathematics Education, Leeds University.

II.3.

EL CAMBIO CONCEPTUAL EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LA FORMACIÓN DE PROFESORES

Peter W. Hewson
Profesor de la Universidad de Wisconsin-Madison
U.S.A.



Introducción

El cambio conceptual se está popularizando. En las aulas de primaria, se discute sobre si una mesa empuja hacia arriba un libro que tiene encima. En las aulas de secundaria, los alumnos construyen sus propios modelos de la herencia genética y tratan de convencer a los demás de la veracidad de sus ideas. En los programas de formación de profesores de ciencias, los futuros profesores de primaria realizan observaciones de la Luna durante un amplio periodo y utilizan modelos Sol-Tierra-Luna para explicar sus observaciones. En las clases universitarias, los profesores hablan de entrevistar a los estudiantes y animarles a expresar sus ideas en la clase. En encuentros profesionales, los educadores defienden ponencias sobre el uso del cambio conceptual en los niveles primario, secundario y superior. Éstos son ejemplos actuales de situaciones en las que los educadores tratan de comprender lo que es y lo que representa el cambio conceptual en la educación en ciencias.

Pero, ¿qué es el cambio conceptual? ¿Se trata de un eslogan popular de última moda, que, como otros muchos anteriores, no producirá ningún cambio en el mundo de la educación?, ¿o de una idea que posibilitará la transformación de la educación en ciencias? En un principio, la idea de cambio conceptual se usó en educación como una forma de entender el proceso de aprendizaje de los contenidos de disciplinas tales como física (Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982) y biología (Carey, 1985). Su uso, sin embargo, se ha extendido en dos direcciones. Primera, desde el comienzo la noción de enseñanza para el cambio conceptual ha ido paralela a las consideraciones del aprendizaje como cambio conceptual. Segunda, el cambio conceptual se ha introducido en otros ámbitos disciplinares tales como la química, las ciencias de la Tierra, las matemáticas, la escritura, la lectura y la formación de profesores.

Una muestra del desarrollo que han alcanzado las ideas del cambio conceptual en la última década ha sido la formación de un grupo de interés especial (S.I.G.) sobre el cambio conceptual, en el

seno de la Asociación Americana de Investigación Educativa (A.E.R.A.). El S.I.G. empezó a funcionar en 1983 con el objetivo de proporcionar un foro anual para el encuentro de los individuos que trabajan en una misma línea. A diferencia de la A.E.R.A., formada en su mayor parte por americanos, desde el principio el S.I.G. cuenta con una mayoría de miembros de otras nacionalidades. Las sesiones del S.I.G. de este año incluyeron ponencias de autores de Australia, Brasil, Gran Bretaña, Canadá, Israel, Italia, Sudáfrica y los Estados Unidos. En otras palabras, existe un interés generalizado a nivel internacional hacia el cambio conceptual. Si se comparan las sesiones sobre el cambio conceptual promovidas por el S.I.G. con las organizadas desde la A.E.R.A., se obtiene un indicador del crecimiento del interés por el cambio conceptual. En 1988, el encuentro anual de la A.E.R.A. tuvo seis sesiones en las que estaba incluido «cambio conceptual» como un descriptor; cinco de ellas fueron patrocinadas por el S.I.G.. En 1990 fueron nueve y ocho respectivamente, doce y siete en 1991, y quince y siete en 1992. Mientras que el número de miembros del S.I.G. en los últimos años ha oscilado en torno a los doscientos, el interés por el cambio conceptual se ha desarrollado en otras áreas además de la enseñanza de las ciencias: las sesiones de la A.E.R.A. en 1992 también abordaron el cambio conceptual en matemáticas, formación de profesores, lectura y escritura.

Otro indicador de la aceptación del cambio conceptual es su presencia en los documentos de la reciente reforma educativa en España (Ministerio de Educación y Ciencia, 1989). Esto se manifiesta en la consideración de “perspectivas que ven el aprendizaje de las ciencias como un cambio conceptual en la estructura cognitiva del alumno” (p.111) y en el reconocimiento de que “uno de los objetivos centrales de la enseñanza de las ciencias es propiciar cambios en las concepciones de los alumnos...” (p.159).

Pero, ¿qué es el cambio conceptual? Para comprenderlo y valorar su posible influencia en la enseñanza de las ciencias es necesario, desde mi punto de vista, considerar su relación con otros dos temas actualmente muy en boga: el constructivismo (entendido como una visión de cómo aprenden las personas) y las concepciones de los alumnos (ideas persistentes diferentes de las aceptadas por la generalidad y mantenidas por los estudiantes de todas las edades y todos los países, que reciben la denominación, entre otras, de *concepciones alternativas o preconcepciones*).

En este artículo, primeramente, haré una consideración sobre las diferentes interpretaciones de la noción de cambio conceptual. A continuación, argumentaré cómo entiendo el cambio conceptual y analizaré sus relaciones con el constructivismo y el estudio de las concepciones de los alumnos. Finalmente, consideraré las diversas implicaciones que el cambio conceptual podría tener en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias y en la formación de los profesores de ciencias.

Interpretaciones del cambio conceptual

Cuando se piensa en el cambio conceptual, es conveniente tener en cuenta los diferentes sentidos en que puede usarse la palabra *cambio*. Se podría hablar, como en los cuentos de hadas, de una princesa que al besar a una rana ésta se convierte en un príncipe. En este caso se trata de una realidad que cambia; la rana deja de existir y en su lugar aparece un príncipe. Aquí cambio significa extinción del estado anterior.

Un segundo ejemplo podría ser una elección para el Ayuntamiento en la que el titular resulta derrotado por el contrincante: ha habido un cambio de alcalde. Ambas personas continúan viviendo en la ciudad, pero sólo una es alcalde. El titular pierde su estatus, mientras que el contrincante lo gana. En este caso, no existe extinción; cambio significa intercambio de una realidad por otra.

Un tercer ejemplo podría ser una casa que comenzó siendo una pequeña vivienda de cuatro habitaciones allá por el siglo pasado, y que posteriormente fue ampliada con un ala en uno de sus extremos. En cuanto se pudo disponer de agua y de luz, se le añadieron un cuarto de baño y una cocina. Sigue siendo la misma casa: cambio aquí quiere decir extensión.

El interés por el cambio conceptual ha sido enfocado, en gran medida, desde el problema de los estudiantes que mantienen un punto de vista ("una mesa sostiene un libro simplemente por el mero hecho de estar ahí") que contrasta con el punto de vista ortodoxo ("una mesa sostiene un libro porque ejerce una fuerza hacia arriba sobre él"). ¿Cómo podríamos caracterizar un cambio de pensamiento del estudiante?

El cambio entendido como extinción del primer ejemplo pare-

ce que no es apropiado para caracterizar este cambio. No tiene sentido el que un punto de vista haya desaparecido para ser reemplazado por otro; los estudiantes recuerdan ambos puntos de vista, tan sólo han cambiado su manera de pensar. Cambio según la concepción del segundo ejemplo, como intercambio, parece que es una caracterización mejor de lo que el estudiante ha experimentado. Este tipo de cambio es el que la mayor parte de la gente evoca al oír hablar de *cambio conceptual*. Yo lo he mencionado en otra parte como *intercambio conceptual* (Hewson, 1981).

En la bibliografía sobre cambio conceptual han surgido diversas interpretaciones acerca de algunos conceptos afines. Puede ser interesante que los analicemos desde las diferentes interpretaciones de cambio que hemos presentado en los ejemplos anteriores.

El cambio conceptual: ¿inclusivo o exclusivo?

Un grupo de interpretaciones del cambio conceptual se refieren precisamente al desarrollo de un conocimiento de la diversidad y persistencia de las visiones de los estudiantes acerca de los fenómenos naturales. Así, cuando se piensa en un estudiante que está aprendiendo los contenidos propuestos en los objetivos de un currículo, se necesita considerar si para lograr un objetivo el estudiante debe tener que renunciar, rechazar o relegar una idea, especialmente si ésta entra en contradicción con la idea del objetivo. En tal caso, se impondría un intercambio conceptual; se da un acuerdo generalizado en la bibliografía en cuanto a considerar que el proceso de cómo el estudiante intercambia una idea por otra es el cambio conceptual.

Para algunos, el significado del cambio conceptual se reduce a esto. Se trata de un término aplicado a la parte problemática de la experiencia de aprendizaje de una persona -renunciar a una idea por otra- pero que por inferencia no se puede aplicar a un aprendizaje que no sea problemático. En otras palabras, para algunos el cambio conceptual es exclusivamente intercambio conceptual. Otros, sin embargo, reconocen suficientes similitudes entre el aprendizaje problemático y el no problemático como para aludir en ambos tipos al cambio conceptual. Por ejemplo, en ambos la persona va del desconocimiento de una idea al conocimiento de ella.

Aquí es donde el cambio concebido como extensión resulta útil como metáfora para explicar el aprendizaje sin dificultad. Los estudiantes aprenden cosas que no conocían mediante el establecimiento de conexiones con lo que ya conocen; no representa un problema cuando el punto de vista vigente puede conciliarse con lo que están aprendiendo. Otra manera de entender esto es ver el conocimiento existente como “capturador” del nuevo conocimiento (Hewson, 1981). Desde esta perspectiva, el cambio conceptual es un término inclusivo, que engloba tanto el sentido de intercambio como el de *extensión* (captura).

El conocimiento: ¿relativo o verdadero/falso?

Algunas interpretaciones alternativas del cambio conceptual se derivan de las concepciones alternativas de la naturaleza del conocimiento, por ejemplo, la naturaleza del conocimiento en física. Una de éstas es que la idoneidad de un sistema de ideas, por ejemplo las leyes del movimiento de Newton, depende del contexto en el que se usa. Mientras que hay una serie increíblemente amplia de fenómenos que se describen perfectamente con las leyes de Newton —vienen a la mente el movimiento de los planetas, la construcción de puentes, el movimiento browniano—, no son adecuadas cuando se trata de los fenómenos muy rápidos (donde se hace necesaria la relatividad para explicarlos) o de los fenómenos muy pequeños (en los que hay que acudir a la mecánica cuántica), aunque sí explican los fenómenos comunes y cotidianos, como arrojar una pelota o el hecho de que una mesa sostenga un libro, hechos que son contrarios a la simple intuición de una gran parte del público general. Todo ello nos indica que es necesario tener en cuenta el contexto al que se refiere el conocimiento y que pueden contemplarse diferentes puntos de vista como concepciones alternativas sin que unas tengan que ser correctas y otras erróneas.

Una visión alternativa acerca de la naturaleza del conocimiento, en concreto del conocimiento científico, es que su desarrollo representa una aproximación hacia las verdades del mundo natural. Dicho de otra forma, la ciencia descubre aspectos del mundo tal como es en realidad. Por consiguiente, siempre es posible discriminar en principio si una concepción concreta de un hecho o fenóme-

no es correcta o errónea. Además, esta perspectiva centra la atención más sobre los productos científicos (los “hechos”) que sobre el proceso de producción del conocimiento. Esto implica que las concepciones que se oponen a lo que es correcto deban ser denominadas concepciones erróneas y que, así, el cambio conceptual se entienda como reemplazamiento de las concepciones erróneas por concepciones correctas.

El cambio conceptual: ¿enseñanza y/o aprendizaje?

Un tercer bloque de interpretaciones del cambio conceptual gira en torno a la relación entre aprendizaje y enseñanza. Parece inevitable que surjan cuestiones relativas a la enseñanza cuando se habla de aprendizaje: el concepto de enseñanza se queda muy limitado sin el concepto de aprendizaje. A continuación, creo que es conveniente diferenciar las actividades de aprendizaje de los resultados del aprendizaje.

Un planteamiento en esta línea explica la enseñanza como causa del aprendizaje; si no se produce aprendizaje, es posible que no se haya estado enseñando. Como consecuencia de esto, se puede hacer confusa la distinción entre enseñanza y aprendizaje—algunos profesores usan los términos indistintamente o en combinación, por ejemplo enseñanza-aprendizaje— y se puede poner la atención en las estrategias de enseñanza partiendo del supuesto de que “si yo enseñé bien, mis alumnos habrán aprendido lo que yo quería”.

Una postura alternativa (Hewson y Hewson, 1988) se fija en la relación entre enseñanza y aprendizaje bajo una óptica diferente. Al igual que los profesores pueden exigir a sus alumnos que ejecuten las actividades de aprendizaje e intentar que éstas conduzcan a resultados de aprendizaje concretos, también es necesario que los sujetos que aprenden compartan estas intenciones. En este sentido, pues, la enseñanza no es causa de resultados de aprendizaje, sino un elemento que los facilita. La enseñanza puede tener lugar sin que se produzca aprendizaje y viceversa. De esto se puede derivar que se agudice la distinción entre enseñanza y aprendizaje, y que se ponga la atención en los que aprenden y lo que está implicado cuando logran resultados de aprendizaje.

Ejemplos

Las ponencias pronunciadas en recientes reuniones de organizaciones educativas (N.A.R.S.T., A.E.R.A.), en Estados Unidos, proporcionan ejemplos de algunas de estas diversas interpretaciones del cambio conceptual. Westbrook y Rogers (1992, p.3) afirmaron que el proceso de usar “estrategias para conducir el pensamiento de los niños hacia la dirección que marcan los científicos... se ha conocido como cambio conceptual”. En este sentido, el cambio conceptual se identifica explícitamente con una serie de estrategias de *enseñanza*, lo cual implica entender el cambio conceptual exclusivamente como intercambio y que las concepciones de los niños son erróneas mientras que las de los científicos son las acertadas.

Otro ejemplo tomado de Stofflett (1992, p.3) menciona que “la investigación sobre el conocimiento de los científicos identifica el proceso de cambio conceptual como un prerrequisito necesario para la construcción de teorías científicamente validadas”. En este artículo se pone el énfasis más en el aprendizaje que en la enseñanza, con la idea de que lo importante es la base para la validación de las teorías (más que los criterios de autoridad de los científicos).

En un tercer ejemplo, Tobin (1992, p.2) afirma que “el cambio conceptual es el aprendizaje, que se trata de un proceso social para dar sentido a la experiencia, entendida en términos de conocimiento existente,... Ya que todo el aprendizaje se produce en un medio social, todo aprendizaje es esencialmente social... De acuerdo con esto, todo cambio conceptual debe considerarse en un contexto sociocultural”. Para Tobin, pues, el cambio conceptual es una idea inclusiva, el conocimiento es relativo respecto al contexto, y se trata básicamente de una cuestión de aprendizaje.

Mi visión del cambio conceptual

El constructivismo

El enfoque general que adopto es una variante de la perspectiva constructivista (Magoon, 1977), que supone que los seres humanos construyen su propio conocimiento a partir de su conocimiento previo. Esta construcción del conocimiento tiene lugar den-

tro de un contexto de interacción y acuerdo social. En el proceso de construcción, las personas desarrollan patrones relativamente estables de creencias. Construyen el conocimiento de manera que les resulte coherente y útil. Dado que este proceso se ve influido por un gran abanico de experiencias sociales, el conocimiento construido por cada individuo no es totalmente personal e idiosincrático. Más aún, pienso que los individuos son inevitablemente racionales (Shulman y Carey, 1984; Simon, 1982). El conocimiento previo y las convenciones sociales sobre el significado no sólo restringen el modo como se interpretan las nuevas experiencias, sino que también influyen en lo que se percibe de cualquier situación. Así, dos individuos, ante los mismos hechos, pueden percibirlos e interpretarlos de maneras muy diferentes, dependiendo de su conocimiento y creencias individuales subyacentes y de la forma en que estas creencias influyen y son influidas por las interacciones sociales a partir de las cuales se han formado.

Parte de la evidencia en la que se apoya este punto de vista se basa en estudios sobre las concepciones de los estudiantes tales como las que se mencionan más adelante. Resulta interesante comprobar cómo aparecen referencias al constructivismo en los objetivos de la reciente reforma educativa española (Ministerio de Educación y Ciencia, 1989): "La escuela debe garantizar la construcción de aprendizajes significativos..." (p.33) y en declaraciones acerca de "El alumno que... construye, modifica y organiza sus esquemas..." (p.34).

Las concepciones de los estudiantes sobre los fenómenos naturales

En los últimos años, se han efectuado numerosos estudios en diferentes disciplinas, en diferentes países y en diferentes niveles educativos, desde la escuela primaria hasta la enseñanza superior, sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los fenómenos naturales. Toda esta investigación se ha revisado en artículos (Driver y Erickson, 1983; McDermott, 1984), informes de reuniones (Helm y Novak, 1983; Novak, 1987), libros (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Osborne y Freyberg, 1985) y recopilaciones bibliográficas (Carmichael et al., 1990; Pfundt y Duit, 1991).

Desde la perspectiva constructivista, muchas de las regularidades y consistencias observadas en las respuestas de los estudian-

tes se interpretan como concepciones alternativas que los estudiantes mantienen acerca del mundo natural y su funcionamiento. Dos características notorias de las concepciones alternativas son: a menudo se alejan de las comúnmente aceptadas y, por tanto, son alternativas, entrando en conflicto con las ideas que los profesores quieren que aprendan sus alumnos; y son sorprendentemente resistentes al cambio como resultado de la instrucción tradicional (Champagne, Klopfer y Gunstone, 1982). Generalmente estas visiones alternativas de los estudiantes no son tan precisas, tan amplias y tan polivalentes como aquéllas que los profesores quieren que los alumnos aprendan; pero muestran una fuerte persistencia frente a una instrucción que trate de rebatirlas; por eso se hace necesario diseñar una enseñanza que reconozca los puntos de vista alternativos de los estudiantes y cree un ambiente en el que los estudiantes acepten que sus propias ideas deben ser alguna vez objeto de estudio.

El Modelo de Cambio Conceptual

La interpretación de que las respuestas de los estudiantes están guiadas por las concepciones alternativas sugiere que el aprendizaje debe implicar cambio en las concepciones de una persona además de añadir nuevo conocimiento al que actualmente ya se posee. Este planteamiento fue desarrollado en un modelo de aprendizaje como cambio conceptual (Modelo de Cambio Conceptual, M.C.C.) por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) y ampliado por Hewson (1981, 1982). Según este planteamiento, el aprendizaje supone una interacción entre las concepciones nuevas y las ya existentes, cuyo resultado depende del carácter de la interacción. El M.C.C. tiene dos componentes fundamentales. El primero de ellos lo constituyen las *condiciones* que deben concurrir (o dejar de concurrir) para que una persona experimente un cambio conceptual. El grado en que la concepción reúne estas condiciones se denomina *estatus* de la concepción de una persona. Cuantas más condiciones reúne una concepción, mayor es su estatus.

El segundo componente es la *ecología conceptual* de la persona, que proporciona el contexto en el que se produce el cambio conceptual, que a la vez influye en el cambio y le confiere signifi-

cado. La ecología conceptual comprende diferentes tipos de conocimiento, de los cuales los más importantes pueden ser el de compromiso epistemológico (por ejemplo la consistencia y la generalizabilidad), las creencias metafísicas sobre el mundo (por ejemplo la naturaleza del tiempo) y las analogías y metáforas que podrían servir para estructurar la nueva información.

Al aprender se utiliza el conocimiento previo (es decir, la ecología conceptual) para determinar si se reúnen las condiciones, esto es, si una nueva concepción es *inteligible* (se conoce su significado), *plausible* (se cree que es verdadera) y *fructífera* (se encuentra que es útil). Si la nueva concepción reúne las tres, el aprendizaje se produce sin dificultad. La metáfora que explica el cambio como extensión ayuda a entender esto, llamando la atención sobre la necesidad de nuevas adiciones que encajen coherentemente dentro de un plan global. Al igual que la ampliación de una casa se realiza mediante añadidos bien planificados y consistentes con la estructura existente, así se realizará también la extensión de una concepción. Por ejemplo, la concepción de la aceleración que la define como el valor de la variación de la velocidad se verá reforzada con la inclusión de métodos de medida de la aceleración, ejemplos de aceleración, el papel fundamental de la aceleración en la segunda ley del movimiento de Newton, etc. Sin embargo, si la nueva concepción entrara en conflicto con las concepciones preexistentes, entonces no podrá llegar a ser plausible ni fructífera hasta que el sujeto que aprende se encuentre *insatisfecho* con sus viejas concepciones. En este caso, el aprendizaje requiere que se reestructuren las concepciones previas o incluso que se intercambien por las nuevas. Los cambios de estatus definidos en la metáfora del cambio como intercambio proporcionan un modo de comprender este proceso. Las relaciones entre el cambio de estatus y el cambio conceptual se analizan más ampliamente en otro lugar (Hewson y Hennessey, 1991).

Una predicción esencial del M.C.C. es que los cambios conceptuales no se producen sin cambios paralelos en el estatus de las concepciones cambiantes. Aprender una nueva concepción significa que su estatus aumenta, es decir, el sujeto la comprende, la acepta, ve que es útil. Si la nueva concepción entra en conflicto con una concepción previa, que ya tiene un estatus elevado para el sujeto, no puede ser aceptada hasta que descienda el estatus de la existente. Esto ocurre solamente, de acuerdo con el M.C.C., si el

que aprende, que posee esta concepción, encuentra razones para estar insatisfecho con ella. La ecología conceptual del sujeto juega un papel crítico en la determinación del estatus de una concepción, debido a que, entre otras cosas, proporciona los criterios para que una persona decida si se reúne o no una condición determinada. A este respecto, los compromisos epistemológicos de la persona, como por ejemplo la generalizabilidad (Hewson y Hewson, 1984), son especialmente importantes.

El cambio conceptual

¿Qué es, entonces, desde mi punto de vista, el cambio conceptual? Para mucha gente el término se refiere sólo a casos de intercambio conceptual. Sin embargo, yo defendería la importancia de incluir tanto la extensión conceptual como el intercambio conceptual, porque pone atención en las consideraciones del estatus que influyen en el conjunto del aprendizaje, no sólo en el intercambio conceptual. También veo el cambio conceptual, antes que nada, como un modo de entender el aprendizaje, es decir, algo que experimenta el sujeto de manera intencional, más que como algo realizado por el que enseña. Un profesor puede, desde luego, facilitar mucho el aprendizaje del alumno, sin ninguna necesidad de considerar esto como un proceso mecánico y causal. Finalmente, me parece que el conocimiento que un sujeto adquiere sólo tiene validez en la medida en que éste se relacione con su ecología conceptual. Dado que la ecología conceptual es producto del conjunto de las experiencias y de las interacciones sociales de la persona, tendrá muchos elementos en común con otros individuos.

Esto quiere decir que el currículo debería incluir no sólo teorías concretas y sus fenómenos correspondientes, sino también las bases para aceptarlas. Si no podemos justificar el contenido del currículo a los estudiantes, no deberíamos enseñárselo. Dicho de otro modo, necesitamos darnos cuenta de que "alternativo" no es sinónimo de "inadecuado" o "inaceptable". El propósito del cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias *no* es obligar a los estudiantes a renunciar a sus concepciones alternativas a las de los profesores o los científicos, sino, más bien, ayudarles tanto a for-

mar el hábito de cuestionar una idea con otra, como a desarrollar las estrategias adecuadas para aceptar y contrastar concepciones alternativas de cara a su aceptación.

Implicaciones del cambio conceptual para la educación en ciencias

En línea con lo anterior, es posible concebir el cambio conceptual dentro de la educación científica al menos de cuatro formas. Estas cuatro tienen que ver con aprender ciencia, enseñar ciencia, aprender cómo enseñar ciencia y enseñar cómo enseñar ciencia.

Aprender ciencia

Como se ha mencionado anteriormente, numerosos estudios han mostrado que los estudiantes llegan a sus clases de ciencias con un bagaje de diferentes concepciones acerca del mundo natural de su entorno (Pfundt y Duit, 1991; Carmichael et al., 1990). Estas concepciones varían mucho en características como claridad, amplitud, coherencia, ambigüedad y tenacidad. En concreto, muchas de estas concepciones difieren del punto de vista aceptado por los científicos. La relevancia de esta investigación radica en que pone de manifiesto que hay ideas a las que los estudiantes recurren cuando se les introduce en un contenido científico normal. El aprendizaje del nuevo contenido se ve influido por las ideas vigentes, que pueden bien dificultar o bien facilitar su aprendizaje. Por tanto, conviene entender el aprendizaje como un proceso de cambio conceptual que incluye tanto extensión como intercambio.

Enseñar ciencia

Una cosa es aceptar que los estudiantes mantienen concepciones diferentes que deberían cambiarse; otra cuestión muy distinta es concluir que compete a la responsabilidad del profesor el emprender una estrategia docente encaminada a facilitar el cambio

conceptual. Mientras algunos defenderían la separación de responsabilidades –los profesores presentan el contenido y los estudiantes lo aprenden–, ésta no es la postura que yo postulo. Por el contrario, creo que es responsabilidad del profesor darse cuenta de las concepciones de los alumnos y enseñar de manera apropiada para facilitar el cambio conceptual por parte de éstos.

Muchos estudios sobre enseñanza de los últimos años han intentado abordar la investigación sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los fenómenos naturales. Estos estudios han dado a conocer diferentes aspectos que caracterizan lo que puede llamarse *enseñanza para el cambio conceptual* (Hewson, 1991). Por un lado, existen varios a fases de ésta, que son:

- *Diagnóstico o elicitación.* ¿Usa el profesor alguna técnica diagnóstica para elicitación de las concepciones previas de los alumnos y las razones por las que ellos las mantienen?
- *Cambio de estatus.* ¿Usa el profesor estrategias diseñadas para ayudar a los alumnos a rebajar el estatus del conocimiento previo problemático y elevar el estatus de otras ideas competentes? ¿Existen otros ámbitos de aplicación donde se puede usar la nueva concepción?
- *Evidencia de resultado.* ¿Existe evidencia de que los resultados del aprendizaje de los alumnos se basan, en parte, en una consideración explícita de su conocimiento previo?

Por otro lado, hay determinados aspectos que están presentes durante los diferentes momentos de la enseñanza para el cambio conceptual, que son:

- *Metacognición.* ¿Se sienten los alumnos estimulados o dispuestos a volver sobre una o más ideas mantenidas por ellos o por otros, para reflexionar y expresar una opinión sobre ellas?
- *Clima de clase.* ¿Existe una actitud de respeto, tanto por parte del profesor como de los alumnos, hacia las ideas de los demás, incluso cuando son contradictorias?
- *Rol del profesor.* ¿El profesor es capaz de dar oportunidades para que los alumnos se expresen por sí mismos sin temor al ridículo y de asegurar que no va a juzgar si una idea es aceptable o no en la clase?

- *Rol del alumno.* ¿Desean los alumnos asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje, de conocer otras ideas y de cambiar sus puntos de vista ante otros que parezcan más viables? ¿Pueden encargarse los alumnos de su propio aprendizaje?

Una enseñanza que ha incluido estos componentes ha conseguido facilitar un cambio significativo en las concepciones de estudiantes de escuela primaria, secundaria y universidad, respecto a los contenidos de diferentes áreas en física, química, biología y ciencias de la Tierra. Se dispone de recopilaciones de estos estudios y otros afines (Pfundt y Duit, 1991; Carmichael et al., 1990).

Aprender cómo enseñar ciencia

Yo afirmaré que, igual que los alumnos desarrollan concepciones sobre los hechos cotidianos, se puede esperar, de igual modo, que los que vayan a ser profesores desarrollen concepciones sobre la enseñanza, basadas en sus propias experiencias como estudiantes en diferentes clases, en cursos de formación permanente y en su etapa de formación como profesores. Así, se puede esperar que construyan estructuras conceptuales en las que incorporen los acontecimientos del aula, conceptos sobre la instrucción, comportamientos socialmente aceptados y patrones explicativos. Por una parte, estas estructuras incluyen, posiblemente de manera implícita, su razón fundamental para enseñar y su visión del conocimiento, del aprendizaje y de la ciencia, su conocimiento de la disciplina, y por otra, sus modos de enseñar, junto con información específica detallada sobre el contenido, los alumnos, los procedimientos escolares, etc. Llamo a esto *concepción de la enseñanza de las ciencias* (Hewson y Hewson, 1988).

Me parece obvio que el conocimiento, las destrezas y las actitudes de los profesores son probablemente de tipos muy diferentes, sirviendo para distintos propósitos y no siendo necesariamente coherentes. En otras palabras, encuentro razonable inferir que los profesores en formación se pondrán delante de un programa con sus propias concepciones individuales de lo que significa enseñar ciencia, que pueden diferir significativamente de las que son

importantes en el programa. Yo esperaría, igual que en el apartado anterior sobre el aprendizaje de la ciencia, que los profesores en formación puedan necesitar experimentar un cambio conceptual respecto a sus concepciones de la enseñanza de las ciencias apoyadas, a menudo implícitamente, en sus concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento, la ciencia y el aprendizaje.

Para identificar las características de una concepción de la enseñanza de las ciencias adecuada a la enseñanza mediante cambio conceptual, Hewson y Hewson (1988) han revisado la investigación sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los fenómenos naturales, sobre la enseñanza de las ciencias mediante cambio conceptual y sobre el pensamiento del profesor. Sus conclusiones son que los profesores de ciencias deberían:

- conocer los fenómenos, los métodos y los conceptos, principios y teorías que constituyen la ciencia que ellos están enseñando;
- conocer qué concepciones mantienen los alumnos referidas a los temas que se van a enseñar y su grado de aceptación científica;
- ser conscientes del papel que juega el conocimiento previo de los estudiantes en la comprensión del material nuevo;
- convencerse de la necesidad de utilizar estrategias de enseñanza para el cambio conceptual, sobre todo cuando las concepciones preexistentes de los alumnos entran en conflicto con las que se enseñan; y
- ser capaces de planificar y ejecutar acciones docentes que hagan efectivas estas estrategias.

Enseñar cómo enseñar ciencia

Por último, el cambio conceptual atañe a la educación en ciencias a través de la consideración de las estrategias utilizadas en programas de formación para ayudar a los futuros profesores a experimentar los cambios deseados en sus concepciones de la enseñanza de las ciencias. Una vez más, en comparación con la enseñanza de las ciencias considerada más arriba, se revela como fundamental la cuestión de que la responsabilidad de experimentar un cambio con-

ceptual deben compartirla los futuros profesores y sus formadores. Bajo mi punto de vista, es responsabilidad del formador utilizar métodos en la formación de los profesores similares a los que debe recurrirse en la enseñanza de las ciencias. Consecuentemente, deben ser métodos de enseñanza para el cambio conceptual. Esta creencia procede, en parte, de la necesidad de que un programa sea coherente en sus métodos y en su contenido y, en parte, porque una forma efectiva de hacerlos accesibles a los futuros profesores es presentar, sirviendo como modelos, diversos planteamientos concretos de enseñanza.

Un programa de formación de profesores puede abordar la cuestión del cambio conceptual de maneras claramente diferentes, dependiendo del contexto específico de cada institución. En la Monash University de Australia (Gunstone y Northfield, 1992), la Universidad de Utrecht en Holanda (Wubbels et al., 1992) y la Universidad de Utah (Stoddart y Stofflett, 1992) y la de Wisconsin-Madison (Hewson et al., 1992) en Estados Unidos, se conocen programas de formación de profesores de ciencias —de los que existe documentación— con intentos de utilizar el planteamiento del cambio conceptual.

Conclusión

La idea del cambio conceptual se ha introducido en la educación como una analogía procedente de la historia y la filosofía de la ciencia, útil para entender las dificultades que las personas sufren para cambiar de un sistema de explicación a otro. No obstante, he ampliado mi comprensión del cambio conceptual desde una manera de entender el aprendizaje problemático de las ciencias hasta formas de entender otros tipos de aprendizaje, el aprendizaje en otros ámbitos y la enseñanza que facilita el aprendizaje mediante cambio conceptual. Esto es posible en la medida en que son coherentes y complementarias, que proporcionan buenas explicaciones de muchos hechos educativos, que continúan suscitando buenas cuestiones acerca de la práctica actual y que sugieren maneras fructíferas de reorganizar esta práctica. Por todas estas razones, el cambio conceptual es una idea sólida. No me sorprende de que se esté popularizando.

Bibliografía

- CAREY, S. (1985, 1ª ed.): *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- CARMICHAEL, P., DRIVER, R., HOLDING, B., PHILLIPS, I., TWIGGER, D. y WATTS, M. (eds.) (1990, 1ª ed.): *Research on students' conceptions in Science: A bibliography*. Leeds, UK: Children's Learning in Science Research Group, Universidad de Leeds
- CHAMPAGNE, A.B., KLOPPER, L.E. y GUNSTONE, R.F. (1982): Cognitive research and the design of Science instruction. *Educational Psychologist*, 17, pp.31-53.
- DRIVER, R. y ERICKSON, G. (1983): Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in Science. *Studies in Science Education*, 10, pp.37-60.
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1985): *Children's ideas in Science*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- GUNSTONE, R.F. y NORTHFIELD, J. (1992): *Conceptual change in teacher education: The centrality of metacognition*. Ponencia presentada en el Annual Meeting of the American Education Research Association, San Francisco, CA.
- HELM, H. y NOVAK, J.D. (1983): *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University.
- HEWSON, P.W. (1981): A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3(4), pp.383-96.
- HEWSON, P.W. (1982): A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4(1), pp.61-78.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G.A'B. (1984): The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of instruction. *Instructional Science*, 13(1), pp.1-13.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G.A'B. (1988): An appropriate conception of teaching science: A view from studies of science learning. *Science Education*, 72(5), pp.597-614.
- HEWSON, P.W. (1991): *Conceptual change instruction*. Ponencia presentada en el Annual Meeting, National Association for Research in Science Teaching, Fontana, WI.
- HEWSON, P.W. y HENNESSEY, M.G. (1991): Making status explicit: A case study of conceptual change. En R. DUIT, F. GOLDBERG y H. NIEDDERER (eds.): *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel, Alemania: IPN, pp.176-187.

- (Procedente de un Encuentro de Trabajo Internacional celebrado en Bremen, Alemania, 4-8 marzo 1991).
- HEWSON, P.W., ZEICHNER, K.M., TABACHNICK, B.R., BLOMKER, K.B. y TOOLIN, R. (1992): *A conceptual change approach to science teacher education at the University of Wisconsin-Madison*. Ponencia presentada en el Annual Meeting de la American Education Research Association, San Francisco, CA.
- MAGOON, A.J. (1977): Constructivist approaches in educational research. *Review of Educational Research*, 47(4), pp.651-93.
- MCDERMOTT, L.C. (1984): Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 2-10.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (1989): *Diseño Curricular Base, Educación Secundaria Obligatoria*, vol. 1. Madrid, España: M.E.C.
- NOVAK, J.D. (1987): *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985): *Learning in science: The implications of children's Science*. Portsmouth, NH: Heinemann Publishers.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (eds.) (1991, 3ª): *Bibliography: Students' alternative frameworks and Science education*. Kiel, Alemania: IPN-Kiel.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. (1982): Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), pp.211-27.
- SHULMAN, L.S. y CAREY, N.B. (1984): Psychology and the limitations of individual rationality: Implications for the study of reasoning and civility. *Review of Educational Research*, 54(4), pp.501-24.
- SIMON, H.A. (1982): *Models of bounded rationality: Behavioral economics and business organization*. Cambridge, CA: MIT Press.
- STODDART, T. y STOFFLETT, R. (1992): *Conceptual change and teacher education*. Ponencia presentada en el Annual Meeting de la American Education Research Association, San Francisco, CA.
- STOFFLETT, R.T. (1992): *Is the ability to use conceptual change pedagogy a function of personal experience?* Ponencia presentada en el Annual Meeting de la National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.
- TOBIN, K. (1992): *Conceptual change, teacher education and curriculum reform*. Ponencia presentada en el Annual Meeting de la American Education Research Association, San Francisco, CA.
- WESTBROOK, S.L. y ROGERS, L.N. (1992): *Experience is the best*

teacher: Using the laboratory to promote conceptual change.
Ponencia presentada en el Annual Meeting de la National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.

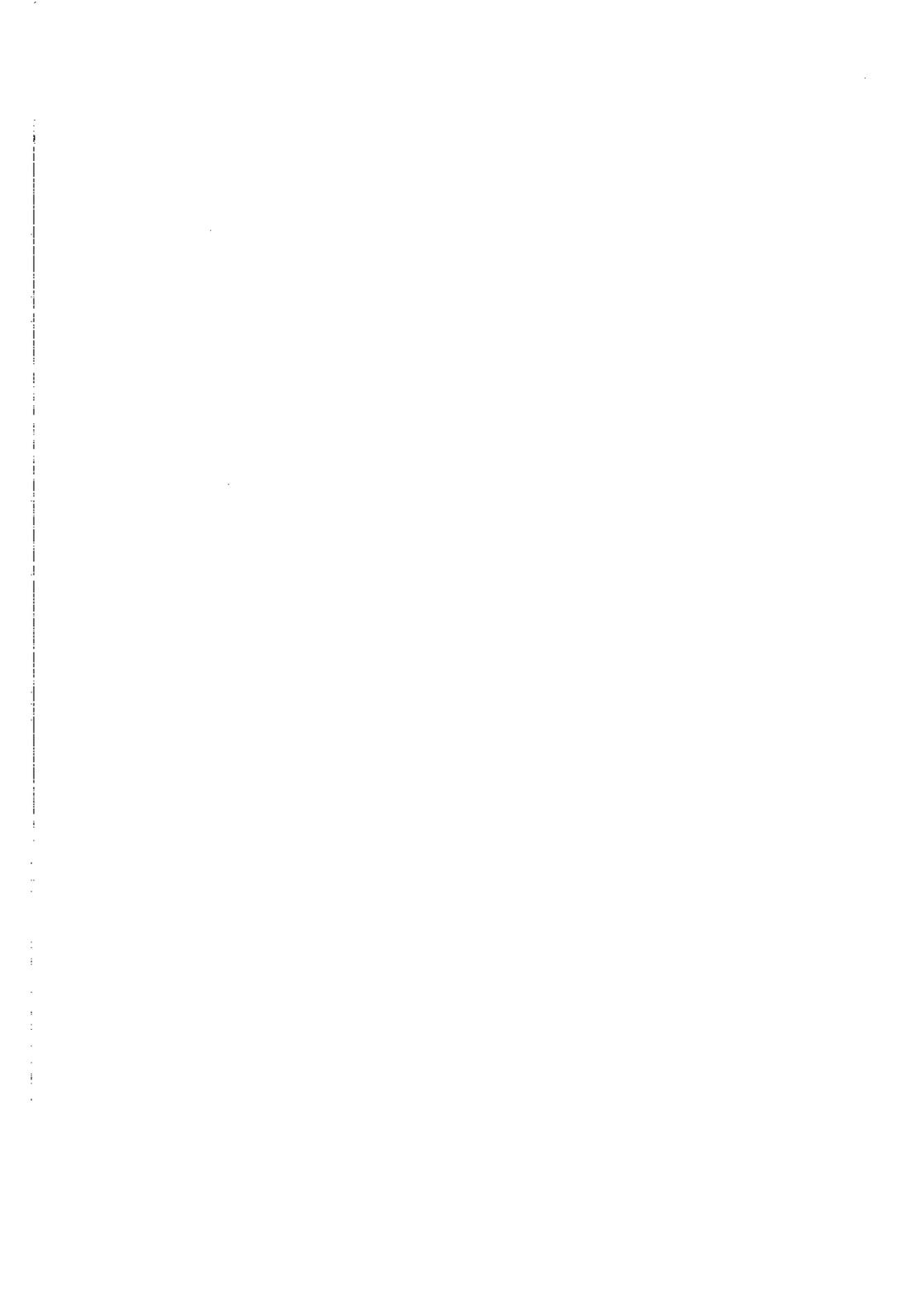
WUBBLES, T., KORTHAGEN, F. y DOLK, M. (1992): *Conceptual change approaches in teacher education: Cognition and action.*
Ponencia presentada en el Annual Meeting de la American Education Research Association, San Francisco, CA.



II.4.

EL DESARROLLO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN LAS ESCUELAS EN DIFERENTES PAÍSES

*Chris King
Presidente de la Asociación de Profesores de Ciencias de la Tierra,
Profesor de la Altrincham Grammar School for Boys
Inglaterra*



Sumario

El próximo año tendrá lugar la primera Conferencia Internacional sobre Educación y Formación en Geociencia (International Conference on Geoscience Education and Training) y no es fácil obtener información como para anticipar un amplio resumen de la situación internacional del desarrollo de la enseñanza en esta área.

Por esta razón, se presenta un estudio parcial, que incluye una descripción detallada del desarrollo alcanzado en el Reino Unido, y unos breves resúmenes de la situación en Escocia, Italia, España, Israel, Estados Unidos, Argentina y Brasil.

Introducción

La primera Conferencia Internacional sobre Educación y Formación en Geociencia tendrá lugar en Southampton, Inglaterra, en abril de 1993, y uno de sus temas centrales será "La educación en Geociencia en las escuelas". Se ha consultado a portavoces de todo el mundo para reunir unas breves presentaciones de los diferentes niveles de desarrollo alcanzados por la educación en Ciencias de la Tierra en sus respectivos países y regiones. Por consiguiente, cuando se publiquen las Actas de la Conferencia dispondremos, por primera vez en muchos años, de una panorámica internacional de las diversas situaciones de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

El propósito de la Conferencia es proporcionar esta visión de conjunto actualizada y también intensificar el estudio de estas cuestiones a nivel internacional, con el fin de que se beneficien todos los participantes, en particular los que proceden de países en desarrollo.

En estos momentos previos a la Conferencia, es muy difícil conseguir información, incluso para ofrecer una visión limitada.

No obstante, se puede disponer de la siguiente información:

1. Un informe detallado del desarrollo del Currículo Nacional en Inglaterra y Gales, que se presenta a continuación.
2. Una breve presentación de las situaciones de Escocia, Italia, España, Israel, Estados Unidos, Argentina y Brasil.
3. Aunque tenemos conocimiento del importante desarrollo que tiene lugar en Portugal, Jordania y Australia, *no se dispone de suficiente información como para incluir un resumen.*

LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL CURRÍCULO NACIONAL DEL REINO UNIDO PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Sumario

Se presenta un breve comentario sobre la evolución recientemente producida en la formación en Ciencias de la Tierra en las escuelas de Inglaterra y Gales, antes de tratar pormenorizadamente el actual Currículo Nacional. Se explican las principales razones para incluir las Ciencias de la Tierra en un currículo de ciencias, con ejemplos que ponen de manifiesto la importancia de la educación en esta materia. Posteriormente se entra en detalles sobre el contenido específico de las citadas ciencias dentro del Currículo Nacional.

La respuesta de la Asociación de Profesores de Ciencias de la Tierra (E.S.T.A.) ha sido la publicación de una serie de unidades didácticas para su enseñanza, con el fin de mostrar cómo se puede enseñar esta "nueva" materia de la mejor manera. Se proporcionan detalles sobre estas unidades y los distintos enfoques dados a las mismas. Se especifican los continuos esfuerzos de la E.S.T.A. y seguidamente se estudian los posibles desarrollos futuros en el campo de la formación en Ciencias de la Tierra en el Reino Unido.

Las Ciencias de la Tierra

Las Ciencias de la Tierra estudian la actividad que tiene lugar en el exterior y en el interior de nuestro planeta tanto en el pasado como en el presente. Los estudios de este tipo se utilizan para tra-

tar de predecir, a largo plazo, los procesos futuros a los que se verá sometida la Tierra. En este artículo se utiliza un planteamiento "pasado, presente y futuro" similar para abordar el estudio de la actividad educativa relativa a las Ciencias de la Tierra según el reciente desarrollo curricular escolar del Reino Unido, lo cual puede proporcionar pistas valiosas para el desarrollo de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en España.

Situación previa al Currículo Nacional - el pasado

Antes de implantarse el Currículo Nacional en Inglaterra y Gales, las escuelas podían impartir un gran número de materias y los alumnos cursaban diversas asignaturas hasta los catorce años. Al llegar a esa edad, podían escoger las materias que más les gustaran y entonces proseguir en ocho o nueve de ellas hasta las pruebas de examen que tienen lugar a los dieciséis años. Después, muchos estudiantes decidían seguir estudiando tres de estas asignaturas para examinarse de ellas a los dieciocho años. Una vez superado este proceso, pasaban a universidades o centros similares.

Bajo estas posibilidades de elección, las asignaturas "menores" obtenían buenos resultados en los exámenes que se realizaban a los dieciséis y dieciocho años. La Geología era una de ellas, que era elegida por varios miles de alumnos de dieciséis y dieciocho años. En el campo de las Ciencias de la Tierra, algunos estudiantes optaban por examinarse también de Ciencias Medioambientales, Astronomía y Meteorología.

En general, la enseñanza de la Geología en las escuelas la impartían profesores especializados en Geografía, si bien interesados en Geología, y cuando eso no resultaba posible, lo impartían profesores con una formación en ciencias¹. Esto resulta extraño, ya que en el nivel universitario de Gran Bretaña, la Geología ha estado siempre integrada en el campo de las ciencias.

El nuevo Currículo Nacional proporciona menos posibilidades de opción a los alumnos (y a los profesores) hasta los dieciséis años. Ésta parece ser la causa por la que el número de los que

¹ N. del T.: En el Reino Unido, la Geografía se considera dentro de las materias integradas en Filosofía y Letras.

optan por examinarse de Geología ha ido reduciéndose constantemente. Igualmente se ha reducido el número de los que se examinan de Geología a los dieciocho años.

Este descenso habría sido muy deprimente si no se hubiera conseguido incluir las Ciencias de la Tierra en el Currículo Nacional.

El Currículo Nacional en Inglaterra y Gales - el presente

El Currículo Nacional se empezó a aplicar experimentalmente en *Inglaterra y Gales* a algunos alumnos en algunas asignaturas en 1989. Para 1996 será obligatoria su implantación para todos los alumnos de las escuelas estatales entre cinco y dieciséis años.

El Currículo Nacional comprende las materias indicadas en la Figura 1.

Materias del Currículo Nacional de Inglaterra y Gales	Porcentaje aprox. de Tiempo de Enseñanza en el Currículo
Matemáticas	10%
Inglés	10%
Ciencias	20%
Tecnología	10%
Idioma extranjero moderno (a partir de los 11 años)	10%
Galés (escuelas galesas)	10%
Geografía	10%
Historia	10%
Música	porcentaje pequeño
Arte	porcentaje pequeño
Educación física	porcentaje pequeño
Educación religiosa	sin especificar

Figura 1. El Currículo Nacional en Inglaterra y Gales.

En la Figura 1 se ve que todos los alumnos dedicarán alrededor del 20% del tiempo a las Ciencias y el 10% a la Geografía hasta los catorce años. Entre los catorce y los dieciséis la situación

se complica, pero la mayoría seguirá dedicando el 20% del tiempo a las Ciencias y muchos de ellos el 10% a la Geografía.

Las ciencias que tradicionalmente se han enseñado en las escuelas de Inglaterra y Gales a partir de los once años son la Biología, la Química y la Física. A los catorce años, numerosos alumnos abandonaban una o dos de estas ciencias; las chicas, en especial, dejaban la Física y los chicos tendían a dejar la Biología. Una de las razones básicas para implantar el Currículo Nacional de Ciencias ha sido que los alumnos recibieran una amplia y equilibrada enseñanza en ciencias hasta los dieciséis años. Por equilibrio se entiende igual tiempo dedicado a cada una de las tres asignaturas "tradicionales" y por amplitud la introducción, en particular, de Ciencias de la Tierra y Astronomía.

¿Por qué deben incluirse las Ciencias de la Tierra en el Currículo de Ciencias?

Las Ciencias de la Tierra se han incluido en el Currículo Nacional de Ciencias para que éste resulte más amplio y equilibrado. Ésta es, sin duda, una excelente razón, pero hay otras más que justifican su inserción en un currículo.

a) Las Ciencias de la Tierra son un importante conjunto de conocimientos

Las Ciencias de la Tierra, bajo el nombre de Geología, fueron unas de las primeras ciencias que se estudiaron formalmente en Gran Bretaña y las primeras en el mundo que tuvieron su propia sociedad cultural, la Sociedad Geológica de Londres, fundada en 1807.

El estudio de las Ciencias de la Tierra proporciona a los niños una manera de comprender en términos científicos los procesos externos e internos que tienen lugar en nuestro planeta actualmente y el modo como lo han modificado y alterado en el pasado y cómo se seguirá configurando en el futuro la faz de la Tierra, así como los procesos que regulan la distribución de los recursos terrestres.

Una parte importante de la riqueza de la Tierra procede directamente del suelo. En Gran Bretaña, los recursos extraídos de la

Tierra representan el 10% del Producto Interior Bruto. La agricultura, que igualmente contribuye al P.I.B. del Reino Unido, depende directamente de la calidad del suelo, la cual es consecuencia directa de los procesos geológicos.

El colectivo humano se deshace de sus desperdicios volcándolos al suelo. Los niños deben estar enterados de los perjuicios que esto causa y cómo un mejor conocimiento de los procesos de la Tierra permite eliminarlos sin peligro.

Las Ciencias de la Tierra ofrecen a los niños una perspectiva tanto de la evolución de nuestro planeta como de la evolución de la vida en él, procesos ambos estrechamente ligados. Igualmente, les da una idea de la relación de la especie humana con las demás formas de vida existentes en la Tierra.

A los niños les resultan interesantes muchos recursos y procesos de la Tierra y disfrutan descubriéndolos. Les gusta coleccionar los cantos de los ríos y las conchas de la playa, disfrutan aprendiendo cosas sobre los terremotos, los volcanes, los dinosaurios, los acantilados, las playas y los ríos. Para muchos, las Ciencias de la Tierra constituyen un entretenimiento para el resto de su vida.

Estas razones son las que, en suma, nos obligan a poner a disposición de los niños las partes más importantes de ese conjunto de conocimientos que son las Ciencias de la Tierra.

b) Las Ciencias de la Tierra inciden en las necesidades y actividades cotidianas de los niños

La mayoría de los materiales con los que se ha construido y amueblado el edificio donde Vd. se encuentra ahora mismo proceden directamente de la Tierra, si bien algunos de ellos han sido sometidos a un mínimo proceso de elaboración para su utilización. Ejemplos de esto son los ladrillos, los bloques de hormigón y el yeso que recubre muros y tabiques, las tejas y el hormigonado de tejados y suelos, el vidrio, los metales de las ventanas, el material plástico de los muebles; de hecho, prácticamente todo, salvo lo que está fabricado con madera elaborada.

Pero esas cosas no permanecen eternamente invariables y los niños encuentran con facilidad ejemplos de procesos terrestres que atacan el exterior de los edificios y los materiales.

La energía que consumen los alumnos, como la electricidad, el gas y el petróleo, proviene en su mayor parte de la Tierra o bien de determinados procesos naturales que la están produciendo en este momento. Si Vd. tiene la luz encendida y la habitación está caldeada o refrigerada artificialmente, gran parte de la energía consumida ha salido forzosamente de la Tierra.

Probablemente, a causa de procesos naturales tales como la erosión, el arrastre de materiales, etc., se han producido las formas de casi todo lo que puede verse desde la ventana: colinas, pendientes y valles.

El movimiento del agua en el aire, en la superficie de la Tierra y en los mares y océanos se rige por leyes científicas que son un aspecto importante en el estudio de la Tierra. En lo que afecta a los niños, las nubes, la lluvia, las corrientes de agua, los ríos y los lagos, así como las olas y las mareas de la playa se relacionan con estos movimientos; hasta el agua que sale del grifo.

Todo lo que antecede son ejemplos de la actividad de la Tierra que incide directamente en la vida cotidiana de los niños.

c) Las Ciencias de la Tierra desarrollan importantes técnicas y destrezas científicas que de otro modo los alumnos nunca aprenderían

Muchos de los procesos a los que se ve sometida la Tierra, y sus efectos, deben observarse y entenderse en tres dimensiones. En otros campos científicos es raro el pensamiento tridimensional.

Los alumnos deben aprender a pensar en otra escala de tiempo: el tiempo geológico. Las escalas de tiempo en otras ciencias son mucho más limitadas.

Las Ciencias de la Tierra requieren retrodicción, deducir los sucesos del pasado basándose en datos actuales, o aplicar técnicas detectivescas a las pruebas de que disponemos ahora sobre sucesos del pasado.

Las Ciencias de la Tierra enseñan a realizar diferentes tipos de trabajos de campo: medir, registrar, analizar, interpretar; técnicas que no se precisan para otros estudios científicos.

Además de estas técnicas relativas al estudio de la Tierra, se aprende a desarrollar otras muchas capacidades más dentro del contexto de las Ciencias de la Tierra.

d) *Las Ciencias de la Tierra comprenden varias e importantes “grandes ideas” que los niños deben conocer*

El principio de “uniformismo” fue un descubrimiento vital para llegar a comprender la Tierra. Expresado de forma sencilla, significa que “el presente es la clave del pasado”. Los procesos que vemos actuar hoy en la superficie de la Tierra son los mismos que formaron las secuencias de las rocas antiguas.

La datación de rocas mediante distintos procedimientos, entre ellos el estudio de los fósiles y la relación existente entre los diferentes tipos de roca, nos permitió situar cronológicamente todas las rocas y organismos y darnos cuenta de que algunos deben de ser muy antiguos.

Charles Darwin pudo formular sus ideas sobre la evolución gracias a la datación de rocas y fósiles, y ésta es una de las “grandes ideas” que resulta útil tanto para los geólogos como para los biólogos.

Más recientemente, las ideas sobre “tectónica de placas” han variado en gran medida nuestra idea de la Tierra en su conjunto. Ahora sabemos que los continentes se desplazan en la superficie terrestre sobre placas y que muchas de las características de la Tierra, tales como la forma de los continentes, la posición de las cadenas montañosas, de las islas y los mares, etc., las zonas más proclives a una actividad sísmica y volcánica y la distribución de los minerales y los recursos energéticos se explican mejor mediante esta teoría.

Éstas son algunas de las “grandes ideas” que las Ciencias de la Tierra encierran y que todos los niños deben conocer.

e) *Las Ciencias de la Tierra ofrecen un medio para explicar una serie de principios científicos*

Uno de los factores que determinan los procesos de la Tierra es la diferente densidad de los materiales. Estas diferencias de densidad tienen gran influencia, por ejemplo, en el movimiento del aire en la atmósfera y del agua en los océanos, en el desplazamiento de las placas terrestres, del magma fundido dentro de la corteza terrestre y de fluidos subterráneos como petróleo, gas y agua. En los procesos terrestres interviene una serie de principios científicos tales como la gravedad, el magnetismo, la transmisión de ondas y

de otras formas de energía, etc. El estudio de estos principios físicos aplicados a la Tierra forman, dentro de las Ciencias de la Tierra, la rama denominada Geofísica.

A largo plazo, todos los procesos terrestres tienden hacia el equilibrio entre los materiales y las condiciones medioambientales que los rodean. Por esta razón, la alteración química de las rocas forma parte del ciclo geológico y la formación de las rocas constituye también otra fase del mismo. Se consideran numerosos principios químicos al estudiar la estructura de los minerales y las reacciones que tienen lugar entre ellos y las rocas bajo diferentes circunstancias. El estudio más detallado de estos principios entra dentro del terreno de la Geoquímica.

Todas las poblaciones fósiles tenían su correspondiente entorno ecológico y el estudio de las relaciones existentes entre los organismos que habitaron en el medio ambiente antiguo se denomina Paleoecología. En el estudio de los organismos antiguos y sus hábitats se tienen en cuenta principios biológicos similares. La Paleontología profundiza en estos estudios biológicos del medio ambiente antiguo.

f) El estudio de las Ciencias de la Tierra es un medio para integrar distintas disciplinas científicas

Para entender el funcionamiento tanto del medio ambiente antiguo como del moderno, debe tenerse en cuenta una serie de procesos físicos, químicos y biológicos. Así, las Ciencias de la Tierra proporcionan un medio para integrar numerosos campos científicos diversos.

g) Las Ciencias de la Tierra ofrecen distintos enfoques para la investigación científica

El trabajo práctico en ciencias se puede llevar a cabo con diferentes propósitos. Un esquema que se publicará próximamente en un libro del Consejo del Currículo Nacional de Inglaterra (ver Bibliografía) agrupa el trabajo práctico científico en los siguientes cuatro tipos:

- i) desarrollo de técnicas básicas en los alumnos;
- ii) desarrollo de técnicas de observación en los alumnos;
- iii) ilustración de distintos procesos científicos y sus efectos;
- iv) investigaciones completas.

Todas estas formas de trabajo práctico se desarrollan en el contexto de las Ciencias de la Tierra, como se mostrará más adelante. Pero sólo cuando los alumnos son capaces de llevar a término investigaciones completas, están auténticamente “haciendo” ciencia y comportándose como científicos y, de esta manera, están siendo educados en la ciencia más que simplemente aprendiendo sobre ella. Seguidamente proporcionamos varios ejemplos de trabajos prácticos en el campo de las Ciencias de la Tierra:

- i) Se puede animar a los niños a desarrollar técnicas y destrezas básicas siguiendo una serie de instrucciones para llevar a término una actividad. Por ejemplo, si ponen conchas en un frasco, lo agitan a diferentes intervalos de tiempo y comparan los resultados en un gráfico, aprenderán a medir el tiempo y el tamaño o masa de las conchas y practicarán el trazado de gráficos.
- ii) Se puede facilitar el desarrollo de las técnicas de observación mediante distintas operaciones de clasificación de objetos, tales como minerales, rocas o fósiles según distintos criterios. También se puede llevar a cabo la observación crítica mediante el uso de fotografías o mirando las rocas exteriores visibles en edificios o acantilados.
- iii) Las actividades ilustrativas son de gran valor, ya sean realizadas por el profesor o por los propios alumnos. Mostrar, por ejemplo, el movimiento de corrientes de agua de diferente densidad en un recipiente de laboratorio que luego se relaciona con muchos de los procesos que tienen lugar en la atmósfera o en el mar.
- iv) Las investigaciones completas en Ciencias de la Tierra pueden consistir en estudiar los procesos acaecidos en la superficie terrestre en condiciones controladas de laboratorio. Por ejemplo, pedir a los alumnos que investiguen y descubran el caudal de agua necesario para mover granos de arena de un

determinado tamaño o lo que tarda en sedimentarse arena fina en el fondo en un metro de agua.

Las investigaciones completas también pueden ser simulaciones. Usando melaza para simular lava, los alumnos pueden investigar los factores que regulan la viscosidad de la melaza y cómo medirlos. La cristalización del magma puede simularse en laboratorio con sustancias cuyo punto de fusión se encuentre apenas por encima de la temperatura ambiente, permitiendo que los alumnos investiguen los factores que intervienen en el fenómeno.

Estas investigaciones se hacen más complejas cuanto más se acercan al "mundo real". Sin embargo, de esta forma se adquiere mayor nivel intelectual. En la investigación, por ejemplo, de la alteración de las lápidas de un cementerio se pueden atender numerosos factores tales como la edad y el tipo de piedra, la orientación, si está o no situada debajo de un árbol, etc. Los alumnos varían las condiciones de la investigación estudiando lápidas de diferentes tipos o ubicadas en diferentes emplazamientos.

Al estudiar las rocas del frente de un acantilado, los alumnos no sólo investigan las variaciones de condiciones realizando observaciones en distintas posiciones, o estudiando los cambios ocurridos en el perfil del acantilado, sino que también se fijan en las modificaciones sufridas con el paso del tiempo. Moviéndose a lo largo del acantilado, también se mueven a través de las condiciones ambientales antiguas. La comprensión de las variaciones observadas en dicha investigación requiere un alto grado de habilidad intelectual y científica.

Ya que estas facetas relacionadas en los puntos anteriores es lo que las Ciencias de la Tierra aportan a un currículo de ciencias más amplio y equilibrado, estos aspectos son los que deben destacarse más en dicho currículo. En Gran Bretaña, la Asociación de Profesores de Ciencias de la Tierra (E.S.T.A.) publica sus materiales didácticos bajo el título '*Ciencias de la Tierra*', con el fin de ayudar a los profesores a enseñar estos importantes aspectos de las Ciencias de la Tierra, como se describirá más tarde en este artículo.

Las Ciencias de la Tierra en el Currículo Nacional de Ciencias de Inglaterra y Gales

Apoyándose en las razones anteriormente expuestas, las Ciencias de la Tierra se han incluido en el currículo que actualmente siguen todos los alumnos en Inglaterra y Gales. Los debates sobre el Currículo Nacional de Ciencias, que ya es un documento legislado, fueron largos y complejos. Hubo momentos en que llegamos a creer que las Ciencias de la Tierra iban a ocupar un lugar más destacado en el documento definitivo y en otros temíamos que esta rama tendría mucha menor importancia.

El resultado definitivo es que Ciencias de la Tierra constituye una de las trece ramas de materias científicas de nuestro Currículo Nacional de Ciencias, suponiendo alrededor del 8%. No obstante, al ampliarse otras áreas de ciencias, se ha incluido en ellas parte de la materia correspondiente a Ciencias de la Tierra, de manera que el porcentaje real quizá se acerque al 10%.

Ahora que todos los alumnos entre cinco y dieciséis años estudiarán Ciencias de la Tierra (y no sólo los pocos que antes escogían Geología o algo similar), nos complace el progreso alcanzado. En el Apéndice se incluyen detalles sobre el contenido del programa de Ciencias de la Tierra del Currículo Nacional de Ciencias.

Las Ciencias de la Tierra en el Currículo Nacional de Geografía de Inglaterra y Gales

El Currículo Nacional de Geografía conserva una parte de Ciencias de la Tierra, lo que ha provocado algunas dificultades, ya que ciertos profesores, tanto de ciencias como de Geografía, pensaban que los alumnos recibirían materias duplicadas. En realidad, un atento estudio de los dos documentos del Currículo Nacional pone de manifiesto que el planteamiento desde cada área es distinto, a saber:

En ciencias, los principios científicos que rigen los procesos de la Tierra se estudian a través de investigaciones mediante experimentos de laboratorio. Estos procesos terrestres se relacionan con sus productos, como, por ejemplo, las diferentes clases de actividad terrestre y la variedad de rocas, suelos, etc.

En Geografía, se buscan en el entorno las huellas de la acción de la actividad de la Tierra y se estudia su efecto sobre el paisaje y las actividades humanas.

Así, el trabajo en Ciencias de la Tierra realizado en los programas de ciencias constituiría una sólida base científica del que luego se desarrolla en los programas de Geografía. No obstante, pueden surgir problemas si los departamentos de ciencias y Geografía de las escuelas no están perfectamente coordinados. El Apéndice recoge detalles sobre el contenido del programa de Ciencias de la Tierra en el Currículo Nacional de Geografía.

¿Cómo se logró el avance de las Ciencias de la Tierra?

Anteriormente, en las escuelas de Inglaterra y Gales se enseñaban fundamentos de Ciencias de la Tierra en los programas de Geografía, pero rara vez en los de ciencias. El gran avance consiste en que ahora se impartirá en los programas de ciencias un elevado nivel de Ciencias de la Tierra. ¿Cómo ha sido esto posible?

La respuesta a esta pregunta se encuentra en las eficaces gestiones que se han podido llevar a cabo en las distintas fases de las *negociaciones del Currículo Nacional*. Gracias a nuestra persistencia, hemos conseguido influir en gran número de las personas que tomaban decisiones en los momentos clave del debate. Pudimos destacar la importancia de las Ciencias de la Tierra dentro del currículo de ciencias en todas las áreas anteriormente citadas y plantear éstas dentro del argumento de “amplitud y equilibrio”.

Nuestra experiencia ha demostrado que cuando en un país se redacta un Currículo Nacional, si los profesores de Ciencias de la Tierra quieren que se incluya esta asignatura, deben preparar una argumentación irrefutable y valerse de todos los contactos que tengan en el gobierno y la industria para defender su punto de vista. Esto exige un gran esfuerzo que suele recaer en unos pocos profesores destacados. Pero cuanto más sólidos son los argumentos, más cartas se remitan y mayor sea el número de personas sobre las que se influye, más favorable será el resultado.

Entretanto, para que las Ciencias de la Tierra se incluyan en el currículo de ciencias, debe hacerse hincapié en que los profesores

de esta asignatura consulten con sus colegas de otras ciencias. Por esta razón quisimos establecer nexos con otras entidades relacionadas con la enseñanza de las ciencias, como la Asociación para la Enseñanza Científica en Gran Bretaña, además del Consejo Internacional de Asociaciones para la Enseñanza Científica. También consultamos con otras asociaciones relacionadas con Meteorología, Oceanografía, Ciencias del Suelo, Ciencias del Medio Ambiente y Astronomía, con objeto de demostrar que las Ciencias de la Tierra cuentan con buenas bases. Todo ello respalda nuestra argumentación de que somos profesores de ciencias interesados en las Ciencias de la Tierra y que tenemos que desempeñar un importante papel en la educación científica de nuestros alumnos.

¿Qué tipo de Ciencias de la Tierra se enseña en los programas de ciencias?

Una de las mayores dificultades para lograr un desarrollo curricular de Ciencias de la Tierra ha sido la formación del profesorado de los colegios de Inglaterra y Gales. Anteriormente muchos profesores de Geología eran bastante "tradicionales". Sus alumnos solían estudiar las rocas, minerales y fósiles en el aula, donde también aprendían los contenidos más destacados de la asignatura. Se les hacía aplicar estos conocimientos durante el trabajo de campo, que era también una parte importante del temario de muchos exámenes. Los temarios incluían asimismo "trabajos prácticos", que consistían en demostrar que entendían los mapas geológicos y las rocas, fósiles y fotografías de los mismos.

Las Ciencias de la Tierra que forman parte del Currículo Nacional de Ciencias hacen hincapié en otros temas. Hay que impartir las ciencias a los alumnos de forma práctica, mediante investigaciones y ensayos de laboratorio, lo que representa una dificultad añadida para los profesores de ciencias con escasos conocimientos de Ciencias de la Tierra y para los de Geología con poca experiencia en trabajos de laboratorio. Por este motivo, E.S.T.A. está tratando de ayudar a ambos grupos de profesores con la publicación de materiales que presentan las Ciencias de la Tierra, y la Geología en particular, desde un punto de vista de investigación práctica.

¿Cuál ha sido la respuesta de E.S.T.A. a la introducción de las Ciencias de la Tierra en el Currículo Nacional?

A pesar de que E.S.T.A. se encuentra satisfecha por la inclusión de las Ciencias de la Tierra en el Currículo Nacional, nos preocupa el hecho de que los profesores de ciencias que van a impartir la mayor parte de esta asignatura la conocen escasamente, mientras que los profesores de Geología que conocen la materia no se encuentran familiarizados con los trabajos de investigación en laboratorio.

La situación se complica por el hecho de que la mayoría de los que intentan desarrollar el currículo de ciencias, esto es, funcionarios públicos, autores y editores, tampoco tienen un amplio conocimiento sobre las Ciencias de la Tierra. El resultado es que, de las numerosas obras recientemente publicadas que incluyen las Ciencias de la Tierra, algunas que destacan el aspecto científico contienen serios errores, mientras que otras son muy “geológicas” pero no muy “científicas”.

Por lo tanto, la Asociación de Profesores de Ciencias de la Tierra ha venido publicando obras propias para poner a disposición de los interesados el material que consideramos indispensable. Estas obras se titulan '*Ciencias de la Tierra*'. Se han editado ya dos series de unidades.

'*Ciencias de la Tierra*'

La primera serie de veinte unidades, llamada '*Ciencias de la Tierra*', está dirigida a alumnos de catorce a dieciséis años y cada unidad puede impartirse en unas cuatro horas de clase.

La última serie de unidades, llamada '*Ciencias de la Tierra 11-14*' va dirigida –como su nombre indica– a alumnos de once a catorce años. Estas unidades son mucho más cortas, pues requieren sólo unos ochenta minutos de clase, y se han editado en conjuntos de tres unidades, cada uno de los cuales trata temas relacionados entre sí. Ya han salido, o saldrán en breve, doce juegos de tres unidades. En la Figura 2 se muestra una selección de estas unidades.

Cada unidad de '*Ciencias de la Tierra*' tiene como núcleo una actividad central, presentada en hojas sueltas para los estudiantes.

Estas Hojas del Alumno contienen un texto introductorio que sitúa la actividad en un contexto que los alumnos pueden entender. La actividad central, que viene a continuación, puede comprender varios enfoques, ya sea trabajo práctico o experimentación real, recopilación de datos o análisis de los mismos, toma de decisiones, cálculos o redacción de informes y solución de problemas. En torno a la actividad central se articula una serie de preguntas diseñadas para comprobar que el alumno entiende la actividad que está realizando. Todas las actividades están plenamente situadas en un contexto de Ciencias de la Tierra.

Estas unidades contienen también una Hoja del Profesor, que le proporciona una orientación y enumera los materiales y aparatos que precisa y le aconseja sobre los mejores métodos para realizar las actividades. También vienen indicadas las respuestas correctas a las preguntas junto con la correspondiente fundamentación desde las Ciencias de la Tierra. Igualmente se ofrecen listas de fuentes de recursos y análisis de las actividades.

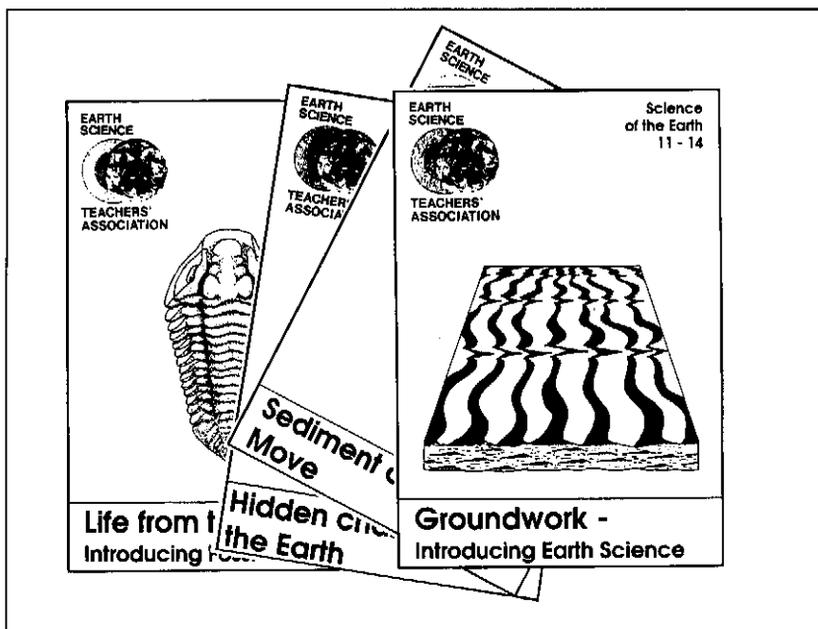


Figura 2: Selección de unidades de 'Ciencias de la Tierra 11-14'.

'Lava en el laboratorio: la investigación de la melaza'

Es fácil hacerse una idea de cómo se planifican las actividades examinando una unidad, por ejemplo la primera del grupo 'Magma', llamada 'M1-Lava en el laboratorio: la investigación de la melaza' (Figura 3).

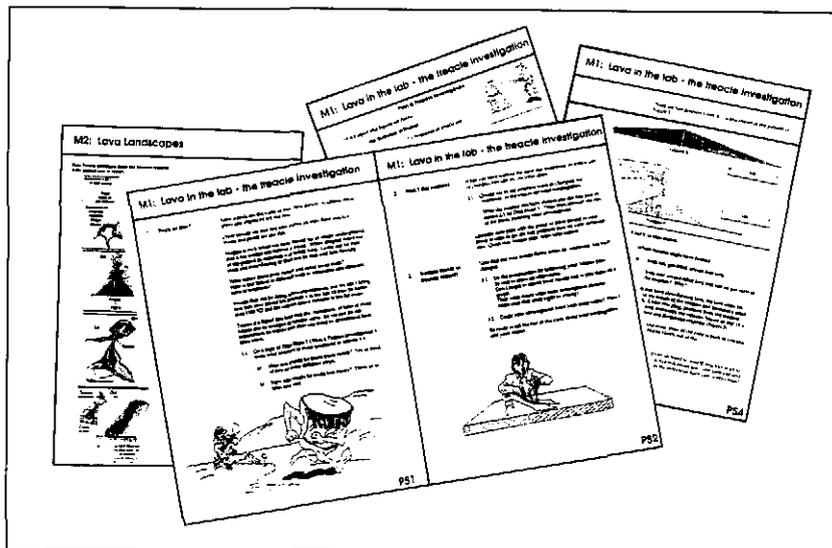


Figura 3: Hojas del Alumno de la investigación 'Lava en el laboratorio'.

En la unidad 'Lava en el laboratorio' los alumnos descubren que algunas lavas son espesas (alta viscosidad) y fluyen con lentitud, mientras que otras son más ligeras (baja viscosidad) y fluyen rápidamente, siendo los efectos de ambas sobre el medio ambiente muy diferentes.

Los alumnos comprenden que las lavas no se pueden investigar en el laboratorio porque tienen demasiada temperatura y están demasiado lejos, pero que podemos investigar algo similar que fluye como la lava: la melaza.

Se dice a los alumnos que investiguen con melaza. Primero tienen que encontrar distintos métodos para variar la "soltura" o viscosidad de la melaza; luego tienen que idear métodos para verificar de qué manera y en qué grado dichos métodos hacen variar la

viscosidad. Con esta experimentación los alumnos descubren que la melaza se hace más suelta o más espesa según se añada agua, aire o arena, o al variar su temperatura.

Los conocimientos así adquiridos se trasladan entonces a las lavas, en las que están presentes factores de un carácter semejante. Los alumnos descubren que los volcanes con lava ligera son relativamente inofensivos y producen conos anchos y bajos, mientras que los que tienen lava espesa son muy explosivos y peligrosos, porque la lava tapona las salidas provocando un aumento de presión. Los conos de estos volcanes tienen una pendiente más pronunciada y los cráteres llegan a ser muy grandes.

De este modo se simplifica mucho (algunos dicen que demasiado) la compleja actividad de una erupción volcánica, pero la atención de los alumnos se centra en los conceptos científicos que explican estos procesos naturales.

Todas las unidades de '*Ciencias de la Tierra*', como el trío de '*Magma*', se han editado con la máxima economía y sin cargar derechos de autor, para fomentar su circulación entre los alumnos en los laboratorios y en las clases.

El desarrollo del Currículo Nacional y más allá: el futuro

Aún nos queda mucho trabajo por delante. Las Ciencias de la Tierra ya están incluidas en el Currículo Nacional, pero muchos profesores de ciencias no conocen bien todavía el contenido de la materia, sencillamente porque a ellos se les ha formado muy poco en las Ciencias de la Tierra. Por tanto, nos queda por desarrollar una gran tarea didáctica. Tenemos que formar a los profesores de ciencias en los temas contenidos en Ciencias de la Tierra y en las nuevas e importantes facetas que esa materia aporta a la educación científica. Sabemos que si las Ciencias de la Tierra se enseñan bien, despiertan gran entusiasmo por parte de los alumnos, que llegan a conocer e interesarse por los procesos que experimenta la Tierra a diario. Pero si se enseñan mal, el efecto puede ser exactamente el contrario. Así pues, seguimos fomentando la enseñanza de las Ciencias de la Tierra:

- i) mediante la publicación de las unidades de '*Ciencias de la Tierra*' para instruir tanto al alumnado como al profesorado;
- ii) ofreciendo talleres de trabajo práctico en distintas localidades;
- iii) ofreciendo ayuda a los editores para facilitarles la inclusión en sus publicaciones de un material de Ciencias de la Tierra que sea preciso e interesante;
- iv) ayudando a los organismos públicos en los servicios de apoyo que prestan en el campo de las Ciencias de la Tierra;
- v) ofreciendo la afiliación a E.S.T.A. y su apoyo a los profesores de ciencias y de otras asignaturas que trabajan con alumnos de cinco a veinte años, y otras cosas más.

En Gran Bretaña, muchos alumnos siguen estudiando en los colegios o centros de enseñanza superior después del nivel de enseñanza obligatoria a los dieciséis años. La Geología sigue siendo en muchos colegios y centros de enseñanza superior una de las tres asignaturas que los alumnos eligen en los programas de cursos de dos años y de las que tienen que examinarse. Aunque el número de los que la eligen ha descendido últimamente, los profesores de Geología se sienten optimistas ante el Currículo Nacional. Tenemos la impresión de que cuando los alumnos descubran las Ciencias de la Tierra en los primeros niveles de enseñanza, querrán seguir estudiándolas hasta los dieciocho años y eligiendo Geología. Por lo tanto, prevemos que en un futuro próximo se detenga el descenso de alumnos y en su lugar se produzca un incremento de la popularidad de la Geología a este nivel.

Pero nos damos cuenta de que la Geología que los alumnos esperan no es la "tradicional" que hasta ahora se venía enseñando en ese nivel en muchos colegios. Querrán, más bien, que sea una Geología de investigación, con resolución de problemas en situaciones "reales". Querrán que se les enseñe la relación de sus estudios con la vida diaria y con el futuro de la Tierra.

Esto significa que E.S.T.A. tendrá que desarrollar pronto una tarea importante también a este nivel. Faltan por elaborar y editar muchas de las actividades de resolución de problemas e investigación adecuadas a este tipo de enseñanza. Nuestra tarea no habrá concluido con la publicación de '*Ciencias de la Tierra*' y '*Ciencias de la Tierra 11-14*'. Tendremos que producir más materiales de este tipo para enseñar a los estudiantes de dieciséis a dieciocho

años. Por suerte, nuestra revista *Teaching Earth Sciences* ha recogido numerosas ideas en el pasado que pueden servir de base para desarrollar este nuevo material. Pero tenemos mucho trabajo por delante en este terreno.

El futuro lejano: nuestro objetivo a largo plazo es una sociedad que comprenda y aprecie las Ciencias de la Tierra

Por esta razón E.S.T.A. seguirá intentando influir en el futuro en los organismos públicos y en sus funcionarios de más alto nivel y *colaborando con ellos*. Desarrollaremos los nexos con otras entidades interesadas en las ciencias y en las Ciencias de la Tierra en su sentido más amplio. Seguiremos editando nuestra revista para comunicarnos con nuestros asociados y darles nuevas ideas y continuaremos desarrollando lo más posible y publicando nuestros materiales de '*Ciencias de la Tierra*'.

E.S.T.A. ha puesto recientemente en funcionamiento el Grupo de Trabajo de Educación Superior para apoyar a los profesores de Ciencias de la Tierra de las universidades y centros similares, e intentaremos apoyarlos y animarlos para que desarrollen métodos propios didácticos de investigación y resolución de problemas.

Nuestro objetivo a largo plazo es que toda nuestra población se instruya debidamente en Ciencias de la Tierra y conozca la importancia que tienen tanto para ellos como para todo el mundo. A algunos les parecerá tan interesante que querrán seguir estudiándolas a más altos niveles, consiguiendo así que tenga un mayor grado de influencia en el futuro.

Bibliografía

Ciencias de la Tierra 11-14

- Fundamentos - Introducción a las Ciencias de la Tierra
- La vida del pasado - Introducción a los fósiles
- Sedimentos en movimiento - Alteración, erosión y desplazamiento
- Rocas de segunda mano - Introducción a los procesos sedimentarios
- Magma - Introducción a los procesos ígneos
- Los cambios ocultos de la Tierra - Introducción a los procesos metamórficos
- Pasos hacia el exterior de las rocas - Introducción al trabajo de campo
- Características de la superficie de la Tierra
- Minerales masivos utilizados en procesos constructivos
- Energía del pasado - El carbón
- Fuente de energía - Petróleo y energía
- Aguas subterráneas y superficiales

Ciencias de la Tierra

Para alumnos de catorce a dieciséis años. Están publicadas en conjuntos de cinco unidades.

¿Durará mi lápida?

Terremotos: peligro bajo nuestros pies

¿Vale la pena extraer el feldespato?

Formación de estructuras sedimentarias: en laboratorio y hace millones de años

Los desechos y el problema del emplazamiento de los vertidos

Desechos nucleares: ¿cuál es la salida?

Observación de rocas en el entorno inmediato

Terrenos movedizos

Yacimientos de agua subterránea: una versión moderna de la historia de Jack and Jill

Astrogeología y las pistas en la Luna

El ciclo hidrológico, un proceso de reciclaje natural
¿Qué tipo de piedra para la carretera?
La cronología geológica
¿Quién quiere un cálido apretón en el espacio interior?
¡El poder de la roca! Fuentes de energía geotérmica

Las piezas del puzzle de la corteza terrestre. Introducción a la tectónica de placas
¡Enfríalo! Del magma líquido a la roca sólida
Las sales de la Tierra
El día en que la Tierra explotó: los volcanes
SOS. Salvemos nuestros espacios: las Ciencias de la Tierra acuden en ayuda para su conservación

N. del T.: Los títulos en inglés contienen juegos de palabra y otras técnicas para hacerlos atractivos a los alumnos que no admiten correspondencia en castellano. Las traducciones que aparecen son correctas pero no transmiten el efecto que los autores pretenden.

Las anteriores unidades de '*Ciencias de la Tierra*' se pueden adquirir en: Geosupplies Ltd, 16 Station Road, Chapeltown, Sheffield, S30 4XH, Inglaterra. Tel.: 0742 455746.

La enseñanza de las Ciencias en las fases clave 3 y 4 (Teaching Science at Key Stages 3 and 4) es un libro dirigido a la enseñanza de alumnos de once a dieciséis años que pronto publicará el Consejo del Currículo Nacional, Albion Wharf, 25 Skeldergate, York, Y01 2XL, Inglaterra.

APÉNDICE

El contenido de Ciencias de la Tierra en la enseñanza escolar mediante el Currículo Nacional en Inglaterra y Gales

1. Las Ciencias de la Tierra en el Currículo Nacional de Ciencias

Nivel 1

Para alumnos de 5 a 7 años de enseñanza primaria.

Todos los alumnos cursarán esta materia.

**Meta a alcanzar Sc2: La vida y los procesos vitales;
Rama ii) la variación y los mecanismos de la herencia y la evolución.**

Los alumnos deben darse cuenta de que ciertas clases de vida se extinguieron hace mucho tiempo y otras más recientemente.

**Meta a alcanzar Sc3: Los materiales y sus propiedades;
Rama iii) los cambios químicos.**

Los alumnos deben adquirir conciencia de cuáles de los materiales que utilizan son naturales y cuáles son elaborados.

**Rama a alcanzar Sc3: Los materiales y sus propiedades;
Rama iv) la Tierra y su atmósfera.**

Los alumnos deben observar y comparar los materiales naturales que se encuentran en su localidad, incluyendo rocas y suelos. Deben observar los efectos de la alteración en su localidad.

Nivel 2

Para alumnos de 7 a 11 años de enseñanza primaria.

Todos los alumnos cursarán esta materia.

**Meta a alcanzar Sc2: La vida y los procesos vitales;
Rama ii) la variación y los mecanismos de la herencia y la evolución.**

Debe introducirseles en el mecanismo de fosilización de plantas y animales.

**Meta a alcanzar Sc2: La vida y los procesos vitales;
Rama iii) las poblaciones y la influencia humana en los
ecosistemas.**

Los alumnos deben estudiar los aspectos del medio ambiente local que se ven afectados por la actividad humana, por ejemplo la agricultura, la industria, la minería o las canteras, y considerar los efectos beneficiosos y perjudiciales de estas actividades.

**Meta a alcanzar Sc3: Los materiales y sus propiedades;
Rama iii) los cambios químicos.**

Los alumnos deben explorar el origen de una serie de materiales para entender que algunos son naturales mientras que muchos se fabrican a partir de materias primas.

**Meta a alcanzar Sc3: Los materiales y sus propiedades;
Rama iv) la Tierra y su atmósfera.**

Debe dárseles a los alumnos la oportunidad de realizar observaciones regulares cuantitativas del tiempo y de las estaciones del año y llevar un registro de lo observado, de forma que conduzca a la comprensión del ciclo hidrológico. Los alumnos deben investigar materiales naturales (rocas, minerales, suelos), clasificarlos por criterios sencillos y relacionarlos con su utilización y orígenes. Deben conocer la distribución local de algunas clases de materiales naturales (arenas, suelos, rocas). Deben observar en el campo el efecto de la climatología sobre el entorno, cómo se produce la sedimentación y cómo se forma el suelo. Deben considerar los grandes hechos geológicos que cambian la superficie de la Tierra y las pruebas de que tales cambios suceden.

**Meta a alcanzar Sc4: Los procesos físicos;
Rama ii) las fuentes energéticas y la transferencia de
energía.**

Se les debe introducir en la idea de que hay fuentes de energía renovables y no renovables y considerar las implicaciones de que los recursos energéticos mundiales sean limitados.

Nivel 3**Para alumnos de 11 a 14 años en enseñanza secundaria.**

Todos los alumnos cursarán esta materia.

**Meta a alcanzar Sc2: La vida y los procesos vitales;
Rama iii) las poblaciones y la influencia humana en los ecosistemas.**

Los alumnos deben estudiar los efectos de la actividad humana, tales como la producción de alimentos y la explotación de las materias primas, sobre la pureza del agua, del aire y sobre la superficie de la Tierra. Deben llegar a entender que los productos y servicios beneficiosos necesitan contrarrestar los efectos perjudiciales para el medio ambiente.

**Meta a alcanzar Sc3: Los materiales y sus propiedades;
Rama iii) los cambios químicos.**

Los alumnos deben conocer las distintas fuentes de materias primas comprendiendo las derivadas del aire, de las rocas, de los combustibles fósiles y de organismos vivos.

**Meta a alcanzar Sc3: Los materiales y sus propiedades;
Rama iv) la Tierra y su atmósfera.**

Los alumnos deben realizar una investigación práctica, valiéndose de fuentes secundarias, sobre las propiedades del agua, el ciclo hidrológico, la conservación de los recursos hídricos y el efecto del agua sobre la superficie de la Tierra. Deben estudiar los factores que influyen en la climatología, incluso la forma en que las corrientes de aire producen distintas condiciones. Deben familiarizarse con los símbolos meteorológicos.

Los alumnos deben investigar, utilizando los métodos de observación, experimentación y trabajo de campo, las propiedades y formación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, y relacionar los resultados con los cambios y las principales características de la superficie terrestre. Deben conocer en qué escala cronológica se producen los procesos geológicos y ser capaces de evaluar las ideas primitivas sobre la edad de la Tierra.

Deben investigar algunas materias naturales (rocas y suelos) y relacionar las propiedades de los minerales y las rocas con su condición de materias primas para la construcción. Deben apreciar los efectos del clima sobre los edificios y las rocas y examinar los procesos de formación del suelo.

Meta a alcanzar Sc4: Los procesos físicos;

Rama ii) las fuentes energéticas y la transferencia de energía.

Los alumnos deben explorar las fuentes de energía nacionales y mundiales. Deben considerar la energía solar y nuclear, el origen y acumulación de combustibles fósiles y la explotación energética de la biomasa.

Nivel 4

Para alumnos de 14 a 16 años en enseñanza secundaria.

La mayoría de los alumnos elegirán «Double Award Science» y algunos elegirán los «G.C.S.E.» separados de Biología, Química y Física. Estas opciones cubrirán los materiales curriculares presentados a continuación. Unos pocos elegirán «Single Award Science» que presenta escaso contenido de Ciencias de la Tierra.

Meta a alcanzar Sc2: La vida y los procesos vitales;

Rama iii) las poblaciones y la influencia humana en los ecosistemas.

Debe dárseles la oportunidad de conocer mediante estudios de campo y otras investigaciones la preocupación actual por la contaminación y sus efectos sobre el medio ambiente debidos a las actividades humanas, como el uso de abonos en la agricultura, la explotación de recursos y el vertido de desechos en la Tierra, en los mares y en la atmósfera. Deben relacionar el impacto medioambiental de la actividad humana con el tamaño de la población, los factores económicos y las necesidades de la industria. El trabajo debe fomentar la aplicación de los conocimientos científicos de los alumnos, la consideración de los datos y la formación de opiniones imparciales sobre algunas de las cuestiones medioambientales a las que se enfrenta la sociedad.

**Meta a alcanzar Sc3: Los materiales y sus propiedades;
Rama iv) la tierra y su atmósfera.**

Los alumnos estudiarán, empleando mediciones y otros medios, los principios que rigen el comportamiento de los gases en la atmósfera y la naturaleza de las transferencias energéticas que los mueven. Deben estudiar la circulación atmosférica y la relación cuantitativa entre presión, vientos y ciclos de tiempo. Igualmente deben estudiar el origen de la atmósfera y los océanos y conocer los factores químicos y biológicos que mantienen la composición de la atmósfera.

Los alumnos deben estudiar, en el laboratorio y sobre el terreno, las pruebas que revelan cómo se han formado las rocas y su posterior deformación y las fuentes de energía que originan dichos procesos. Los alumnos deben estudiar los procesos científicos de alteración de las rocas, de transporte de sedimentos y de formación de suelos. Deben entender cómo se mide el tiempo geológico. Deben examinar datos que indican que la Tierra tiene una estructura en forma de capas, contrastando las densidades de las rocas superficiales y de toda la Tierra, la transmisión de las ondas sísmicas y los indicios de magnetismo. Deben investigar las pruebas en que se apoya la teoría de la tectónica de placas, incluso el contenido de los registros de rocas. Deben entender que el desplazamiento de las placas interviene en el reciclado de las rocas y en la distribución global de los recursos físicos de la Tierra. Deben considerar las teorías relativas al movimiento de la corteza terrestre, desde las más antiguas, y su evolución como resultado de los avances realizados en los distintos campos científicos y tecnológicos.

**Meta a alcanzar Sc4: Los procesos físicos;
Rama ii) los recursos energéticos y la transferencia de energía.**

Analizando los datos, los alumnos deben entender que algunos recursos energéticos son limitados y considerar las consecuencias a largo plazo de los modelos de distribución y explotación a escala mundial de dichos recursos, así como el "efecto invernadero". Deben tener ocasión de debatir sobre el modo

como la sociedad toma decisiones acerca de los recursos energéticos.

2. Las Ciencias de la Tierra en el Currículo Nacional de Geografía

Nivel 1

Para alumnos de 5 a 7 años en enseñanza primaria.

Todos los alumnos cursarán esta materia.

Meta a alcanzar G3: Geografía física.

Se les enseñará a los alumnos:

- a investigar el suelo, el agua y las rocas, así como la arena, y a reconocer que estos materiales forman parte del medio natural;
- a identificar el agua en sus diferentes formas;
- a investigar cómo el clima les afecta a ellos y a su entorno y a reconocer los modelos climáticos de las estaciones;
- el efecto de la lluvia al caer sobre diferentes superficies y pendientes.

Meta a alcanzar G5: Geografía medioambiental.

Se les enseñará a los alumnos:

- dónde se obtienen materiales comunes, por ejemplo, la lana de las ovejas, la piedra de las canteras, el pescado del mar, y cómo se extraen;
 - cómo afecta al medio ambiente la extracción de recursos naturales, por ejemplo las canteras, las minas.
-

Nivel 2

Para alumnos de 7 a 11 años de enseñanza primaria.

Todos los alumnos cursarán esta materia.

Meta a alcanzar G3: Geografía física.

Se enseñará a los alumnos:

- cómo pueden influir las circunstancias de un lugar sobre la

- temperatura de la superficie y afectar a la velocidad y dirección del viento, y cómo condicionan las distintas pendientes y superficies al agua de lluvia cuando ésta llega al suelo;
- la naturaleza y efectos de los terremotos y las erupciones volcánicas y cómo éstas producen cráteres, conos y corrientes de lava;
 - que los ríos, las olas y los glaciares erosionan, acarrean y depositan materiales;
 - a investigar y comparar el color, la textura y el contenido orgánico de distintas clases de suelo;
 - los efectos de las heladas, de la alteración química y biológica, por ejemplo en las calles y edificios, y la distinción entre la alteración y la erosión;
 - a examinar la distribución mundial de la actividad sísmica y volcánica y su relación con los límites de las placas de la corteza terrestre;
 - la diferencia entre el tiempo y el clima;
 - los modelos estacionales de temperatura y precipitación en las Islas Británicas.

Meta a alcanzar G5: Geografía medioambiental.

Se enseñará a los alumnos:

- los modos de extraer materias del medio natural y cómo la extracción afecta al medio ambiente; por ejemplo, las canteras y las minas;
- acerca de los recursos de agua dulce y medios de asegurarse el suministro;
- la diferencia entre los recursos renovables y no renovables;
- por qué los ríos, lagos y mares están expuestos a la contaminación e investigar los modos para prevenirlo.

Nivel 3

Para alumnos de 11 a 14 años de enseñanza secundaria.

Todos los alumnos cursarán esta materia.

Meta a alcanzar G2: Conocimiento y comprensión de lugares.

Se enseñará a los alumnos:

- a explicar dónde están situadas las actividades económicas de la zona y el motivo de su emplazamiento; y a explicar la relación entre el aprovechamiento del suelo, la edificación y las actividades humanas del lugar.

Meta a alcanzar G3: Geografía física.

Se enseñará a los alumnos:

Los mismos puntos que en el nivel 2, pero añadiendo los siguientes:

- los procesos físicos que pueden dar lugar a algún peligro natural y las distintas maneras usadas para afrontarlo;
- las principales características de los sistemas fluviales y las cuencas de los ríos, las causas y efectos de las crecidas de los ríos y los métodos para reducir sus riesgos; y a examinar las pruebas de que los ríos, las olas, los vientos y los glaciares erosionan, acarrean y depositan materiales;
- los principales componentes y relaciones en el ciclo hidrológico;
- el efecto del relieve, la convección y los frentes de aire sobre las precipitaciones pluviales;
- sobre la climatología en las diferentes partes del mundo;
- a comparar las principales características y distribución del clima británico con otros tres tipos de clima y a investigar cómo influye en ellos la latitud, la distribución de masas de tierra y de mares, los principales accidentes del relieve y los vientos dominantes.

Meta a alcanzar G5: Geografía medioambiental.

Se enseñará a los alumnos:

Los mismos puntos que en el nivel 2, pero añadiendo los siguientes:

- el efecto de la explotación de al menos dos fuentes de energía sobre el medioambiente;
- las posibles causas y los efectos potenciales de los cambios del medio ambiente a escala mundial con referencia a lugares determinados.

Nivel 4

Para alumnos de 14 a 16 años de enseñanza primaria.

Seguramente los alumnos podrán elegir entre Geografía e Historia de modo que tendrán que seguir o bien un curso completo «G.C.S.E.» o uno corto de una de estas asignaturas. También podrán optar por el curso completo «G.C.S.E.» de Geografía e Historia o un curso completo «G.C.S.E.» de una asignatura y uno corto de la otra.

Meta a alcanzar G3: Geografía física.

Se enseñará a los alumnos:

Los mismos puntos que en el nivel 3, pero añadiendo los siguientes:

- los aspectos y procesos que configuran los accidentes geográficos con relación a:
 - a) la glaciación en las tierras altas, o
 - b) las zonas calizas con características kársticas;
- las variaciones estacionales de temperatura y precipitación en las Islas Británicas y a analizar la influencia de los anticiclones y las borrascas en la climatología de las Islas Británicas mediante observaciones propias y mapas meteorológicos sencillos; a relacionar el estado del tiempo en un momento dado con un esquema sinóptico;
- cómo influye la circulación atmosférica en la distribución climática general en todo el mundo;
- a investigar y comparar el color, textura y contenido orgánico de distintas clases de suelo; las causas y efectos de la erosión del suelo y por qué algunos lugares están más expuestos a la erosión; y a examinar los principales métodos de control;
- cómo se producen y sitúan las corrientes marinas de todo el mundo y a examinar su influencia en el clima de las regiones costeras;
- a examinar la distribución mundial de las zonas con precipitaciones particularmente irregulares y las razones de que sea así, considerando factores climáticos;

- cómo los accidentes del terreno de un sitio determinado son consecuencia de la distinta resistencia y estructura de las rocas en ese lugar y los procesos que actúan durante plazos muy largos;
- que algunos de los procesos que configuran los accidentes geográficos siguen operando mientras que otros han sido condicionados por factores que ya han desaparecido, y sacar conclusiones sobre cómo podrían variar en el futuro dichos accidentes y cómo se producirían dichas variaciones.

Meta a alcanzar G5: Geografía medioambiental.

Se enseñará a los alumnos:

Los mismos puntos que en el nivel 3, pero añadiendo los siguientes:

- a analizar los efectos del crecimiento económico y demográfico sobre la demanda de recursos naturales;
 - los efectos del avance tecnológico sobre la explotación de los recursos naturales y el tratamiento del medio ambiente, y cómo estos intentos de tratar el medio ambiente dan resultados inesperados, utilizando el método de estudio de casos.
-
-

EL DESARROLLO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN ESCOCIA

Información proporcionada por Peter Harrison

Desde 1970, los alumnos escoceses entre los once y los catorce años reciben una pequeña formación en Ciencias de la Tierra a través de un curso de la Fundación Escocesa de Ciencias, que se impartía en muchas escuelas.

En cuanto a los alumnos de catorce a dieciocho años, el actual examen para el Certificado en Geología («Certificate Geology»), que se imparte en numerosas escuelas, se sustituirá, en 1993, por un curso modular de Geología. Este curso cuenta con el respaldo del Scottish Consultative Committee on the Curriculum y será evaluado por la Scottish Examination Board. Los módulos se pueden cursar en cualquier orden y es probable que el curso aumente la difusión de la Geología en las escuelas escocesas.

Existe un examen para un nivel superior en Geología (el «Higher Level Certificate»), para los estudiantes más mayores, aunque sólo se ofrece en unos pocos centros.

En este momento se está estudiando un informe sobre la preparación de un Currículo Nacional para los Estudios Ambientales en Escocia, y, si es aceptado, incluirá algo de Geología.

En las escuelas escocesas, el mayor entusiasmo y experiencia docentes se encuentran en los departamentos de Geografía, más que en los de ciencias.

EL DESARROLLO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN ITALIA

Información proporcionada por Francisco Anguita

El currículo italiano para el nivel 14-18 años cuenta con 70 años de antigüedad e incluye algo de Ciencias de la Tierra, que se enseña a través de los programas de Geografía y Ciencias

Naturales. Sin embargo, en la escuela secundaria (14-18 años), el contenido total de ciencias experimentales se sitúa alrededor del 10%.

El profesorado de estas materias lo constituye un 70% de biólogos, un 25% de químicos y sólo un 4% de geólogos. El carácter marginal en el currículo, unido a la carencia de profesores cualificados, ha producido una situación en la que se autoperpetúa la escasa comprensión y difusión de las ideas modernas de Ciencias de la Tierra.

Pronto mejorará esta situación, porque, después de cinco años de trabajo, la 'Comissione Brocca' del Ministerio de Educación ha diseñado un nuevo esquema para los dos primeros años de la educación secundaria (14-16 años). Las siete ramas propuestas (clásica; lingüística; socio-pedagógica; científica; científico-técnica; tecnológica y económica) incluyen, en su primer año, tres horas semanales de Ciencias de la Tierra.

Este desarrollo se ha producido gracias a la creciente importancia de la ciencia aplicada («Science per l'Uomo», Ciencia para el Hombre) y de los enfoques multidisciplinares dentro del sistema educativo italiano, así como al aumento de oportunidades para el aprendizaje extraacadémico (como las Ciencias de la Tierra en los medios de comunicación).

Los puntos débiles de la propuesta son los siguientes:

- algunos de los objetivos son difícilmente trasladables a la enseñanza en el aula (por ejemplo la comprensión de los límites de complejos fenómenos geológicos);
- el programa es muy básico y falta concretar;
- el programa no tiene en cuenta los diferentes niveles de comprensión de los niños;
- se carece de materiales didácticos modernos;
- los profesores están insuficientemente preparados.

Una razón que explica la escasa preparación de los profesores estriba en que, mientras los profesores de primaria cuentan con un sistema formal de formación inicial, no existe un sistema organizado para los profesores de secundaria. Para éstos, la opción es que los estudiantes universitarios introduzcan alguna materia educativa en sus programas de grado. Esto hace que tengan una visión muy restringida de la educación científica.

EL DESARROLLO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN ESPAÑA

Información proporcionada por Francisco Anguita

Los temas de Ciencias de la Tierra (como por ejemplo el ciclo del agua, el sistema solar o el clima) se imparten dentro de las Ciencias Sociales en la escuela primaria (6-14 años). En la secundaria (14-18 años), la Geología ocupa entre la tercera parte y la mitad de los programas de Ciencias Naturales, correspondiendo el resto a Biología. Sin embargo, los profesores de estas asignaturas, que mayoritariamente suelen ser biólogos, frecuentemente relegan o ignoran los temas de Geología. En el Curso de Orientación Universitaria (año previo a la Universidad), existe una asignatura de Geología, pero no se enseña en muchos centros debido al escaso número de estudiantes interesados en ella.

Esta situación pronto cambiará radicalmente, ya que en la reciente reforma curricular el Ministerio de Educación ha establecido un nuevo programa de Ciencias de la Tierra y del Medioambiente, que es una combinación de Geología, Meteorología, Biología y temas ambientales. Este nuevo desarrollo curricular ha tenido una buena acogida por parte de los profesores de Geología de este nivel, contando con dos advertencias:

- 1) no se dispone de textos adecuados ni de materiales didácticos para el programa;
- 2) muchos profesores necesitarán formación permanente si el Ministerio quiere que puedan actuar adecuadamente en la nueva área curricular.

Afortunadamente, aún quedan por delante cinco o seis años para prepararse, antes de que el nuevo currículo se haga realidad. La Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, recientemente formada, deberá ser capaz de hacerse cargo de una parte importante de este desarrollo.

EL DESARROLLO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN ISRAEL

Información proporcionada por Nir Orion

La educación en Ciencias de la Tierra en Israel se encuentra en un proceso de revitalización. En 1985, el Ministerio de Educación tomó una decisión para reconocer la Geología como disciplina independiente dentro del sistema educativo. Más tarde, se incluyó entre las disciplinas científicas cuyo desarrollo curricular es financiado por el Amos de-Shalit Israeli Centre for Science Education.

La enseñanza de la Geología como una disciplina independiente comenzó en las escuelas secundarias en 1992; se imparte bien como una materia menor (tres unidades, 270 horas) o bien como una materia mayor (cinco unidades, 450 horas). Los profesores que la imparten son todos graduados en Ciencias de la Tierra.

En los niveles inferiores, escuela infantil, elemental y primaria, las Ciencias de la Tierra están incluidas en otras disciplinas, tales como Biología, Química, Física y Geografía. No obstante, de esta manera la enseñanza de las Ciencias de la Tierra queda muy limitada, pues los profesores tienen una formación muy reducida en Ciencias de la Tierra y se carece de materiales didácticos. La introducción de la Geología en la escuela secundaria ha influido en la escuela primaria, haciendo que estos profesores ahora estén más abiertos a dar cabida a las Ciencias de la Tierra. Desde 1990, se vienen elaborando materiales curriculares para todas las edades y se está llevando a cabo la formación permanente del profesorado en temas de Ciencias de la Tierra.

Estos desarrollos se han hecho posibles gracias a la creación de una opinión pública de apoyo, a través del trabajo con organizaciones como The Society for Protection of Nature, la Conservation Authority y la Israeli Open University, y haciendo que el desarrollo fuera dirigido por geólogos y apoyado sólidamente por toda la comunidad geológica.

EL DESARROLLO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN ESTADOS UNIDOS

El encuentro anual de la Geological Society of America tendrá lugar en Cincinnati en octubre de 1992, y una de las partes importantes de su programa, organizado por la National Association of Geology Teachers, es el simposio titulado "Reform in Science Education". Se ha elegido este tema porque existen tendencias que pretenden establecer estándares nacionales para la educación científica en las escuelas que atañen a las Ciencias de la Tierra. Se me ha pedido que hable en el encuentro y por eso tendré una idea más clara de los desarrollos de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra cuando regrese. En estos momentos, la visión que tengo de la situación es la siguiente.

En las escuelas elementales se enseña Ciencias de la Tierra, pero como la mayoría de estos profesores no tiene un gran conocimiento, la enseñanza en general no es buena. En el nivel de la escuela intermedia, aproximadamente un 70% de los alumnos tiene una asignatura de Ciencias de la Tierra, mientras que el resto tiene una asignatura general de ciencias que incluye algo de Ciencias de la Tierra. Sin embargo, en general, los profesores de estas asignaturas no poseen una buena formación en este área. El problema más agudo se produce en la escuela secundaria, donde menos de un 3% de los estudiantes tiene la oportunidad de seguir un programa de Ciencias de la Tierra.

Esta situación pronto debería cambiar puesto que se van a establecer "nuevos estándares mundiales" en cinco materias troncales—Inglés, Ciencias, Matemáticas, Historia y Geografía— para el año 2000 y para los alumnos entre 5 y 17 años. Un documento nacional, titulado "Standards for School Science and Technology Education", cubrirá todo el área de ciencias. En el momento presente, están en marcha tres proyectos prioritarios con el propósito de desarrollar la educación científica en Estados Unidos y muy probablemente sus resultados influirán sobre el documento nacional. Dos de los proyectos ('Scope, Sequence and Coordination', desarrollado por la National Science Teachers' Association, y 'Project 2061', de la American Association for Advancement of Science) son muy amplios y desarrollan la cobertura de todo el área de ciencias. Dentro de estos proyectos han existido fuertes

movimientos para asegurar que las Geociencias se sitúen al mismo nivel que la Física, la Química y la Biología.

El tercer proyecto se centra en las Ciencias de la Tierra. Se titula 'Earth Systems Education Program' y procede de la Ohio State University Research Foundation. A corto plazo, su objetivo consiste en mejorar la educación en Ciencias de la Tierra en general. A un plazo más largo, pretende poner de manifiesto que toda la investigación científica implica el estudio de aspectos de nuestro planeta, por lo que toda la educación científica debería empezar por el estudio de los sistemas terrestres. Para reforzar este enfoque, el programa ha definido siete ideas clave que deberían conseguir todos los estudiantes a lo largo de su escolaridad, que son:

1. La Tierra es única, un planeta de rara belleza y gran valor.
2. Las actividades humanas, colectivas e individuales, conscientes e inadvertidas, producen un serio impacto sobre el planeta Tierra.
3. El desarrollo del conocimiento científico y de la tecnología aumenta nuestra capacidad de comprender y utilizar la Tierra y el espacio.
4. El sistema terrestre está compuesto por los subsistemas interactivos del agua, la tierra, el hielo, el aire y la vida.
5. El planeta Tierra tiene más de cuatro billones de años y sus subsistemas están continuamente evolucionando.
6. La Tierra es un pequeño subsistema de un sistema solar dentro de un vasto y antiguo universo.
7. Hay mucha gente con carreras que abordan el estudio del origen, los procesos y la evolución de la Tierra.

Queda por ver en qué medida estos enfoques se reflejarán en el desarrollo de los estándares nacionales en ciencias en Estados Unidos; sobre ellos está centrada mucha atención.

EL DESARROLLO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN ARGENTINA Y BRASIL

Información proporcionada por Francisco Anguita

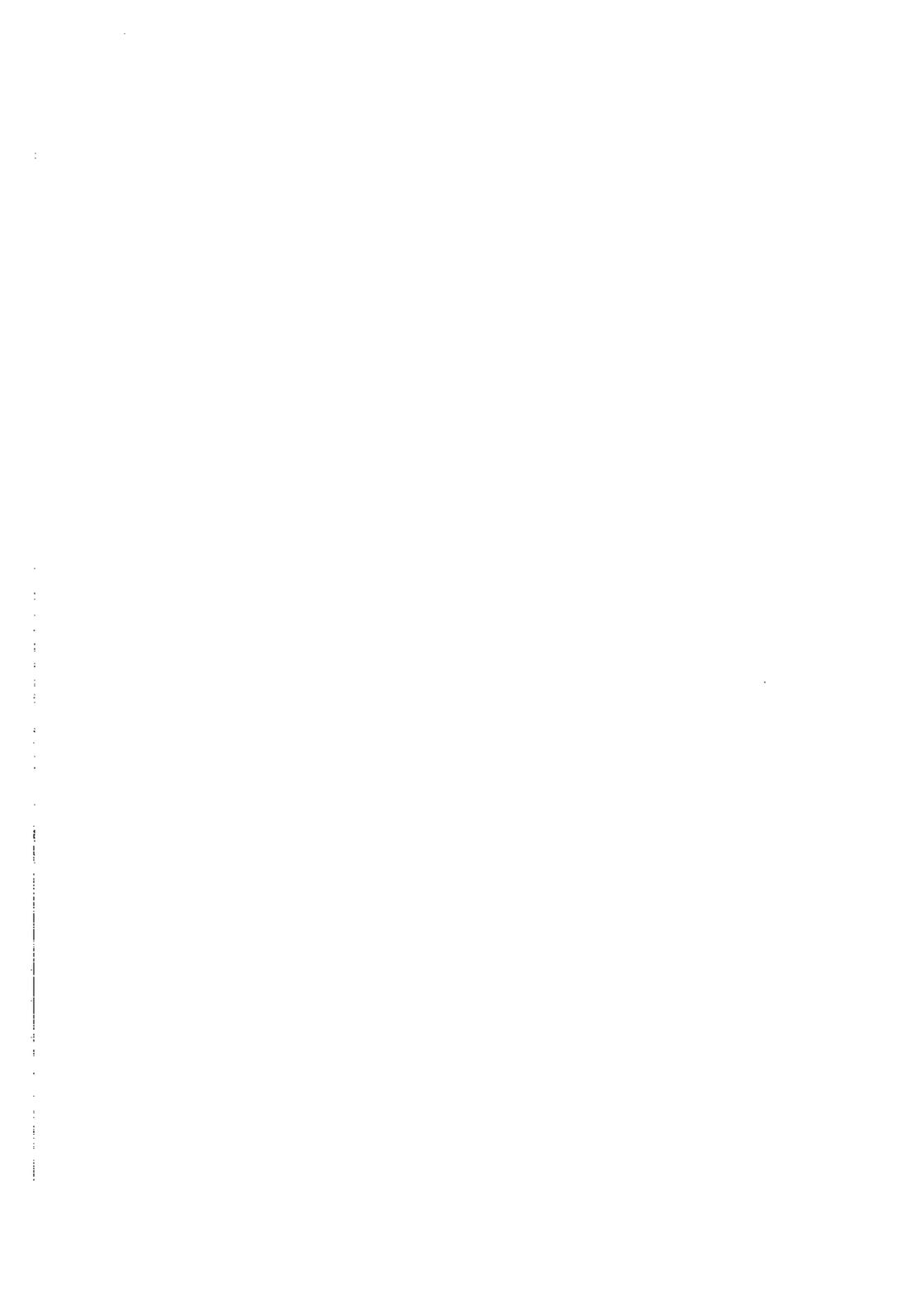
La situación en estos países es similar a la de Italia antes de la reforma de la 'Comission Broccoli': no se enseña nada de Ciencias de la Tierra, de una manera formal, en los niveles educativos previos a la Universidad. Los pocos temas que se trabajan de Geología, Oceanografía, Meteorología y Astronomía están incluidos en los programas de Geografía. Esta situación es especialmente triste en Argentina, donde se ha enseñado Geología en los niveles preuniversitarios desde la segunda mitad del siglo XIX hasta 1945, fecha a partir de la cual desaparece.

CONCLUSIÓN

Una visión más amplia y detallada de la educación en Ciencias de la Tierra en las escuelas, así como alguna perspectiva sobre sus diversos desarrollos en la educación superior, en la formación geocientífica y en la comprensión generalizada de la Geociencia, se podrá obtener asistiendo a la primera Conferencia Internacional sobre Educación y Formación en Geociencia, que se desarrollará en Southampton entre el 20 y el 24 de abril de 1993. Para más información sobre la Conferencia, se puede contactar con:

Mrs. Esther Johnson, G.E.O.E.D. Conference Secretariat,
Department of Geology, University of Southampton,
Southampton, SO95NH, England;
Tel (0703) 593049 - Fax (0703) 593052.

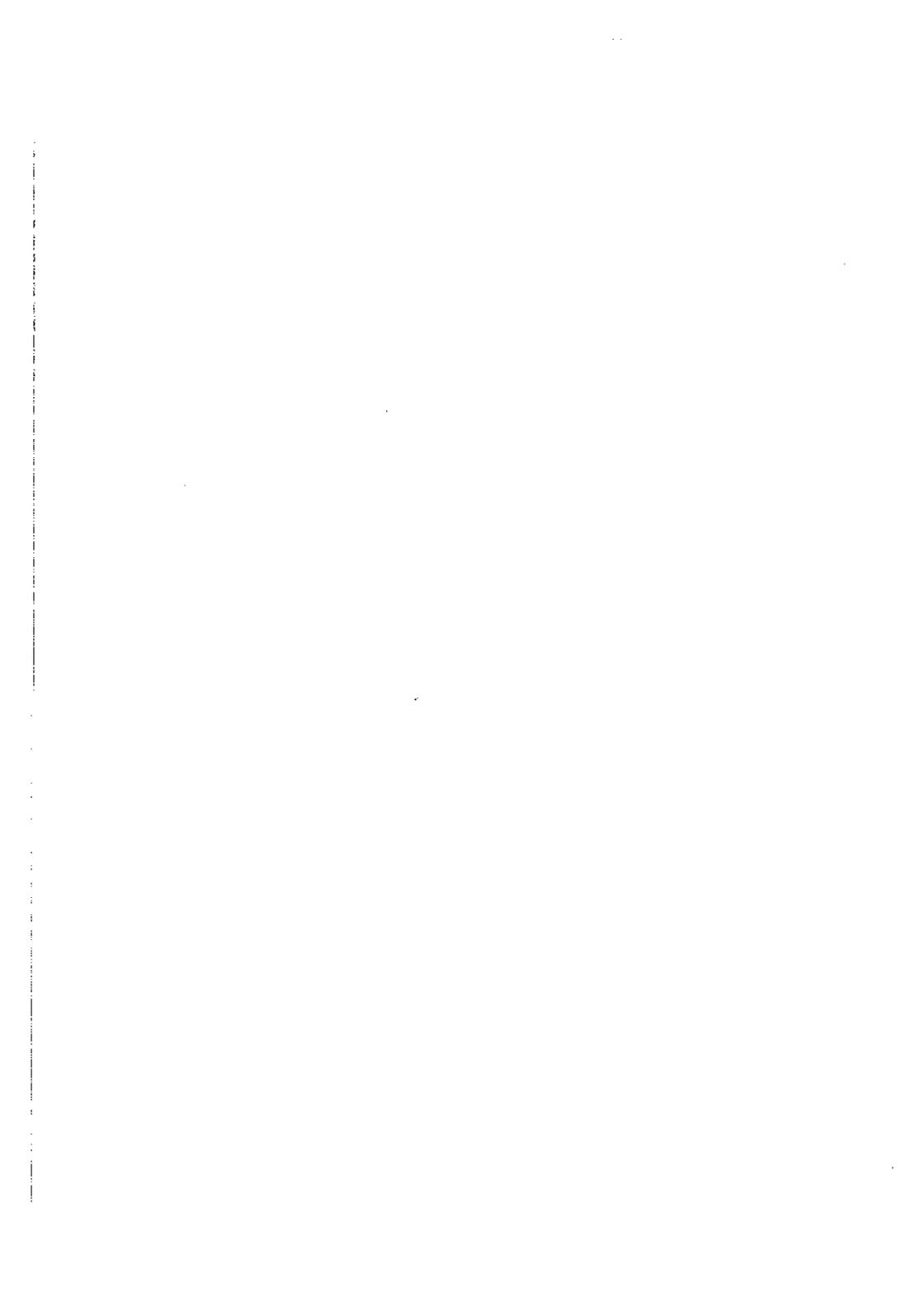
Mi agradecimiento a Francisco Anguita, Peter Harrison y Nir Orion, por proporcionarme una gran parte de la información que ha servido de base a este resumen parcial, y a David Thompson por sus constructivos comentarios sobre el borrador manuscrito.



II.5.

CONDICIONANTES DEL CURRÍCULO Y APORTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN A LA PRÁCTICA DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

*Arthur M. Lucas
Profesor del Centro de Estudios Educativos
King's College London
Inglaterra*



Hace tres años preparé un documento titulado *Varieties of Science Education Research: their applications to the classroom*, para presentarla en el Congreso sobre Educación en Ciencias, celebrado en Santiago de Compostela (Lucas, 1990). Este documento contiene un examen de los tipos de investigación educativa existentes y de la forma en que los resultados de dicha investigación pueden utilizarse en el diseño y puesta en práctica de los currículos de ciencias. Daré por supuesto que Vds. han leído dicho documento y aquí me referiré poco a su contenido y a sus argumentaciones. Sin embargo, una tabla resumen del mismo proporciona un punto de partida útil de cara al planteamiento que utilizaré en este Encuentro (ver Tabla 1).

El establecimiento de categorías implícitamente empleado en aquel documento se centraba en temas de interés para profesores y diseñadores curriculares. Consideraba los objetivos pedagógicos de la enseñanza de las ciencias y algunos aspectos de lo que ocurre en el interior del aula. No era un establecimiento de categorías derivado de un análisis del currículo y de los factores que en él influyen.

En este documento me centro en analizar los factores que influyen en el currículo final, tal como es experimentado por los alumnos, y en ver qué tipo de investigación podría aportar información para la toma de decisiones en cada una de esas áreas. Empezaremos distinguiendo entre algunos sentidos del término **currículo**, porque se trata de una palabra con significados muy diversos en la literatura pedagógica inglesa.

El primero de dichos significados, y el más común, es “la determinación de lo que hay que aprender”. Así, es posible decir que, de acuerdo con el desarrollo completo de la Ley de Reforma Educativa de 1988, el currículo para los escolares ingleses entre los cinco y dieciséis años será el conjunto de “los **programas de estudio y niveles de rendimiento** o criterios de evaluación asociados, regulados por las disposiciones legales publicadas por la Secretaría de Estado de Educación”. Por tanto, será razonable

Objetivos	Ejemplos	Áreas de investigación
<i>Aspectos curriculares</i>		
Conceptos científicos	fuerza respiración enlaces químicos erosión	estructuras alternativas proceso cognitivo teorías sintéticas
Procesos científicos	control de variables observación experimentación medida microscopía	informes descriptivos estudios experimentales estudios de evaluación estudios analíticos
Aplicaciones científicas	diseño y tecnología cuestiones medio-ambientales resolución de problemas	informes descriptivos estudios experimentales estudios de evaluación estudios de intervención
Ciencia y Sociedad	efectos sobre la sociedad efectos de la sociedad contexto histórico contexto filosófico	estudios de evaluación informes descriptivos estudios analíticos
Contribución de la Ciencia al desarrollo personal	desarrollo de actitudes higiene personal pensamiento destrezas cognitivas	estudios experimentales estudios de intervención informes descriptivos estudios metacognitivos
<i>Aspectos de la instrucción</i>		
Proceso de aula	estilos de enseñanza clima de la clase trabajo abierto	estudios ATI estudios de observación estudios de intervención
Nuevas herramientas	microordenadores tecnología de la información	estudios de intervención estudios de observación estudios de evaluación

Tabla 1: Problemas de aula y áreas de investigación.

esperar que todo niño en Inglaterra y Gales haya estudiado los temas, conceptos y ejemplos específicos que aparecen en tales disposiciones. Esa normativa constituye el **currículo propuesto** o

pretendido, término equivalente de forma aproximada al de **programa**, que se utiliza cuando un examen se va a basar sobre el contenido especificado del curso.

Análogamente, podemos decir que el currículo propuesto para el curso *'The Enlightenment'* de la British Open University está constituido por los contenidos impartidos por los profesores y por las lecturas complementarias de libros de texto recomendados. Sin embargo, si bien los examinadores esperarán que todos los estudiantes se hayan familiarizado con el currículo completo, no pueden estar seguros de que hayan leído todo el material. El **currículo experimentado** puede ser muy distinto para cada uno de los estudiantes, según lo concienzudos que sean, si han seguido o no los programas de televisión que acompañaban al curso y si han leído más material que el recomendado en los libros del curso. En el caso de los estudiantes de un curso de Biología, el currículo experimentado variará aunque hayan seguido el mismo programa. Sus profesores pueden utilizar diferentes estilos de enseñanza, algunos recurriendo a un gran número de investigaciones con animales vivos y plantas y otros empleando primordialmente láminas y especímenes conservados en museos.

En algunos aspectos muy importantes, el currículo que dos alumnos cualesquiera experimentan en la misma clase es probablemente distinto: los alumnos tienen diferentes intereses, experiencias previas, motivaciones, estilos de aprendizaje y objetivos a largo plazo. Por lo tanto, atenderán a diferentes aspectos de la exposición del profesor y atribuirán diferentes significados a los fenómenos. Dejarán, pues, el aula con experiencias sutilmente distintas.

A veces el conjunto de experiencias conducirá al aprendizaje de aquello que no estaba incluido en el currículo propuesto. El aprendizaje puede versar sobre temas que apenas guardan relación con el contenido explícito del curso. Algo de esto puede tener un carácter ideológico, originado por distintas causas, tales como la forma en que ha sido planteado un debate o si el profesor responde lingüísticamente de maneras diferentes a los individuos de grupos minoritarios, o, especialmente en las clases de ciencias, los comportamientos del profesor ante resultados experimentales que no se ajustan a las expectativas del alumno y de él mismo. Por ejemplo, si el profesor dice "Lo que debería haber ocurrido era..." cada vez que una investigación no produce el resultado esperado, es posible

que cree la imagen de que la teoría es infalible y el alumno inexperto. Tales modelos de comportamiento y lenguaje en clase pueden producir un efecto poderoso y, dado que a menudo no son reconocidos ni por el alumno ni por el profesor, reciben a veces el nombre de **currículo oculto**, en contraste con el aprendizaje pretendido (para un debate sobre el currículo oculto en sus sentidos ideológicos, ver Apple, 1971).

Ténganse en cuenta estos significados diversos en mi exposición, pues me referiré ocasionalmente en mis ejemplos al currículo experimentado o al oculto.

Si consideramos las influencias sobre el currículo, en cualquiera de sus sentidos, podemos agruparlas en cuatro conjuntos principales, como muestra el siguiente diagrama (Figura 1).

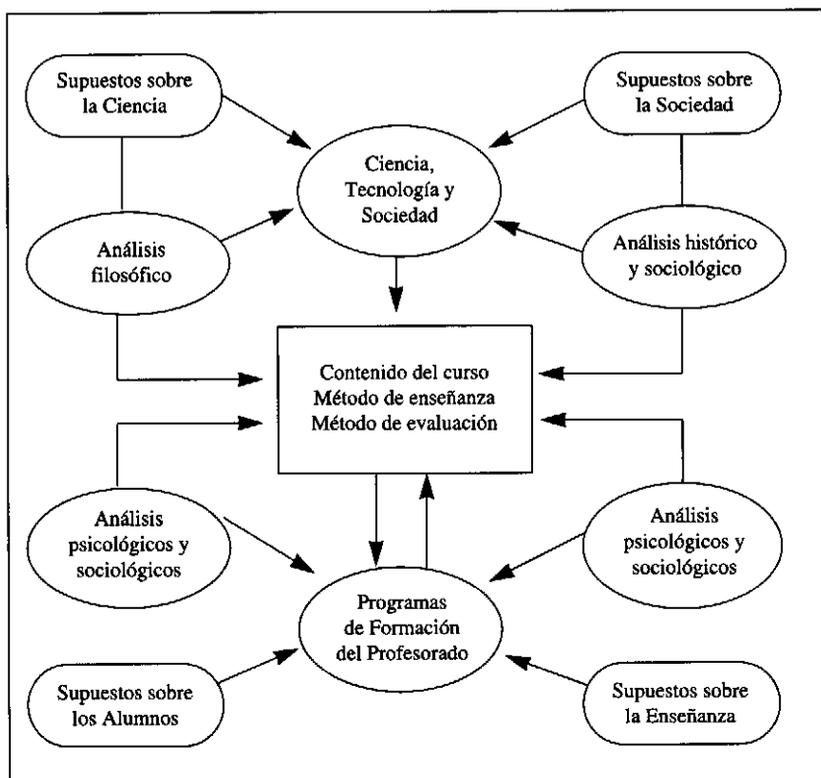


Figura 1: Influencias sobre el currículo.

Este diagrama constituye una simplificación de las influencias que ejercen sobre el currículo los supuestos previos sobre la naturaleza de la ciencia, la naturaleza de la sociedad, la naturaleza del alumno y la naturaleza de los profesores y de la enseñanza (un análisis de este tipo no está restringido a la ciencia; aquí he utilizado la “naturaleza de la ciencia”, pero las personas interesadas en el currículo de otras materias pueden poner en su lugar el nombre de su respectiva disciplina). Para indicar más claramente las principales influencias sobre el currículo, he omitido en el diagrama algunas conexiones muy importantes. Por ejemplo, omito muchas interacciones mutuas entre los supuestos que hacemos sobre la ciencia y los que efectuamos sobre la sociedad. Aquéllos que son importantes para las influencias curriculares están representados por su interacción a través de la línea «Ciencia, Tecnología y Sociedad» (para ejemplos de debates relativos al movimiento C.T.S., ver Solomon, 1988, 1989; Fensham, 1988a; Pedretti, 1992).

De la misma manera, he omitido algunas conexiones muy importantes en la mitad inferior del diagrama. Por ejemplo, he mostrado influencias que actúan desde “Supuestos previos sobre los alumnos” hasta “Programas de formación de profesores”, mientras que también hay influencias en sentido contrario: los profesores en formación moldean sus expectativas profesionales según van aprendiendo acerca de los alumnos.

Examinaremos ahora, ordenadamente, cada uno de esos cuatro conjuntos de supuestos, considerando brevemente algunos ejemplos de investigación relativa al currículo de ciencias.

Supuestos previos sobre la Naturaleza de la Ciencia.

En los últimos años se ha prestado una atención cada vez más explícita a asegurar que el alumnado de la escuela secundaria adquiera conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia, además de comprender el contenido de teorías científicas preseleccionadas. Hay un grupo internacional floreciente que acaba de celebrar su segundo encuentro bienal y cuyas comunicaciones están contenidas en Hills (1992). En 1992, el grupo publicó el primer volumen de su nueva Revista, *Science and Education*, diseñada para dar a conocer “contribuciones desde el campo de la historia, la filosofía

y la sociología de la ciencia y matemáticas". Una de las principales ventajas de este interés recién descubierto es que ahora existe un análisis más crítico acerca de lo que constituye una descripción válida de la ciencia y especialmente una descripción de la ciencia adecuada para incluirla en el currículo de la enseñanza secundaria. La necesidad de un nuevo análisis resulta evidente si se tiene en cuenta la explicación relativamente simplista sobre la filosofía de la ciencia ofrecida explícitamente en los textos escolares. Todavía podemos encontrar en esos textos descripciones de la "ciencia" de carácter ingenuamente inductivo. Por ejemplo, consideremos este extracto de Hart-Davis (1985), un libro introductorio que constituyó la base para una amplia serie de televisión educativa:

"Las personas que piensan como científicos tienen una forma particular de mirar el mundo y sus problemas.

La **primera** parte del método científico es reunir información. La **segunda**, clasificarla o analizarla. La **tercera**, adivinar lo que está pasando. La **cuarta**, comprobar la adivinanza con uno o más experimentos.

...

Recuerda el método científico: observar, analizar, formular una teoría, comprobarla experimentalmente. O, si prefieres, **Mirar, Pensar, Adivinar, Probar.**"

Este ejemplo es más estridente que muchos otros, pero existen otras ediciones de textos todavía en uso en Inglaterra las cuales contienen un mensaje similar, si bien no siempre convertido en un eslogan tan llamativo. Incluso textos más sofisticados que éste contribuyen a transmitir una imagen de la ciencia que resulta problemática una vez que se la considera atentamente. Por ejemplo, hace unos quince años analicé '*Biological Science: The Web of Life*', un paquete curricular que estaba siendo ampliamente utilizado en Australia (Lucas, 1980a, b). Mostré que su introducción explícita a la enseñanza de la naturaleza de la ciencia era inconsistente con el modo con que abordaba la enseñanza de conceptos biológicos (Lucas, 1977). El curso estaba organizado de forma que su currículo propuesto era calificado como un conjunto de "Ideas Base"; los supuestos sobre la naturaleza de la ciencia sos-

tenidos por los autores pueden verse en las Ideas Base relativas al respecto:

“Las relaciones aparentes entre observaciones pueden llevar a los científicos a formular generalizaciones y explicaciones provisionales, que son comprobadas, en la medida en que es posible, mediante experimentos y ulteriores observaciones. Los datos adicionales pueden llevar a confirmar o modificar la idea o a formular una nueva.

Los experimentos y posteriores observaciones son diseñados y llevados a cabo de forma que se garantice que los resultados muestren claramente si la generalización o explicación objeto de comprobación es apoyada o desechada.

... las ideas científicas están siempre abiertas a un reexamen crítico y posiblemente a ser modificadas o rechazadas cuando se presente una nueva evidencia.”

(Morgan, 1976, pp.67-68)

Resulta claro que la forma de abordar el tema es mucho más sofisticada que la de Hart-Davis, incluso teniendo en cuenta que va dirigida a jóvenes de 16-17 años. La visión de la ciencia es un deduccionismo hipotético más o menos popperiano y la forma en que se enseña el tema de la Biología es congruente con las afirmaciones explícitas arriba citadas. Por ejemplo, en el capítulo sobre ‘Respuestas de las plantas’ hay descripciones de un cierto número de observaciones sobre su crecimiento, seguidas por relatos de los experimentos sobre fototropismo llevados a cabo por Darwin, Boysen-Jensen, Paal and Went. La manera en que se tratan sus experimentos los sitúa firmemente dentro de la tradición científica antes descrita.

Desde muchos puntos de vista este modelo de ciencia es satisfactorio para introducirlo en los cursos de ciencias escolares, puesto que asegura que las teorías científicas se contemplan como un producto de la imaginación humana controlada y que los cambios en las interpretaciones científicas no son caprichosos sino el resultado de una revisión teórica continuada y comprobación de nuevas predicciones. Es, ciertamente, menos problemático que el modelo «Mirar, Pensar, Adivinar, Probar».

Pero, sin embargo, el problema se mantiene. Resulta común a todos los intentos de enseñar ciencia sirviéndose de un método filosófico consistente. Un currículo de este tipo da por supuesto que el modelo de ciencia usado es correcto, estable y aceptado. El hecho de que un modelo de esta clase no existe, se demuestra por la vitalidad continuada del pensamiento en lo referente a la Filosofía de la ciencia. Un ejemplo adecuado puede encontrarse en los cuatro capítulos sobre problemas filosóficos con los que concluye la Parte I de la *Companion to the History of Modern Science* (Olby et al., 1990), en los que se discuten los diferentes problemas filosóficos asociados, por ejemplo, con las posiciones fenomenológicas, existencialistas, realistas y crítico-eliminativas. Una introducción más sencilla puede hallarse en Chalmers (1982).

El problema que se nos plantea, desde el punto de vista del currículo de ciencias, es profundo. Si les enseñamos evitando una simplicidad ingenua, podemos tomar un modelo de ciencia y usarlo de forma consistente, pero nos arriesgamos a dar una visión sobre la naturaleza de la ciencia equivocada a fuerza de ser firme. Alternativamente, podemos intentar presentar un panorama crítico de la Filosofía de la ciencia, apropiadamente ajustado a la edad y experiencia de los alumnos, pero nos arriesgamos a confundirlos sobre los conceptos científicos que tratamos de enseñarles. Mi propia hija se interesó en la Filosofía de la ciencia durante su curso de ciencias pre-universitario y comenzó a leer el libro de Chalmers. Sin embargo, conforme aprendía más sobre la naturaleza de la evidencia y los presupuestos subyacentes a la experimentación en diferentes aspectos científicos, empezó a plantear cuestiones epistemológicas en relación con sus lecciones de Biología y de Química. No sólo fueron sus profesores incapaces de responderle de manera convincente, sino que muchas de esas cuestiones planteadas por la lectura de Chalmers ocasionaron a mi hija Beth cierta preocupación cuando trató de conciliar lo que le estaban enseñando a hacer en el laboratorio con los puntos de vista de Chalmers. ¡Decidió dejar a Chalmers para después de sus exámenes!

El problema es importante, pero no tengo una solución fácil para él. En 1977 estaba yo preocupado porque

“la naturaleza de la investigación filosófica y la de la investigación científica son tan diferentes, que tratar de enseñar

ambas bajo la etiqueta de "ciencia" supone el riesgo de conseguir interferencias negativas en la comprensión tanto de la Filosofía como de la ciencia." (Lucas, 1977, p.36)

Sigo con esa preocupación, no existiendo soluciones claras, pese a la bibliografía reciente y extensa, resumida en Matthews (1989).

Argumentos similares son aplicables a la enseñanza de la naturaleza de la ciencia empleando para ello la Historia de la ciencia. No existe ninguna interpretación histórica sencilla de la ciencia (cfr., por ejemplo, Christie, 1990); existe una dificultad conceptual para separar los descubrimientos de los acontecimientos (cfr. más abajo un ejemplo); y hay poca consistencia entre lo que se conoce acerca de la forma en que los alumnos desarrollan una comprensión de la historia y el modo en que la historia es expuesta en las clases de ciencias (Honey, 1992).

Para concluir esta sección, vale la pena recalcar otra cuestión problemática. Conforme el interés por enseñar la naturaleza de la ciencia pone más énfasis en la historia, filosofía y sociología de la misma en el currículo de la enseñanza secundaria, se espera que el profesor sea capaz de actuar dentro de una gama intelectual más amplia. ¿Puede esperarse que los profesores de ciencias, preparados para enseñar ciencia, enseñen también una **buena** Historia, una **buena** Economía, una **buena** Sociología, una **buena** Filosofía de la Ética y Moral, una **buena** ...? Yo planteo el problema en el contexto de los programas de educación ambiental interdisciplinaria para un profesor único (Lucas, 1980), mientras que Matthews (1990, pp.30-32), se refiere a la permanente preocupación de los expertos escolares sobre la materia que Whitaker (1979) definió como la enseñanza de la cuasi Historia de la ciencia, diseñada para adecuarse a fines pedagógicos y/o ideológicos y que llevó a Brush a titular su muy citada comunicación de 1974 "*Should the History of Science be rated X?*". Para ser un profesor efectivo y competente se necesita sentir cariño por el tema, y eso se refiere tanto a la historia del tema como al tema en sí. Como mínimo, se debería ser consciente de los problemas de interpretación, de lo que es válido como argumento histórico, del esquema general de interpretación y de lo que se entiende por una cuestión histórica.

Por citar un ejemplo, consideremos la cuestión “¿Cuándo y por quién fue descubierta la vitamina C?” Esta pregunta, engañosamente simple, oculta una serie de supuestos previos: que hay un acontecimiento determinado, el cual tiene lugar en un lugar y tiempo definidos, con un descubridor también definido; que el descubrimiento resultó completo en ese momento. Pero, qué se entiende como descubrimiento de la vitamina C:

- ¿El “descubrimiento” de que los cítricos previenen el escorbuto?
- ¿El aislamiento de un componente activo, identificando o no la naturaleza de ese componente aislado?
- ¿La caracterización de su composición química?
- ¿Su cristalización?
- ¿Su síntesis, y la demostración de que el sintético tiene una actividad similar al aislado de referencia?
- ¿El mecanismo de su funcionamiento?
- ¿La suma de todo lo anterior?

Dependiendo de lo que entendamos por “el” descubrimiento, podemos obtener una respuesta a nuestra pregunta inicial que abarca un margen cronológico de aproximadamente 200 años e involucra a muchas personas. O bien podemos decir que el descubrimiento todavía no está completo. Como apunta Nickles (1990), a lo largo de los últimos cuarenta años, la ciencia histórica ha mostrado que “puede ser difícil puntualizar descubrimientos fácticos tales como autor, lugar, tiempo y relación objetiva con la naturaleza” (p.164).

Mientras que se han elaborado algunos materiales curriculares para ayudar a los profesores a exponer la naturaleza de la ciencia (por ejemplo, Honey et al., 1990, Solomon, 1991; cfr. Pumfrey 1991 para una revisión por un historiador profesional de la ciencia que adopta una posición crítica frente a algunos de los materiales de Solomon), hay muy pocos trabajos serios sobre la forma en que los jóvenes comprenden las ideas filosóficas e históricas contenidas en sus cursos de ciencias. Carey et al. (1989) constituyen uno de los escasos ejemplos.

Antes de concluir este apartado debo recalcar cómo siempre que explicamos un tema presentamos también inevitablemente algunas ideas sobre la naturaleza de ese tema. Consideremos una

demostración clásica en la enseñanza de la Química elemental, la combustión de elementos en oxígeno. Es característico que el profesor tenga dos recipientes de oxígeno, cada uno de ellos con alguna disolución indicadora en el fondo. En un recipiente quema sodio y en el otro azufre. Después de completada la combustión, el profesor agita el recipiente para disolver los productos gaseosos en la disolución indicadora. La disolución de aquél en que se quemó azufre se colorea de rojo y el maestro hace notar que aquélla en que se quemó el sodio se ha coloreado de azul. Rara vez existe un recipiente de control, con el cual pueda compararse el color de la disolución original. Si existe ese medio de control, normalmente el profesor se apresurará antes de que los alumnos puedan hacer una comparación cuidadosa de las disoluciones, pues la que contiene el sodio raramente se vuelve azul oscuro (cfr. más adelante). Se pide a los muchachos que saquen la conclusión, a partir de la experiencia, de que los óxidos de metales forman soluciones alcalinas y los de no metales dan lugar a soluciones ácidas. Si el profesor está muy informado, puede ser que sepa que el Na_2O es un sólido, no un gas, y permanece en la concavidad de la cuchara de deflagración. Cuando este sólido se disuelve, obtenemos una reacción muy alcalina a partir de la disolución indicadora. Así, quizá continúe diciendo que los óxidos de los metales son sólidos y los de los no metales gases. Aunque es improbable que el profesor diga tal cosa, los alumnos podrían fácilmente elaborar una tercera conclusión a partir del experimento: que los metales arden con una llama amarilla y los no metales con llama violeta. Extrayendo esta errónea conclusión, los alumnos estarían manejando el mismo tipo de lógica que conduce a las dos conclusiones anteriores: que es posible generalizar a partir de un ejemplo único. Naturalmente, el profesor pretendía con el experimento dar énfasis a un punto que debía ser aprendido y no proporcionar toda la evidencia sobre la cual fue establecida científicamente la conclusión. Pero un alumno, que acaso vea muchos "experimentos" limitados similares durante sus estudios, se formaría una determinada imagen de la forma en la que se desarrolla la ciencia, una imagen probablemente no pretendida por el profesor. O sea, que el currículo oculto proporcionado por el método de enseñanza puede ser eficaz, pero conducir a error. Como comenta Millar (1989) en el informe de su estudio

sobre biología, relativo a los profesores que han utilizado las clásicas preparaciones de avena para estudiar el papel de las hormonas del crecimiento en las plantas en respuesta a la luz,

“debemos suponer que los experimentos y demostraciones que utilizamos como certificado de garantía para muchos contenidos teóricos de los libros de texto son ... equívocos desde el punto de vista de los discentes, y están abiertos a interpretaciones variadas. Sólo nuestro conocimiento previo —es decir, el del profesor— de lo que “se supone que va a ocurrir” nos impide ver esto.” (p.53)

French (1989) proporciona un análisis de cómo los profesores de Química responden a los alumnos que obtienen resultados inesperados y su estudio es uno de los pocos que contempla las consecuencias del método de enseñanza para la obtención de puntos de vista sobre la ciencia como una disciplina de investigación.

En resumen,

- lo pretendamos o no, inevitablemente exponemos ideas sobre la naturaleza de la ciencia en la clase de ciencias;
- no existe un modelo de ciencia aceptado críticamente entre filósofos, sociólogos e historiadores de la ciencia;
- necesitamos examinar lo que ocurre en las aulas, cómo responden los muchachos a los aspectos filosóficos e históricos de la ciencia que se les enseña;
- y, como desarrolladores del currículo, debemos hacernos muy sensibles a las cuestiones que atañen a la epistemología de los temas que enseñamos.

Supuestos previos sobre la Sociedad

En este apartado no me voy a ocupar de los análisis sociológicos de la naturaleza de la ciencia, tales como los discutidos por Woolgar (1990), que pueden influir nuestros análisis de la naturaleza de esta disciplina. Me centraré en el supuesto hecho por los

críticos y analistas curriculares cuando discuten qué contenidos deben incluirse en un currículo de ciencias y cómo deben enseñarse. En otras palabras, cómo influyen esos supuestos acerca de la naturaleza de la sociedad y sus funciones sobre la respuesta a la pregunta fundamental “¿Por qué enseñar ciencia?”

Imaginemos un gobierno que cree que sus problemas económicos se resolverían aplicando la ciencia. Podría decidir que el papel más importante de la educación en ciencias es seleccionar y preparar unos cuadros de científicos e ingenieros de élite, con lo que sus cursos de ciencias de la escuela secundaria serían altamente teóricos, apartados de las preocupaciones cotidianas de los ciudadanos que viven en esa sociedad y con un sistema de examen selectivo diseñado para elegir a aquellos jóvenes a los que la sociedad puede permitirse educar en departamentos científicos de la universidad, en áreas temáticas que tengan aplicación directa a las necesidades de la sociedad. Los objetivos sociales serán traducidos por medio de la planificación del mercado del trabajo a una estrecha correlación entre los programas de preparación y las necesidades percibidas. Muchos países desarrollados han tenido, y algunos todavía tienen, este objetivo.

Tal relación directa entre la retórica de los objetivos nacionales y la retórica de la planificación del currículo no está restringida a los países desarrollados, ni tampoco a aquéllos con economías planificadas. Resulta instructivo fijarse en los estímulos para el desarrollo del currículo de ciencias en los Estados Unidos, comparando los argumentos de la década de 1950 con los de los últimos años de la de 1980.

Un ejemplo claro de tal retórica puede encontrarse en la historia del Fondo Federal de los Estados Unidos para el desarrollo educativo estimulada por el choque que produjo el hecho de que los soviéticos colocaran un satélite en órbita antes de que los americanos hubieran progresado hasta ese punto. Ese acontecimiento estimuló en gran medida la reflexión sobre las formas en que la educación en ciencias hubiera “posibilitado al mundo libre volver a alcanzar y después mantener una posición de superioridad científica” (Roucek, 1959). Aunque debe recordarse que el primero de los nuevos desarrollos curriculares, el curso de Física del Physical Sciences Study Committee había empezado antes de la inyección de fondos federales, existen pocas dudas de que la retórica de la

carrera espacial, la temida inferioridad militar, y el sentimiento de que los Estados Unidos estaban perdiendo su supuesto dominio científico, aguijoneó el desarrollo del currículo de las ciencias en los Estados Unidos durante ese periodo. El *'Biological Sciences Curriculum Study'* (B.S.C.S.), el *'Chem Study'*, el *'Chemical Bond Approach programme'*, el *'Harvard Project Physics'*, el *'Science: a Process Approach'*, el *'Elementary Science Study'* y el *'Man: A course of Study'*, entre otros, recibieron fondos federales, a menudo conforme a la National Defence Education Act. En algunos casos, esto puede haber sido un instrumento constitucional para asignar dinero, pues el sistema federal en los Estados Unidos reserva las competencias y responsabilidades educativas a los Estados, mientras que la defensa nacional es una responsabilidad federal. Sin embargo, un número significativo de congresistas estaban convencidos de que la educación en ciencias estaba necesitada de "recobrar la superioridad", lo cual se percibía como necesidad para la supervivencia militar, en grado suficiente para asignar recursos destinados al desarrollo del currículo de ciencias.

Cursos nuevos como los mencionados encontraron oposición en muchas ocasiones porque sectores significativos de la población presentaron unas u otras objeciones al contenido de los textos. La más ruidosa fue la referida al nuevo currículo de Biología elaborado por el *'B.S.C.S.'* En Texas, por ejemplo, la enérgica oposición a los libros incluidos en la relación de cursos aprobados para su uso en el Estado, provocó tanto interés público que las necesarias audiencias públicas fueron televisadas en directo, de manera que las personas opuestas al planteamiento de la teoría evolucionista o de la sexualidad humana defendieron sus criterios (Grobman, 1969, p.210). Tal oposición refleja puntos de vista hondamente sentidos sobre la función de las escuelas en la sociedad y especialmente sobre el papel que juegan en cuestiones de moral y religión. Tal oposición no se restringe en absoluto a los temas biológicos, aunque éstos constituyen obviamente áreas sensibles, toda vez que afectan a la imagen que trazan de los individuos. Recientemente ha habido en Inglaterra oposición a enseñar a los alumnos a utilizar la tecnología de la información a lo largo de todo el currículo, una objeción que yo encuentro difícil de comprender pero que tiene raíces en el punto de vista religioso de un grupo minoritario de cristianos fundamentalistas.

Como indica Fensham (1986, 1988), los cursos desarrollados por los movimientos reformistas de los años sesenta, fueron elaborados por científicos de élite en función de los intereses de una élite, siendo fuertemente conceptuales, con énfasis sobre la estructura del conocimiento y trabajo empírico de laboratorio.

Ahora, la posición básica dominante en los Estados Unidos está a favor de la **cultura científica básica**, con menor enfoque de tipo nacionalista. Por ejemplo, la American Association for the Advancement of Science (A.A.A.S.) arguye que

“No tiene la educación un propósito más alto que el de preparar a las personas para llevar vidas responsables en las que se realicen. La educación científica, por su parte —entendiendo por tal educación en ciencias, Matemáticas y Tecnología—, debería ayudar a los estudiantes a desarrollar las interpretaciones y hábitos mentales necesarios para convertirse en seres humanos comprensivos capaces de pensar por sí mismos y mirar a la vida de frente. ...

Sin embargo, está en entredicho algo más que la realización individual y el interés nacional inmediato de los Estados Unidos. Los problemas más serios que encaramos ahora los seres humanos son globales: crecimiento incontrolado de la población en muchas partes del mundo, lluvia ácida, la escasez de lluvias en los bosques tropicales y de otras grandes fuentes de diversidad de las especies, la polución del medio ambiente, la enfermedad, las tensiones sociales, las desigualdades extremas en la distribución de la riqueza mundial, las enormes inversiones de inteligencia humana y de recursos en prepararse para las guerras y en llevarlas a cabo, la amenazante sombra del holocausto nuclear... la lista es larga y es alarmante.” (Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, 1989, p.12)

La A.A.A.S. sigue diciendo:

“El potencial para mejorar la vida de la ciencia y la tecnología no puede ser actualizado a menos que el público en general lleve a comprender la ciencia, las matemáticas y la tecnología y a adquirir hábitos mentales científicos; sin una población con educación científica, las perspectivas de un mundo mejor no son prometedoras.” (p.13)

La mayor parte del informe de la A.A.A.S. subraya lo que cree necesario que los americanos conozcan para conseguir estos amplios objetivos, que se resumen en la expresión “producir una población alfabetizada científicamente”. Hay capítulos relacionados con la naturaleza de la ciencia; conceptos necesarios que explican el mundo físico, el entorno vivo, el organismo humano y la sociedad y el “mundo proyectado” producido por los seres humanos, así como conceptos matemáticos necesarios; perspectivas históricas; y los valores, actitudes y habilidades que producen los deseables “hábitos mentales” necesarios para conseguir los propósitos principales de la educación científica.

Me he referido al ejemplo americano **como un ejemplo**, no porque sea necesariamente el mejor conjunto de respuestas a la cuestión “¿Por qué enseñar ciencia?”. Su valor como ejemplo es que nos recuerda la estrecha relación entre el currículo diseñado y un análisis de las necesidades y propósitos de la sociedad.

El Apéndice contiene un conjunto de respuestas a la pregunta “¿Por qué enseñar ciencia?” elaboradas en diferentes ocasiones y lugares. Resulta un ejercicio interesante adivinar cuándo y dónde fueron escritas antes de comprobar la fuente y reflexionar sobre los supuestos relativos a la sociedad de que sus autores partían. No hay espacio para seguir trabajando sobre esos ejemplos en esta etapa, pero sí para recalcar que resulta fútil buscar una respuesta universal, desvinculada del contexto histórico y social.

Como es natural, los objetivos sociales pueden influir tanto en **cómo** enseñamos ciencia, como también en **qué** es lo que enseñamos.

Mi primer ejemplo ilustra por qué no podemos considerar aisladamente las cuatro influencias básicas sobre el currículo indicadas en la Figura 1. Una de mis propias respuestas a la pregunta “¿Por qué enseñar ciencia?” es “asegurarse de que los estudiantes aprecian el valor del argumento racional y el uso de la evidencia”, porque pienso que los miembros de una sociedad deberían ser animados a cuestionarse ideas previas y conclusiones y, donde fuera adecuado, a actuar sobre la base de la valoración racional de la evidencia. Al mismo tiempo, estoy interesado en asegurar que los estudiantes aprendan los conceptos básicos del tema que se está estudiando. Para ilustrar la forma en que he desarrollado algunos de mis propios métodos de enseñanza para conseguir alcanzar ambos objetivos simultáneamente, utilizaré un ejemplo sobre cómo

enseñar a estudiantes de primer año de universidad las técnicas de disección y la estructura de organismos determinados.

En 1967 era yo responsable del curso básico de laboratorio cuyo objetivo era introducir a los estudiantes de primer año de Universidad en los fundamentos de la biología. Incluimos la disección de una lombriz. Los especímenes que utilizábamos eran indignos del Adelaide Hills, incluso extendidas pasaban de 5 mm de diámetro. Contraídas sobrepasaban con mucho 1 cm de diámetro, y por lo tanto eran relativamente fáciles de diseccionar. La primera versión de nuestra guía de disección era relativamente tradicional y explicaba dónde cortar y qué observar. Sin embargo, quedé un poco perplejo al comprobar, una vez examinados los dibujos integrantes del informe del ejercicio, que la mayor parte de los estudiantes parecían haber copiado sus diagramas del libro de texto. El fundamento de mis sospechas procedía de los errores en la ubicación de las vejigas circoesofágicas, los “corazones” del gusano. Casi invariablemente aparecían emplazadas en los segmentos en los cuales están situadas en la lombriz europea, que era la especie ilustrada en los textos de los estudiantes. En la especie de Australia del Sur, había una diferencia de unos siete segmentos en la localización de los “corazones”. Cuando acusé a los alumnos de copiar el diagrama, muchos lo negaron con energía, por lo que observé al grupo siguiente mucho más estrechamente. Pocos, si es que había alguno, copiaban deliberadamente del texto, pero lo utilizaban como base para hacer sus observaciones. A partir de su lectura del texto, sabían dónde era de esperar hallar los “corazones”; sabían que no eran muy expertos en disección; y cuando no eran capaces de ver los corazones en el sitio en que esperaban encontrarlos, daban por supuesto que las estructuras habían sido destruidas por sus inhábiles tentativas. En consecuencia, “reconstruían” el tejido usando sus agujas de disección para empujar los segmentos rotos hasta posiciones donde pudieran convencerse a sí mismos de que habían visto los corazones. Mi solución fue reescribir el manual de laboratorio, en el sentido de pedir a los estudiantes que comparasen críticamente la estructura interna de las especies que estaban diseccionando con la de las ilustradas en el libro de texto. Se les decía que prestaran especial atención a la posición relativa de los órganos internos principales. Si bien este cambio de instrucciones no aseguraba que los estudiantes realizaran observaciones “perfectas”

tas”, la mayoría de ellos lo hizo, y la calidad general del trabajo mostró una mejora sustancial. Como inesperado plus, la confianza en sí mismos de los estudiantes también mejoró.

Otras clases de laboratorio fueron rediseñadas siguiendo las mismas líneas (para un ejemplo ver Lucas, 1969), de forma que la mayor parte de los ejercicios tenían como mínimo dos de los siguientes propósitos: proporcionar a los estudiantes una introducción a una técnica experimental, animarlos a pensar sobre las relaciones entre el planteamiento de la investigación y la evidencia que se obtiene de ella y la ejemplificación de conceptos biológicos. Obsérvese que estos propósitos reflejan el punto de vista de los organizadores del curso sobre la función de una educación universitaria en ciencias. Otros puntos de vista habrían producido un currículo diferente.

Mi segundo ejemplo, que desarrollaremos con más detalle en uno de los talleres relacionados con esta conferencia, considera lo que significaría enseñar de forma “medioambiental”, dado el creciente interés público en utilizar el currículo escolar como medio de conseguir objetivos medioambientales. Si un énfasis medioambiental es un objetivo de la educación en ciencias, ¿qué implica esto con referencia a la elección de los conceptos a incluir y a la forma en que se enseñen?

Otra forma de proponer la misma cuestión es preguntar “¿Qué partes del currículo tradicional de Biología habría que omitir si hubiera un énfasis medioambiental en el currículo?”. Es difícil pensar en mucho que no tuviera derecho a ser incluido, aunque el conocimiento detallado de la anatomía de una serie de organismos podría ser difícil de justificar. Lo que cambiaría es el énfasis que habría que dar al tema, la forma en que el alumno sería motivado y la secuencia de la enseñanza.

Un enfoque medioambiental de la fotosíntesis es un ejemplo claro, donde los aspectos tradicionales del tema —intercambio de gases incluyendo la respiración, captura de energía y transferencia vía cadena alimenticia; los cambios bioquímicos; y los rasgos atómicos asociados con el control de la pérdida de agua y la absorción de energía— sería tratada desde el punto de vista de un ciclo de carbono global y el “efecto invernadero” como consecuencia de la emisión de más dióxido de carbono del que es fijado en el material orgánico por la fotosíntesis. No es difícil pensar en el tratamiento

medioambiental de la Genética (centrado sobre las reservas de plasma germinal y sobre los sistemas biotecnológicos de control de la polución introduciendo genes específicos en organismos para permitirles utilizar y degradar contaminantes), taxonomía (biodiversidad), evolución y adaptación (extinción, cambio climático, desertización y biogeografía) y Fisiología humana (control de población, respuesta a contingencias medioambientales).

La "investigación" en este área de la influencia curricular tiene dos dimensiones principales.

La **historia del currículo** trata de comprender los orígenes del énfasis que se presta y de las elecciones que se realizan. Esto es de poca relevancia directa para el encargado de desarrollar un nuevo currículo, pues sus motivos son explicativos, no predictivos. Sin embargo, tiene la importante función de recordar a ese encargado del desarrollo que hay otras formas de plantear los problemas, que lo "obvio" no es siempre el único método posible. Ejemplos de historia del currículo de interés para los educadores en ciencias aparecen incluidos en Goodson (1983, 1987), Waring (1979), Layton (1973). Mi propio informe (Lucas, 1980a, b) sobre la adaptación del material americano 'B.S.C.S.' a las condiciones australianas es un ejemplo de este género, aunque con un enfoque restringido.

El segundo punto a destacar de la "investigación" en este área relacionada con el currículo es efectivamente un **análisis político**, dedicado a analizar las necesidades curriculares del momento y, a menudo, a actuar sobre ellas. Toma la forma con frecuencia de un documento oficial o semioficial, estableciendo los objetivos del gobierno o de un grupo de presión y en muchos casos proponiendo abiertamente un cambio. Muchos de los autores relacionados con tales documentos no reconocerán que están haciendo elecciones manifiestas entre todos los posibles enfoques, y sus documentos se convierten en una parte de la materia prima a disposición de los historiadores del currículo. El ya mencionado informe A.A.A.S. es un ejemplo de elaboración de uno de tales análisis, como también lo son los informes de los ministerios español y británico de Educación y Ciencia en la década de 1980 (Reino Unido, Department of Education and Science, 1989; Ministerio de Educación y Ciencia, 1989), todos los cuales contienen informes semioficiales que a menudo toman por realidades lo que son impe-

rativos políticos del momento y no entran a examinarlos. A veces, determinadas personas pueden influir sobre un análisis de este tipo que carezca del soporte de un grupo de presión importante, como fue el caso de Black y Harrison (1986) por lo que se refiere a la Tecnología escolar en Gran Bretaña.

En resumen:

- los objetivos de la educación en ciencias están fuertemente influidos por los puntos de vista, explícitos o implícitos, acerca de la sociedad en la cual se está desarrollando el currículo;
- estos objetivos cambian con el tiempo y, por ende, también cambian los imperativos curriculares;
- la historia de la investigación curricular busca, entre otras cosas, analizar y explicar las influencias sociales sobre lo que se enseña y sobre la forma en que es enseñado;
- los análisis de política curricular avalan a menudo la ortodoxia del momento, y a veces necesitan ser examinados críticamente para poner de manifiesto los supuestos a partir de los cuales se está preparando el currículo.

Supuestos previos sobre el Profesor

Todo desarrollo curricular ha de contener algún punto de vista sobre el papel del profesor. No todos los encargados de ese desarrollo y autoridades educativas comparten el mismo punto de vista, y algunos intentos de transferir materiales curriculares entre unos y otros países han encontrado dificultades porque las diferencias entre los supuestos no han sido identificadas.

En este análisis resulta útil considerar la gama de tareas relacionadas con la formulación, enseñanza y evaluación del currículo. La Figura 2 agrupa algunas de las tareas, diferenciando las que tienen lugar antes de que el profesor entre en el aula, las que pueden tener lugar dentro de la misma y aquéllas que pueden llevarse a

cabo fuera de la clase formal. La ubicación de dichas actividades puede variar, como lo muestran las llaves que en parte se superponen. El diagrama indica también con \checkmark aquellas actividades de las cuales el profesor es responsable según varios conjuntos de supuestos sobre su papel.

	A	B	C	D	E
Antes de la clase	Determina propósitos y objetivos	\checkmark			
	Selecciona conceptos	\checkmark	\checkmark		
	Produce material	\checkmark	\checkmark		
	Selecciona material (ejemplos)	\checkmark	\checkmark	\checkmark	\checkmark
En la clase	Presenta material	\checkmark	\checkmark	\checkmark	\checkmark
	Dirige las clases	\checkmark	\checkmark	\checkmark	\checkmark
	Aplica pruebas de evaluación	\checkmark	\checkmark	\checkmark	
Después de la clase	Imparte enseñanza de recuperación	\checkmark	\checkmark	\checkmark	
	Realiza la evaluación final	\checkmark	\checkmark		
	Certifica	\checkmark			

Figura 2: Cinco supuestos sobre las responsabilidades del profesor

El profesor que trabaja bajo el conjunto de expectativas marcadas bajo A es totalmente responsable en todos los aspectos del currículo y puede ser considerado como un **profesional completamente autónomo**. En realidad, hay pocos profesores que tengan

control sobre la función de “certificación”, esto es, expidiendo un certificado que goce de amplio reconocimiento fuera de la escuela. El ejemplo más próximo del que tengo experiencia, aparte de algunos aspectos de la enseñanza universitaria en muchos países, fue cuando empecé a enseñar en 1963 en una escuela que estaba “reconocida” por las autoridades examinadoras y tenía libertad total para diseñar, impartir y aplicar exámenes en sus propios cursos, e informar a las Universidades Victorianas y al Schools Examination Board de los resultados obtenidos por los estudiantes, a los que el Servicio expedía un certificado oficial que no hacía distinción entre las escuelas cuyos alumnos eran examinados por el Servicio y los de las escuelas reconocidas. Hubo un esquema similar ampliamente utilizado en Gran Bretaña hasta hace poco, los llamados esquemas “Modo-3”, donde los profesores diseñaban un currículo que era aprobado por el Servicio, y según el cual los profesores examinaban a los alumnos para la obtención del certificado expedido por dicho Servicio.

Los profesores que trabajaban bajo estos esquemas “Modo-3” estaban cercanos al modelo **B** de la Figura 2. Pueden ser considerados como **profesionales que trabajan dentro de márgenes amplios**. Siempre y cuando pudieran convencer al Servicio de Exámenes de que el currículo que proponían entraba dentro de las reglas de contenido y sistema de evaluación, eran libres de utilizar su criterio profesional.

El supuesto subyacente a muchos de los cursos Nuffield en Gran Bretaña al principio de la década de 1960 viene representada en la Figura 2 por la columna **C**. Los equipos de proyectos curriculares establecieron metas y objetivos y elaboraron materiales para alcanzar éstos. En muchos casos, se elaboraron más materiales de los que un profesor podría utilizar en un curso de longitud normal, y el empleo de “Un Esquema Muestra” en el título del curso de Química recalca la recomendación de que el profesor ejercitaría su criterio profesional al seleccionar partiendo del material elaborado y posiblemente confeccionaría su propio material conducente al logro de los mismos objetivos. La mayor parte de estos proyectos veían al **profesor como un modificador** de materiales, del cual se esperaba que enseñara con objetivos predefinidos, seleccionando de entre los materiales que se le proporcionaban y preparando alumnos para un examen propuesto por

el Servicio de Exámenes que certificaría oficialmente los resultados (cfr. Lucas y Chisman, 1973, para más detalles sobre los cursos Nuffield).

Los materiales curriculares preparados bajo los supuestos de la columna **D** contemplan a los **profesores como técnicos**, presuoniéndose su capacidad como expositores, pero siendo casi todo lo demás realizado por personas ajenas, trátase de escritores de libros de texto trabajando según directrices marcadas por un organismo oficial o elaboradores de un proyecto curricular formal. Un ejemplo de curso de ese tipo es el '*Nuffield Co-ordinated Sciences course*' de los años 80. Los autores del mismo proporcionan un conjunto estructurado muy cuidadosamente de materiales de enseñanza, agrupados en tres volúmenes, Biología, Química y Física, y secuenciados de tal modo que, por ejemplo, los conceptos de energía se introducen en cada una de las tres áreas de modo consecuente y en una forma diseñada coherentemente para estructurar los conceptos. Aunque puede haber un cierto número de caminos para el uso de tal material (cfr. Waheed y Lucas, 1992), dichos caminos están predeterminados y cualquier desviación de ellos daría como resultado una exposición distorsionada. Las capacidades profesionales del profesor se contemplan con criterio limitativo, quedando restringidas a las de presentación, diagnosis y recuperación, con sólo alguna posibilidad de que el profesor seleccione ejemplos alternativos para ilustrar los puntos expuestos.

El punto de vista más extremo, columna **E**, ha sido llamado el **currículo a prueba de profesor**. En esta concepción el profesor tiene casi todo preparado por alguien ajeno, a veces incluso las preguntas que debe realizar al utilizar el material. Resulta característico que estos materiales curriculares hayan sido elaborados en épocas de carencia de profesorado, cuando el docente que los va a emplear no ha sido especializado para el tema que debe enseñar. A menudo, los materiales incluyen —o se limitan a— fichas de trabajo que han de rellenar los alumnos sesión a sesión, incluyendo cada ficha detalles de pequeños experimentos a realizar y series de cuestiones cuidadosamente estructuradas para guiar a los alumnos a través de actividades escritas, diseñadas para conseguir la asimilación, tanto de los conceptos como de los ejemplos especificados por el equipo autor de las fichas. El profesor se convierte en un dispensador de fichas en su orden correcto, en administrador del

equipamiento del aula y en mantenedor de la disciplina. El '*Junior Secondary Science Project*', publicado en los años 60 en Victoria, Australia, era un ejemplo sofisticado de esto, con una secuencia ramificada dependiendo de la velocidad a la que los alumnos avanzaban a través del material y de su rendimiento según pruebas de evaluación. Se contemplaban tanto actividades de profundización como de recuperación.

Sin embargo, los currículos "a prueba de profesor" no pueden resultar efectivos para adaptar ejemplos a los contextos, intereses y experiencias previas de los alumnos. Casi por definición, no hay posibilidad de apartarse del guión para aprovechar las oportunidades ofrecidas por fenómenos contingentes, tales como una sequía, una inundación, un eclipse o un programa de televisión.

Es importante observar que incluso dentro de un mismo sistema educativo, pueden existir simultáneamente más de uno de estos enfoques. No es inusual contar con un modelo diferente en distintos niveles educativos; un ejemplo típico sería tener docentes trabajando en la categoría **plenamente autónomo** con niños pequeños, especialmente en edad preescolar, y por otra parte en la Universidad. Análogamente, incluso dentro de las enseñanzas medias, puede ocurrir que algunos especialistas trabajen en el nivel **B**, mientras que a otros a los que se les da un conjunto de planes lectivos predeterminados, sean tratados como si estuvieran en el nivel **E**. En algunas escuelas secundarias británicas, por ejemplo, el Jefe del Seminario de Ciencias puede ejercer una tutela tan estricta que conduzca a su personal al nivel **D**, y eventualmente al **E**, mientras que él mismo funciona al nivel **B**.

Con el énfasis que se ha puesto en la normativa curricular centralizada en Gran Bretaña durante los últimos cinco años, el papel asumido "oficialmente" por el profesor se ha ido moviendo hacia la derecha de la Figura 2. Y, lo que es más importante, muchos profesores están empezando a verse a sí mismos en un papel de técnicos, quedando su capacidad de elección limitada a seleccionar el libro de texto o el paquete curricular escrito por autores comerciales de acuerdo con una especificación de objetivos generales y específicos, elección de contenido y, hasta cierto punto, método de exposición, especificado legalmente por el Gobierno, que también gestiona la evaluación y expedición de títulos. En realidad, la legislación permite a las escuelas y a los docen-

tes más competencias, si es que deciden hacer uso de ellas. Ciertamente podrían elaborar su propio material y moverse más cerca del extremo "autónomo" del espectro.

Muchas de las diferencias en la orientación metodológica entre investigadores en innovación curricular británicos y americanos durante los años 70 pueden interpretarse en función de distintas presunciones implícitas sobre el papel del profesor. Los rígidos modelos psicométricos de evaluación curricular ejemplificados por Stufflebeam et al. (1971) minimizan las diferencias entre docentes como variables explicativas, realizando la implícita presunción de que el profesor es un técnico, "dispensador" del currículo que está siendo evaluado. Los estudios de este tipo pueden ser simplificados identificándolos como los que plantean la pregunta "¿Consigue el curso X sus objetivos?". Estudios como los llevados a cabo por Kelly y sus colegas en el Chelsea College Centre for Science Education (cfr. Harding, Kelly y Nicodemus, 1976, para un repaso) y Stenhouse y su grupo en el Centre for Applied Research in Education (cfr. Stenhouse, 1975) estaban mucho más interesados en responder a preguntas sobre innovaciones curriculares y su difusión. La misma identificación de los docentes como "adoptadores tempranos y adaptadores", o como "técnicos en investigación" y "propietarios" del currículo, que marca las interpretaciones de esa escuela de investigación, presupone que los docentes están funcionando en el nivel B o en el A de la Figura 2.

Aunque tales investigaciones tienen escasa influencia sobre un nuevo currículo, ya que los resultados de estudios de este tipo son mucho más útiles como explicaciones de situaciones preexistentes que como predicciones de otras nuevas, es importante reconocer que la mera publicación y difusión de series de estudios que tienen en común las mismas presunciones no comprobadas, pero "tomadas como ciertas", sobre el papel del docente, pueden crear un conjunto de expectativas capaces de sobrevivir a un cambio de circunstancias o ser transferidas de forma acrítica a un nuevo contexto. Análogamente, una transferencia acrítica de cursos basados sobre un conjunto de presunciones sobre el papel del profesor a una cultura que tiene unas presunciones implícitas distintas, puede estar condenada al fracaso.

El papel de la investigación curricular desde esta perspectiva ejerce, pues, su influencia sobre el desarrollo del currículo por

caminos indirectos y puede no ser útil de forma inmediata a los responsables de dirigir el cambio, excepto como recordatorio para cuestionar los supuestos implícitos sobre el papel del profesor que mantienen ellos mismos y los que elaboran los materiales objeto de examen.

Es importante también recordar la influencia de los supuestos relativos a las responsabilidades de los docentes sobre los programas de formación de profesores. No es este el momento de discutir en detalle las relaciones mostradas en la Figura 1. Apuntaré sólo que un programa diseñado para sistemas que consideran al docente como un técnico, centrarán su atención en cómo enseñar lo que ya está en el currículo. La formación, en un sistema que parte del supuesto de un profesional totalmente autónomo, enfatizará sobre el análisis educativo y el conocimiento profundo de la materia objeto de la asignatura, así como sobre las habilidades técnicas para el manejo del material de aula y el uso efectivo del repertorio de técnicas de enseñanza.

No entraré aquí a considerar estudios sobre documentación de actividades de aula, como los iniciados por Flanders (1960) y elaborados durante la década siguiente (Hough y Duncan, 1970). Estos estudios, que centran su atención en el acto de enseñar, pueden ser muy informativos, pero no están estrictamente determinados por los supuestos sobre las responsabilidades globales de los profesores, aunque el currículo que un profesor está utilizando influirá obviamente los métodos de investigación y la interpretación de resultados. En los términos planteados por el modelo presentado en la Figura 1, los estudios de aula de profesores y enseñanza son más informativos sobre las otras tres áreas, y algunos estudios de este tipo se han citado ya en secciones importantes de este capítulo.

En resumen,

- los profesores con completa autonomía profesional tienen pleno control sobre su enseñanza y no están constreñidos por proyectos de desarrollo curricular;
- muchos proyectos de desarrollo curricular formal tratan implícitamente al profesor como a un técnico que “dispensa” el currículo elaborado y estructurado por otras personas;

- un currículo totalmente “a prueba de profesor” resultará probablemente estéril, con muy poca posibilidad de adaptar el material a los intereses, habilidades y experiencias previas de los alumnos;
- las diferencias de estilos de investigación en materia de innovación curricular pueden estar relacionadas con las presunciones implícitas sobre el papel del docente mantenido por diferentes tradiciones;
- la investigación de estas tradiciones tiene poco interés directo para los encargados de desarrollar el currículo, pero puede influir sobre las presunciones inconscientes que hagan.

Supuestos previos sobre el Discente

Como se indica en la Figura 1, es necesario tener en cuenta tanto los supuestos sociológicos como psicológicos sobre el discente cuando se considera cómo el desarrollo curricular recibe influencias desde esta perspectiva.

Muy recientemente la influencia dominante en la educación en ciencias ha sido psicológica, especialmente la psicología del aprendizaje. A causa de su preponderancia, no la trataré tan exhaustivamente como he hecho con las otras perspectivas y no intentaré poner a revisión la bibliografía sobre las diversas tradiciones de la teoría del aprendizaje. Mi propósito es situar ese trabajo en el contexto proporcionado por la Figura 1.

Los que desarrollan el currículo pueden considerar a los discentes como “un conjunto de leyes de aprendizaje”, pero distintas teorías sobre el aprendizaje influirán las decisiones sobre la selección, estructuración y secuenciación de dicho aprendizaje.

Por ejemplo, quienes consideran a los discentes como elementos que reflejan los pasos subrayados por Gagné en las diversas ediciones de *The Conditions of Learning* (3ª ed., 1977), proseguirán una investigación conducente a determinar las relaciones entre los conceptos que conducen a una jerarquía de aprendizaje válida. Ejemplos de tal investigación están constituidos por los estudios

que Gagné y White revisaron (1978), y el primer ejemplo de un proyecto curricular inducido por estas teorías es '*Science: a process approach*', patrocinado en los años 60 por la A.A.A.S.

Por el contrario, quienes consideran a los discentes desde un esquema piagetiano tradicional construirán, si son coherentes, el currículo tratando de clasificar y secuenciar los conceptos que hay que aprender de acuerdo con las adecuadas etapas piagetianas. El '*Australian Science Education Project*' (cfr. Lucas, 1972) dio por supuesto que, para algunos temas, los alumnos tendrían que haber alcanzado los "estadios de pensamiento formal" y que otros conceptos eran accesibles a pensadores concretos terminales. De acuerdo con esto, el equipo elaboró material curricular en tres tomos, correspondientes a los estadios concreto inicial, concreto terminal y formal, según el esquema de Piaget. La crítica de Shayer y Adey (1981) desarrolla el tema tal como ha sido aplicado tradicionalmente. Su trabajo más reciente, aunque todavía guiado por las nociones piagetianas, proporciona explícitamente la experiencia de fenómenos que son considerados como característicos del pensador concreto inicial en las descripciones de Piaget, de forma que el estudiante está en situación de beneficiarse por la instrucción en conceptos más abstractos. Los efectos a largo plazo de su '*Cognitive Acceleration in Science Project*' son expuestos por Shayer y Adey (1992).

Actualmente el principio guía más de moda en psicología es alguna variedad de psicología "constructivista", asociada a menudo con los estudios de los llamados esquemas alternativos que los alumnos asumen para diferentes conceptos científicos. La edición especial del *International Journal for Science Education* (Volumen 11, número 5, 1989) editado por Rosalind Driver, proporciona un ejemplo adecuado de ese trabajo, como también los informes de Giordan y Martinand (1986). Puede haber serios problemas filosóficos con algunas de las apologías del constructivismo en esa bibliografía (cfr. la crítica de von Glaserfeld -1989- por Suchting -1992-), pero no hay duda de que el trabajo en tal línea ha ejercido notable influencia, de tal forma que los supuestos que de él se derivan son subyacentes, en gran medida, al informe proporcionado a los profesores en el Currículo Científico Nacional Inglés y también al elaborado en España (M.E.C., 1989).

Sin embargo, existe poco fundamento teórico para el trabajo que nos permitirá predecir cómo reaccionará el alumno individual incluso al aprender cualquiera de los conceptos que han sido explorados; y ciertamente no hay ningún principio guía para predecir su reacción ante los temas no estudiados todavía.

No quiero decir que el trabajo de los últimos doce a quince años haya carecido de valor. En su nivel más bajo, han puesto de manifiesto un conjunto de preconcepciones ampliamente extendidos entre los niños, algunos de las cuales son de ámbito internacional (especialmente los preconcepciones de corriente eléctrica, donde el trabajo de Shipstone -1985- ha sido ampliamente confirmado, por ejemplo por Gauld -1989- y Ruiz Sáenz de Miera -1991-), mientras que otros han resultado estar relacionados con el contexto lingüístico (por ejemplo la réplica de Villabi y Lucas -1991- del trabajo clásico de Bell -1981-). Al menos, estos estudios han confirmado lo que muchos buenos profesores sabían desde hace mucho tiempo: que los alumnos pueden malinterpretar conceptos en la medida en que se utilicen en el léxico cotidiano.

Quizás los estudios en cuestión han mostrado a los profesores que los alumnos de sus clases no son los únicos en cometer esos errores comunes, tranquilizándolos al demostrarles que los errores de los alumnos no son el resultado de la incompetencia de los profesores!

Basándome en el presente trabajo, creo que las siguientes afirmaciones pueden considerarse justificadas:

- Ningún encargado de desarrollar un currículo puede evitar el realizar algunos supuestos sobre la forma en que aprenden los alumnos.
- La coherencia del planteamiento del aprendizaje es valiosa en un proyecto curricular.
- Es más fácil conseguir dicha coherencia si existe un modelo psicológico explícito.
- Parece haber poco en las diversas teorías existentes sobre el aprendizaje que permita realizar una elección psicológica entre ellas.

Resulta ser una conclusión en cierto sentido deprimente, pues sugiere que la enseñanza es un arte más que una ciencia. Sin

embargo, de modo parecido a cómo la medicina siempre alcanza el rango de ciencia basándose en la praxis, incluso si como ciencia está insuficientemente desarrollada para eliminar el criterio humano al diagnosticar y poner un tratamiento, los profesores y diseñadores curriculares cuentan ahora con muchas evidencias sobre lo que pueden hacer y diseñar. Tales evidencias ayudan a convertir la praxis educativa en un arte informado por el conocimiento, incluso no tratándose de una cuestión perfectamente predecible. En cualquier caso, mi punto de vista de genetista sugiere que los alumnos serán siempre tan heterogéneos, que resultará imposible asegurar un método único basado sobre una teoría del aprendizaje susceptible de ser puesta en práctica para guiar el aprendizaje de cada uno de los alumnos en cada uno de los temas.

Si volvemos a los supuestos previos sociológicos que subyacen a la visión del discente, podemos exponer de nuevo nuestro argumento a partir de las respuestas a la pregunta "¿Por qué enseñar ciencia?" que se dan en el Apéndice. Nótese que las respuestas primera y última de la lista hacen muy diferentes supuestos sobre la finalidad de la educación. La primera explicita claramente que la finalidad predominante es ayudar a los alumnos a enfrentarse con sus necesidades y deseos presentes: la ciencia estaba justificada al "poder contribuir al desarrollo intelectual, social y emotivo de los muchachos". O sea que los autores vieron al alumno como a un individuo, con deseos y necesidades actuales.

Por el contrario, la respuesta final de la lista mira claramente más allá, a las necesidades perceptibles de la vida adulta, toda vez que justifica la ciencia por su papel en la mejora de la vida de la persona entregada a la "esclavitud del trabajo manual", proporcionándole ¡el "consuelo de poder seguir con su rutina de una manera consciente"! El discente, en este caso, es considerado como un adulto incipiente con un conjunto de necesidades.

Naturalmente, los que planifican el currículo justifican con frecuencia su enfoque apelando a valores sociales, más que individuales, de la educación planeada. Los sentimientos de la respuesta 12 constituyen un ejemplo extremo de esta posición, pero hay otras más sutiles que pueden encontrarse en la bibliografía cotidiana de casi todos los países. Obsérvese que la justificación del extracto de

la reciente obra *Science for all Americans*, citada más arriba, está formulada en términos casi universales: los alumnos son considerados como agentes para la preservación del medio ambiente necesaria para la continuidad de la raza humana. En otras palabras, son contemplados como componentes de un sistema social.

La mayor parte de la investigación en esta línea se supone que clarifica los supuestos subyacentes a los currículos ya existentes y tiene la ventaja de recordar a los que actualmente están elaborando otros, cómo podría resultar ventajoso que explicaran esos supuestos sobre los alumnos, los cuales han de guiar inevitablemente sus trabajos de desarrollo curricular. Aunque quizá esto no hiciera más fácil su tarea, haría más coherente su enfoque.

Conclusión

No he proporcionado recetas. No les he dicho a Vds. qué investigación leer o poner en marcha para orientar el desarrollo curricular. No he elaborado una relación de áreas de investigación por orden de importancia.

Mi propósito ha sido más complejo que todo eso. Las lecturas realizadas por mí sobre enseñanza de las ciencias sugieren que es una materia influida por la moda y que ha habido épocas en que uno u otro de las cuatro focos de atención han sido predominantes, a veces con exclusión de los restantes. He intentado atraer la atención hacia áreas distintas de la psicológica, y eso en un momento en que quizá esté tomando forma una nueva moda, a saber, la naturaleza de la ciencia, que tal vez esté empezando a convertirse en el tema principal de preocupación de una nueva ola de investigadores. Todos los que estamos implicados en el desarrollo curricular necesitamos ser conscientes del papel de disciplinas y orientaciones distintas de las nuestras, aunque no seamos expertos en ellas.

Siempre tenemos algunos supuestos sobre todos los aspectos que he identificado; es mejor tenerlos en cuenta y tomar decisiones tales que esos supuestos efectuados resulten satisfactorios, incluso si, a causa de las circunstancias del momento, resulta que la atención preferente de investigación se concede a una u otra de las influencias existentes.

Apéndice

Algunas respuestas a la pregunta “¿Por qué enseñar ciencia?”

[Las fuentes de estas citas se relacionan al final de la Bibliografía. Puede ser un ejercicio interesante tratar de predecir el tiempo y el lugar en que fueron escritas estas citas antes de consultar la lista de fuentes.]

- 1 [El Proyecto] adoptó el enfoque de que la ciencia sólo podía justificarse en el currículo en función de que podía contribuir al desarrollo de los muchachos. Se decidió que la ciencia y sus métodos proporcionan una forma especial de interpretar el entorno y, por la propia naturaleza de la empresa, podía contribuir al desarrollo intelectual, social y emocional de aquéllos.
- 2 A través de la aplicación práctica del descubrimiento científico nuestra civilización está asumiendo un cambio constante. A su vez esos cambios dan lugar a situaciones que amenazan el bienestar de generaciones futuras. La prosperidad de nuestra civilización depende en la actualidad casi por completo del progreso científico. La sociedad debe responder con un control adecuado e inteligente.
- 3 Ciertamente, sobre todo por mor de ayudar a eliminar el misticismo que ha impregnado la ciencia, es por lo que el autor fue inducido a editar este libro.
- 4 [El enfoque propugnado] permite que sean las mismas características generales de carácter esencial las que definan los contenidos de la educación científica. Cualquier otro enfoque define el contenido de la educación científica desde dentro de la misma ciencia o, más exactamente, desde dentro de la comunidad profesional científica. ... El movimiento de educación medioambiental proclama que la crisis medioambiental que todas las sociedades están ahora afrontando constituye motivo suficiente para que los educadores en materia científica abduquen del papel de señores del currículo y acepten ese otro más modesto de servidores de un currículo esencial dedicado a este desafío medioambiental.
- 5 Para promover una actitud más comprensiva hacia aquéllos que están comprometidos en la persecución de la verdad y

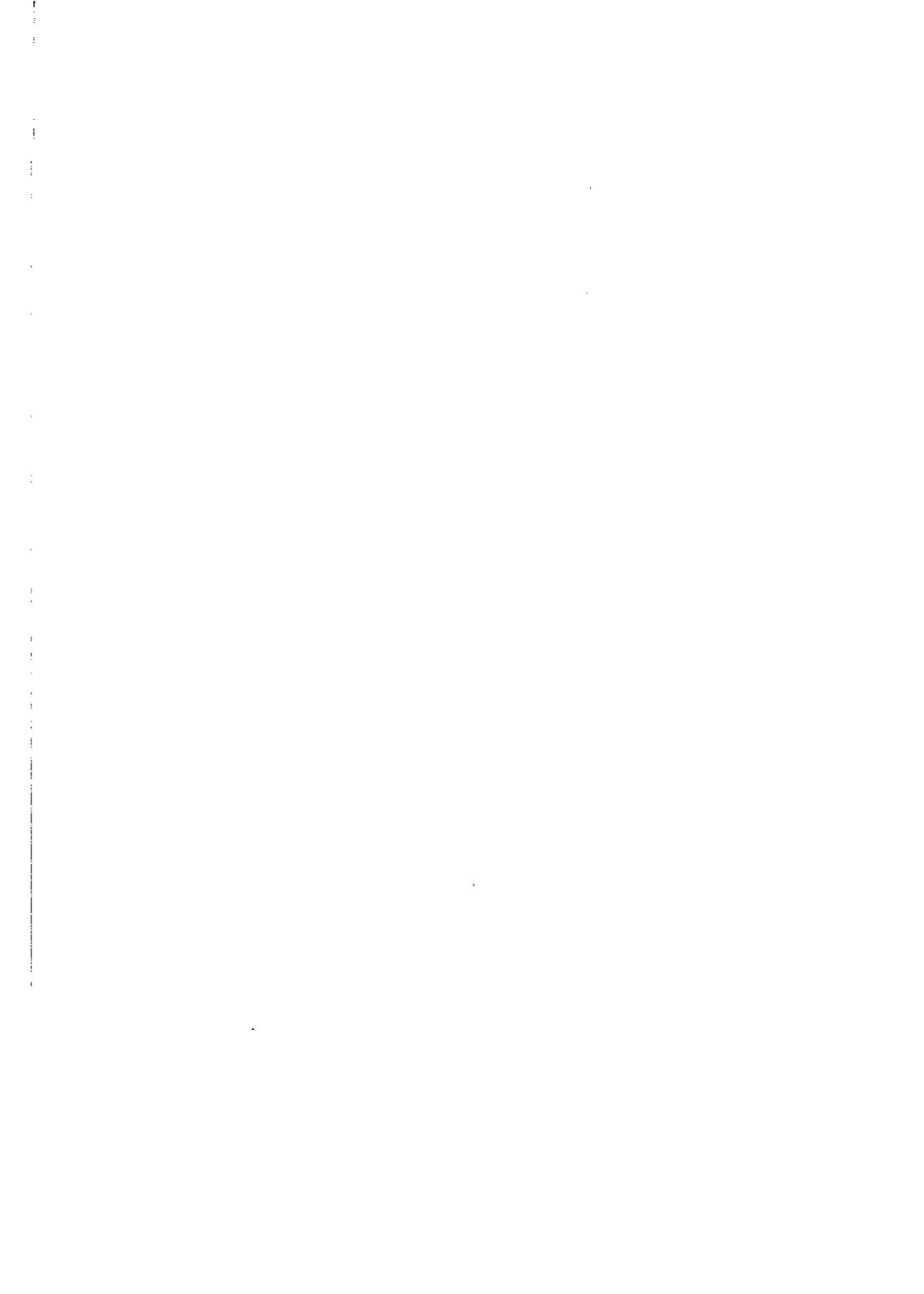
- para eliminar la concepción, no por admitida menos errónea, que prevalece en lo referente al significado e influencia de la ciencia.
- 6 El principal propósito educativo de la ciencia es desarrollar las capacidades de observación y pensamiento racional, así como las de mejorar el estatus intelectual y moral de ... los alumnos.
 - 7 Un estudio de la ciencia por la ciencia misma es un ejercicio tendente al refinamiento y elevación de todo sentimiento humano... La tarea de los profesores de ciencias es elevar la mente a través de la naturaleza hacia la naturaleza de Dios.
 - 8 Un estudiante debería comprender la relación entre investigación básica e investigación aplicada, así como la imbricación entre las innovaciones tecnológicas y los asuntos de la Humanidad.
 - 9 La razón principal por la que me atrevo a recomendar que la enseñanza de la Fisiología elemental debería constituir una parte esencial de cualquier curso que se organice sobre instrucción en materia de economía doméstica, es que un conocimiento por lo menos elemental de este tema proporciona aquellas concepciones sobre la constitución y modo de acción del cuerpo vivo y sobre la naturaleza de ese cuerpo vivo, así como sobre la naturaleza de la salud y de la enfermedad, que prepara la mente para recibir instrucción sobre la ciencia sanitaria. Es decir, consideraría altamente deseable que el higienista y el físico hallasen algo en la mentalidad colectiva a lo que pudieran apelar: algún pequeño conjunto de verdades universalmente reconocidas que sirvieran de base para sus advertencias y predispusieran a una obediencia inteligente de sus recomendaciones.
 - 10 El Proyecto trata de proporcionar a los alumnos la "oportunidad de comprender algo de los antecedentes científicos y de las implicaciones de problemas económicos, sociales y morales que nos conciernen a todos" y de equiparlos para la vida diaria, la cual supone "la necesidad de resolver problemas, de predecir las consecuencias de los actos y de evaluar las afirmaciones de los políticos, anunciantes o científicos."
 - 11 Espero seriamente que todo estudiante de ciencias se convertirá en un ardiente devoto de la investigación y en un exponente

del espíritu investigador, pues ése es el espíritu que se hace preguntas con la finalidad de hacer que las cosas sean mejor de lo que son y que urge a la humanidad hacia propósitos más altos y logros más valiosos en todos los aspectos de nuestras vidas.

- 12 [La tarea de la educación en ciencias] estriba en proporcionar las habilidades cognitivas necesarias para crear ese mayor número de ciudadanos con mentalidad científica que se necesita para permitir al mundo libre volver a alcanzar primero y mantener después una posición de superioridad científica.
- 13 Reconocemos plenamente el hecho de que el genio de nuestra raza ha encontrado una expresión muy rica y satisfactoria en una literatura y un arte de gran excelencia, pero debemos insistir en que la peculiar gloria intelectual de los pueblos de Occidente ha sido la creación de una ciencia de la naturaleza muchísimo más avanzada que en tiempos anteriores. Nadie puede considerar que ha sentido el espíritu europeo en su plenitud si nunca se ha excitado su imaginación ante esa gran aventura ideológica en la que estamos comprometidos: la exploración científica de los fenómenos naturales.
- 14 La educación en ciencias ... es importante para el público como también lo es para los científicos. ... En cualquier sociedad madura, la ciencia debería ser una parte absolutamente integral de la sociedad. ... ¿Hay alguna razón de que la excitación y satisfacción que el verdadero científico recibe en su búsqueda del conocimiento no pueda ser compartida por todo el mundo? Yo no lo creo. ... No puedo ver ningún motivo por el que el público en general, si la ciencia ha sido integrada en la educación recibida desde la niñez, no pueda seguir los desarrollos científicos de forma que ese seguimiento constituya una actividad gustosa, casi con la misma avidez con que sigue el fútbol profesional, el tenis o los torneos de ajedrez.
- 15 Así pues, a la cuestión que hemos planteado —¿qué conocimiento es más valioso?— la respuesta uniforme es el científico. Este es el veredicto desde todos los puntos de vista. Para la autopreservación directa, esto es, para el mantenimiento de vida y salud, el conocimiento plenamente importante es el científico. Para esa autopreservación indirecta a la que llamamos ganarnos la vida, el conocimiento de mayor valor es el

científico. Para la abdicación correcta de las funciones de paternidad, la guía más apropiada sólo se encuentra en la ciencia. Para esa interpretación de la vida nacional, pasada y presente, sin la cual el ciudadano no puede regular adecuadamente su conducta, la llave indispensable es la ciencia. De forma similar, para las más perfectas realizaciones artísticas y para la consecución del mayor disfrute del arte en todas sus formas, la preparación necesaria se llama una vez más ciencia. Y para fines de disciplina –intelectual, moral, religiosa– el estudio más eficiente es de nuevo la ciencia. Siendo como son necesarias y eternas sus verdades, toda la ciencia afecta a toda la Humanidad en todas las épocas. En el futuro más remoto, al igual que en el presente, ha de ser de importancia incalculable para la regulación de la conducta de los hombres el que éstos comprendan la ciencia de la vida, física, mental y social; y deberían entender todas las demás ciencias como una clave de la ciencia de la vida.

- 16 Los logros de la enseñanza científica derivan en la adquisición de conocimientos útiles y en el desarrollo de la capacidad para aplicar esos conocimientos a situaciones de la vida cotidiana. ... Los alumnos deberían comprender mejor la naturaleza del mundo que los rodea y de las tareas en las cuales se ocuparán en su vida laboral y profesional. Incluso en la servidumbre del trabajo manual, un trabajador debería tener el consuelo de poder seguir su rutina en forma comprensiva.



Bibliografía

- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1989): *Science for all Americans*. Washington: A.A.A.S.
- APPLE, M.W. (1971): The hidden curriculum and the nature of conflict. *Interchange*, 2(4), pp.27-41.
- BELL, B.F. (1981): When is an animal not an animal?. *Journal of Biological Education*, 15(3), pp.213-218.
- BLACK, P.J. y HARRISON, G. (1986): *In place of confusion: Technology and Science in the curriculum*. London, UK: Nuffield-Chelsea Curriculum Trust.
- BRUSH, S.G. (1974): Should the History of Science be rated X?. *Science*, 183, pp.1164-1173.
- CAREY, S. et al. (1989): "An experiment is when you try and see if it works": a study of grade 7 students understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, pp.514-529.
- CHALMERS, A. (1982, 2ª ed.): *What is this thing called Science?*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- CHRISTIE, J.R.R. (1990): The development of the historiography of Science. En R.C. OLBY, G.N. CANTOR, J.R.R. CHRISTIE y M.J.S. HODGE (eds.) (1990): *Companion to the History of Modern Science*. London, UK: Routledge, pp.5-22.
- FENSHAM, P.J. (1986): *Science for all*. Ponencia presentada en el Annual Meeting de la American Education Research Association, San Francisco, CA.
- FENSHAM, P.J. (1988a): Approaches to the teaching of S.T.S. in Science education. *International Journal of Science Education*, 10, pp.346-356.
- FENSHAM, P.J. (1988b): Familiar but different: some dilemmas and new directions in Science education. En P.J. FENSHAM (ed.): *Development and dilemmas in Science education*. Lewes: Falmer Press, pp.1-26.
- FLANDERS, N.A. (1960): *Teacher influence, pupil attitudes and achievement*. Minneapolis: University of Minnesota.
- FRENCH, J. (1989): Accomplishing scientific instruction. En R. MILLAR (ed.): *Doing Science: Images of Science in Science education*. Lewes: Falmer Press, pp.10-37.
- GAGNÉ, R.M. (1977, 3ª ed.): *The conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart y Winston.
- GAGNÉ, R.M. y WHITE, R.T. (1978): Memory structures and learning outcomes. *Review of Educational Research*, 48, pp.187-222.

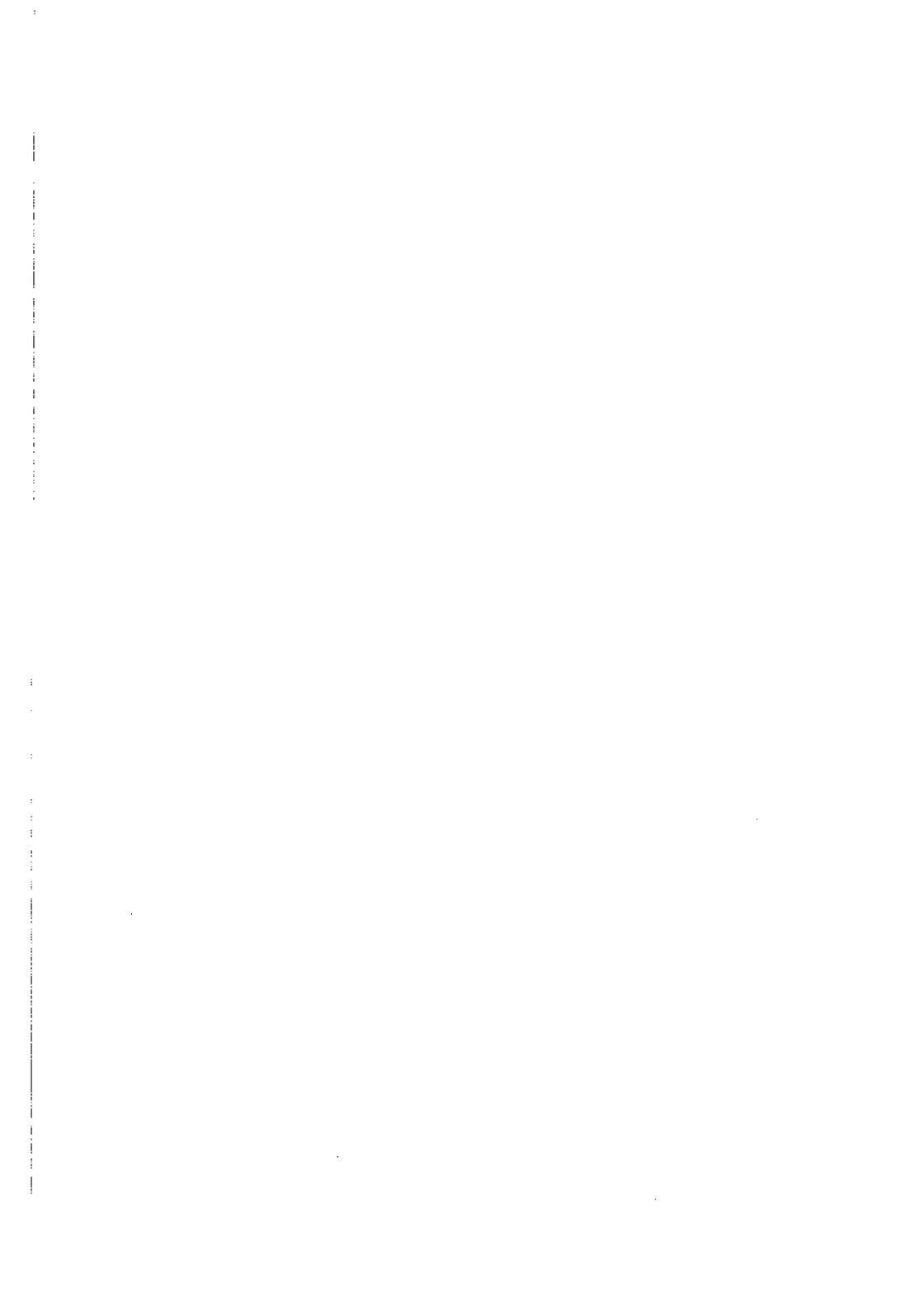
- GAULD, C. (1989): A study of pupils' responses to empirical evidence. En R. MILLAR (ed.): *Doing Science: images of Science in Science education*. Lewes: Falmer, pp.62-82.
- GIORDAN, A. y MARTINAND, J.L. (eds.) (1986): *Feuilles d'épistémologie appliquée et de Didactique des Sciences*, nº8.
- GLASERFELD, VON E. (1989): Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese*, 80(1), pp.121-140.
- GOODSON, I. (1983): *School subjects and curriculum change: case studies in curriculum history*. London, UK: Croom Helm.
- GOODSON, I. (ed.) (1987): *International perspectives in curriculum history*. London, UK: Croom Helm.
- GROBMAN, A.B. (1969): *The changing classroom: The role for the Biological Sciences Curriculum Study*. New York: Doubleday & Company.
- HARDING, J.M., KELLY, P.J., y NICODEMUS, R.B. (1976): The study of curriculum change. *Studies in Science Education*, 3, pp.1-30.
- HART-DAVIS, A. (1985): *Scientific eye*. London, UK: Bell & Hyman.
- HONEY, J.N. (1992): Progression in understanding history: its effects upon understanding the nature of Science. En S. HILLS (ed.): *The History and Philosophy of Science in Science Education*, vol. 1. Ontario, Canadá: Queen's University, pp.245-255.
- HONEY, J.N. (ed.) (1990): *Teaching the nature of Science*. Harlow: Longman for the Nuffield-Chelsea Curriculum Trust.
- HOUGH, J.B. y DUNCAN, J.K. (1970): *Teaching: description and analysis*. Addison-Wesley, Reading, Mass.
- LAYTON, D. (1973): *Science for the people*. London, UK: Allan & Unwin.
- LUCAS, A.M. (1969): Transamination: an exercise in experimental control. *Journal of Biological Education*, 3, pp.203-207.
- LUCAS, A.M. (1977): Should "Science" be studied in Science courses?. *The Australian Science Teachers Journal*, 23(2), pp.31-37.
- LUCAS, A.M. (1980): Science and environmental education: self praise, pious hopes and disciplinary chauvinism. *Studies in Science Education*, 7, pp.1-25.
- LUCAS, A.M. (1980a): The development of a curriculum monopoly in Australian secondary schools: *Biological Science: The Web of Life*. 1. Origins and spread. *Journal of Biological Education*, 14, pp.15-29.
- LUCAS, A.M. (1980b): The development of a curriculum monopoly in Australian secondary schools: *Biological Science: The Web of Life*. *Journal of Biological Education*, 14, pp.167-174.
- LUCAS, A.M. (1990): Varieties of Science education research: their

- application to the classroom. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp.205-214.
- LUCAS, A.M. y CHISMAN, D.G. (1973): *A review of British Science Curriculum Projects: implications for curriculum developers*. Columbus: ERIC/SMEAC, Ohio State University.
- MATTHEWS, M.R. (1989): History, Philosophy and Science teaching -a bibliography. *Interchange*, 20(2), pp.99-111.
- MATTHEWS, M.R. (1990): History, Philosophy and Science teaching -a rapprochement. *Studies in Science Education*, 18, pp.25-51.
- MILLAR, R. (1989): Bending the evidence: the relationship between theory and experiment in Science education. En R. MILLAR (ed.): *Doing Science: images of Science in Science education*. Lewes: Falmer Press, pp.38-61.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN y CIENCIA (1989): *Diseño Curricular Base, Educación Secundaria Obligatoria*, vol. 1. Madrid, España: M.E.C.
- MORGAN, D.G. (ed.) (1976): *Biological Science: The web of life. Teachers' Guide Part 1*. Camberra, Australia: Australian Academy of Science.
- NICKLES, T. (1990): Discovery. En R.C. Olby, G.M. Cantor, J.R.R. Christie, y M.J.S. HODGE (eds.): *Companion to the History of Modern Science*. London, UK: Routledge, pp.148-165.
- OLBY, R.C., G.N. CANTOR, J.R.R. CHRISTIE y M.J.S. HODGE (eds.) (1990): *Companion to the History of Modern Science*. London, UK: Routledge.
- PEDRETTI, E. (1992): "Science, Technology and Society education in Ontario: "Science in Society" from a teacher's perspective. En S. HILLS (ed.): *The History and Philosophy of Science in Science Education*, vol. 2. Ontario, Canadá: Queen's University, pp.245-255.
- PUMFREY, S. (1991): History of Science in the National Curriculum: a critical review of sources and their aims. *The British Journal for the History of Science*, 24, pp.61-78.
- ROUCEK, J.F. (1959): *The challenge of Science education*, New York.
- RUIZ SÁENZ DE MIERA, A., ROSADO, L. y OLIVA, J.M. (1991): Investigación de las ideas de los alumnos de enseñanza secundaria sobre la corriente eléctrica. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), pp.155-162.
- SHAYER, M. y ADEY, P. (1981): *Towards a Science of Science teaching: cognitive development and curriculum demand*. London, UK: Heinemann.
- SHAYER, M. y ADEY, P. (1992): Accelerating the development of formal thinking in middle and high school level students. II: Post project effects on Science achievement. *Journal of Research in*

- Science Teaching*, 29(1), pp.81-92.
- SHIPSTONE, D. (1985): Electricity in simple circuits. En R. Driver, E. GUESNE, y A. TIBERGHEN (eds.): *Children's ideas in Science*. Milton Keynes, UK: Open University Press, pp.33-51.
- SOLOMON, J. (1988): Science Technology and Society courses: tools for thinking about social issues. *International Journal of Science Education*, 10, pp.379-387.
- SOLOMON, J. (1989): The social construction of school Science. En R. Millar (ed.): *Doing Science: images of Science in Science education*. Lewes: Falmer Press, pp.126-136.
- SOLOMON, J. (1991): *Exploring the nature of Science*. Glasgow, Irlanda: Blackie.
- STENHOUSE, L. (1975): *An introduction to curriculum research and development*. London, UK: Heinemann.
- STUFFLEBEAM, D.L. et al. (1971): *Educational evaluation and decision making*. Itasca, Illinois: Peacock.
- UNITED KINGDOM, DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE (1989): *Science in the National Curriculum*. London, UK: Her Majesty's Stationary Office.
- VILLALBI, R.M. y LUCAS, A.M. (1991): When is an animal not an animal? When it speaks English!. *Journal of Biological Education*, 25, pp.184-186.
- WAHEED, T. y LUCAS, A.M. (1992): Understanding interrelated Topics: Photosynthesis at Age 14+. En imprenta, *Journal of Biological Education*.
- WARING, M. (1979): *Social pressures and curriculum innovation: A study of the Nuffield Foundation Science Teaching Project*. London, UK: Methuen.
- WHITAKER, M.A.B. (1979): History & quasi-history in Physics education, (Partes I y II). *Physics Education*, 14, pp.108-112, 239-242.
- WOOLGAR, S. (1988): *Science: the very idea*. Chichester: Ellis Horwood.

Fuentes de las citas del Apéndice

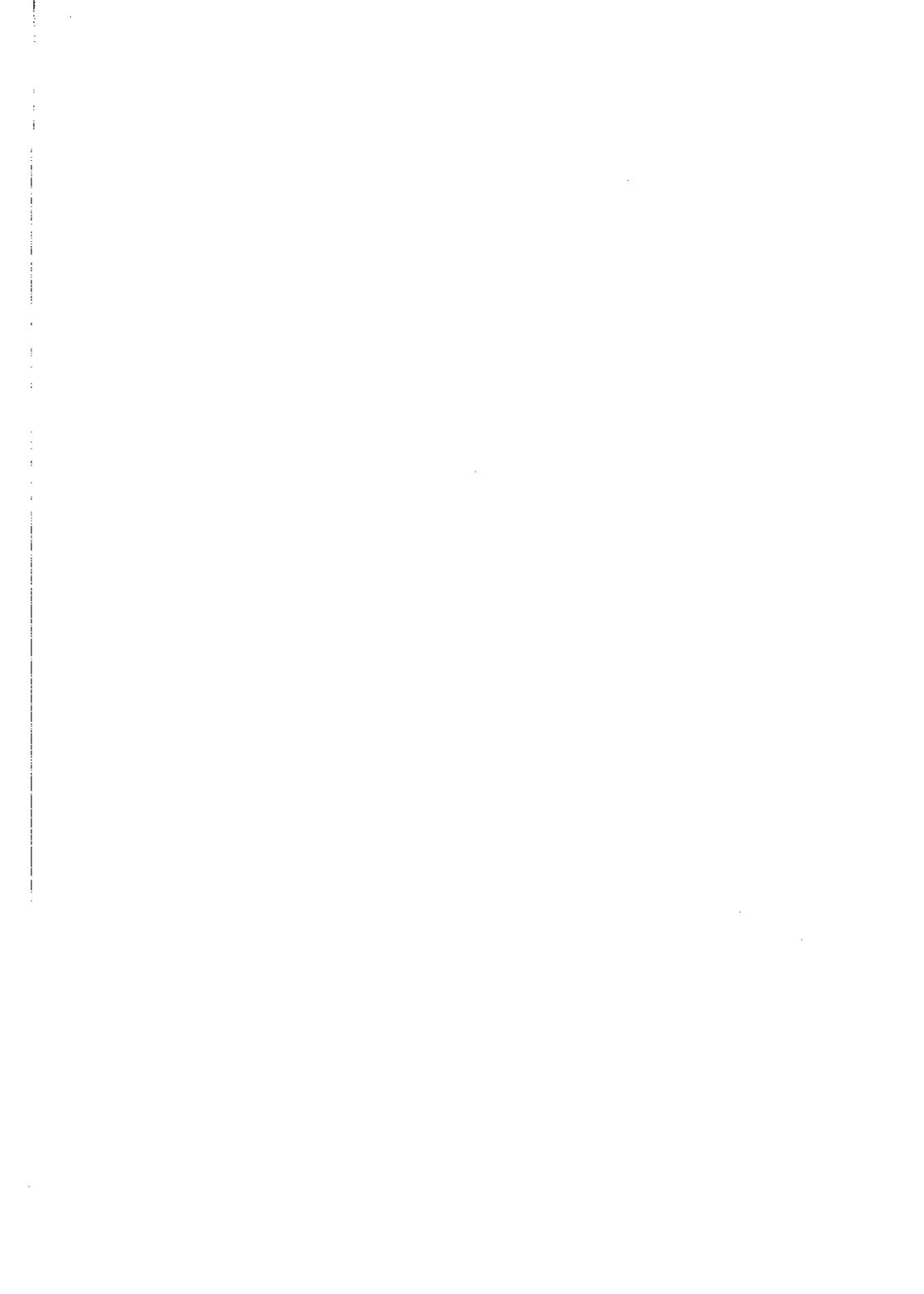
- 1 AUSTRALIAN SCIENCE EDUCATION PROJECT (1973), *Guide to A.S.E.P.* (National Trial Version).
- 2 BERNARD, J.D. (1960), en *Re-thinking Science Education*. Chicago: National Society for the Study of Education Yearbook.
- 3 DRAPER (1856), *Human Physiology* (citado en J.A. NEITZ -1961-, *Old Textbooks*, Pittsburgh).
- 4 FENSHAM, P.J. y MAY, J.B. (1979), *Australian Science Teachers Journal*, 25(2), pp.15-24.
- 5 GREGORY, R.A. (1916), *Discovery: the spirit and service of Science*. London.
- 6 Opiniones de J.S. HENSLOW (alrededor de 1950), descritas en D. LAYTON (1973), *Science for the People*. London.
- 7 HUNT (1854), citado por D. LAYTON (1973), *Science for the People*. London.
- 8 HURD, P. de H. (1960), en *Re-thinking Science Education*. Chicago: National Society for the Study of Education Yearbook.
- 9 HUXLEY, T.H. (1877), *Elementary instruction in Physiology*, (en su *Science and culture and other essays*. London, 1882).
- 10 NUFFIELD SECONDARY SCIENCE (1971), *Teacher's Guide*. London.
- 11 ROBERTSON, T.B. (1923), Address to the University of Adelaide Science Association, (en su *The spirit of research*. Adelaida, 1931).
- 12 ROUCEK, J.F. (1959), *The challenge of Science education*. New York.
- 13 SCIENCE MASTERS ASSOCIATION (1916), *Science for all*. London.
- 14 SEGEST, J.P. LETTERS (1973), *Science*, 182. p.336.
- 15 SPENCER, H. (1859), What knowledge is of most worth?. London. Reimpreso en sus *Essays on education*. London: Everyman's Library, 1911.
- 16 STOW, D. en el programa de Ciencias de la Escuela Modelo de Glasgow, a principios del siglo XIX, descrito por D. LAYTON (1973), *Science for the People*. London: pp.26-27.



II.6.

INSTRUCCIÓN EN EL AULA DESDE UN ENFOQUE C.T.S.: NUEVAS ÁREAS REQUIEREN NUEVOS MÉTODOS

*John E. Penick
Profesor del Centro de Educación Científica
Universidad de Iowa
U.S.A.*



“Debemos reducir las fronteras entre el conocimiento y su aplicación.” (Bronowski, 1978)

“... la mayoría (de los profesores) tienen poca conciencia de su comportamiento y de cuál es el impacto que éste tiene sobre aquéllos que aprenden...” (Withall, 1972, p.331)

Todos los profesores de ciencias desean que sus alumnos aprendan tanta ciencia como sea posible; los profesores que utilizan un enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (C.T.S.) no difieren de los anteriores. Los docentes han expresado siempre su preocupación porque los alumnos se desarrollen afectivamente y sean capaces también de aplicar sus conocimientos. Sin embargo, muchos autores han señalado que, mientras que todos los profesores expresan su preocupación por cuestiones diferentes al aprendizaje cognitivo, pocos son los que lo reflejan en su enseñanza y evalúan los objetivos no cognitivos (Good y Brophy, 1991; Harms y Yager, 1981). La preocupación por los problemas de la sociedad, el ir más allá del mero conocimiento, el tomar posturas y actuar y el crear un entorno completo es lo que distingue a los profesores C.T.S. (Bybee, 1986).

Sabiendo que éstos son los objetivos expresados, durante veinte años he estado preguntando a grupos de profesores de ciencias cuáles son sus objetivos con los alumnos que estudian los programas de ciencias de primaria y secundaria. Se lo he preguntado cientos de veces a educadores de quince países y de todos los rincones de los Estados Unidos. Las respuestas son casi siempre las mismas y reflejan la preocupación por la actitud del estudiante y la aplicación de los conocimientos y muy poco, en cambio, por el conocimiento tradicional del contenido de ciencias. En efecto, con frecuencia tengo que preguntar “¿y qué hay de los conocimientos de ciencias?” antes de que la cuestión se plantee. Aún entonces, nadie sugiere que sean conocimientos útiles en sí mismos; siempre se dicen cosas como “aprovechar el conocimiento para resolver

problemas” o “aplicar los conocimientos científicos”. Curiosamente, destacados profesores C.T.S. dedicados a problemas y aplicaciones sociales se plantean listas de objetivos idénticas a las de los profesores que son considerados bastante tradicionales y conservadores. Obviamente, las metas expresadas no predicen necesariamente la actuación en el aula.

Los objetivos que los profesores suelen formular, se centran en las características personales de los estudiantes y en un cierto deseo de que ellos aprecien y apliquen los conocimientos. Estos objetivos también tienden a ser relativamente amplios y del tipo de los que siempre se trabajan, pero que nunca se alcanzan plenamente. A este respecto, presento una lista representativa de objetivos sintetizando las respuestas de los numerosos grupos.

Al final de primaria y secundaria en el área científica, los estudiantes:

1. tendrán una actitud positiva hacia la ciencia;
2. utilizarán sus conocimientos para la identificación y resolución de problemas;
3. serán más creativos;
4. se comunicarán de manera eficaz;
5. sentirán que los conocimientos son útiles y actuarán basándose en sus conocimientos; y
6. sabrán cómo aprender ciencias.

Aunque probablemente haya muchos más objetivos posibles, pocos serían los que no querrían que sus alumnos cubrieran estos seis. Muchos van más allá, afirmando que, sin cubrir estas metas en particular, un currículo de ciencias carece de los principales elementos que se hacen necesarios para promover la alfabetización en ciencias (Proyecto 2000+, 1992), que normalmente significa comprensión, apreciación y aplicación de la ciencia y de los conocimientos científicos.

Aunque todos los profesores asumen estas metas, sólo los profesores identificados con la orientación C.T.S. en la enseñanza recuerdan y hacen visibles estos objetivos en el aula de una manera coherente. Comunican sus objetivos a los estudiantes y les permiten saber que ellos, como profesores, están esforzándose también por conseguir alcanzar tales metas personalmente. Ya que los alumnos de las aulas C.T.S. conocen las expectativas de sus profe-

sores, esperan que éstos estén seguros de sí mismos, que promuevan la comunicación, etc. Esperan, pues, que sus profesores sean un modelo. Como resultado de ello, la enseñanza C.T.S. es notablemente diferente de la enseñanza de las ciencias en general. Y, puesto que los alumnos suelen imitar hasta cierto punto los comportamientos de los profesores (Anderson y Brewer, 1946), estas aulas son, asimismo, eficaces.

Varios de los objetivos citados implican una considerable actividad por parte del alumno y hasta incluso cierta independencia. Además, un objetivo como la creatividad debería estimular una gran diversidad en lo que los alumnos hacen en clase. Pero, tal como ha reseñado Goodland (1983), "en nuestras visitas a los colegios recibimos una sobrecogedora impresión por la pasividad del alumno" (p.554). Otros (Yager y Penick, 1983) han constatado claramente la escasa actividad que el estudiante despliega cuando está orientado hacia objetivos más tradicionales y limitados, reflejando poco más que la memorización de algunos conocimientos. En conjunto, los estudiantes no trabajan, y mucho menos consiguen, los objetivos que todos decimos que deseamos y que ellos necesitan. Gran parte de este fracaso puede ser un vestigio del clima que el profesor crea en el aula. Aunque encontramos profesores que afirman centrarse en los citados objetivos, raro es el que es consciente de cómo lograrlos y, por lo tanto, la mayoría continúa enseñando de la misma manera en la que fueron enseñados. Para cambiar esto, profesores y formadores de profesores deben darse mayor cuenta de su comportamiento (tanto el deseado como el actual) y del de sus alumnos. Como explicó Withal (1972), un profesor profesional "... observa constantemente lo que está haciendo y recoge feedback sobre el impacto de su comportamiento en la persona a la que se dirige" (p.332).

El papel de los estudiantes

Analizando cada uno de los seis objetivos enumerados podemos fácilmente formarnos una imagen de lo que los alumnos deberían estar haciendo, si estuvieran trabajando coherentemente en esta línea y construyendo los significados, actitudes y acciones deseadas. A la vez, podemos describir situaciones que surgirían cuando los alumnos, o bien no estuvieran trabajando en esta direc-

ción, o bien encontrarán dificultad para alcanzarlos. Por ejemplo, si los alumnos están aprendiendo a comunicarse de manera eficaz (objetivo número 4), podríamos imaginarnos que hicieran lectura y redacción individual, diálogo por parejas o en pequeños grupos o interacciones con el profesor. Esperaríamos que alguna vez un alumno estuviera hablando a un grupo o a la clase entera. Ya que la comunicación implica también comprensión, esperaríamos ver a los alumnos analizando y respondiendo con preguntas, comentarios, acción y feedback. Y, como estamos en el contexto de una clase de ciencias, los temas de discusión estarían probablemente relacionados con las ciencias. Finalmente, esperaríamos que los alumnos utilizaran lo que leen o escriben para sintetizar ideas nuevas y se lo comunicasen a los otros.

Ya que la comunicación es esencialmente una actividad social, también buscaríamos interacciones. La educación es para la vida y para vivir. Así, en las aulas C.T.S. buscamos que los alumnos lleven a cabo su actividad más allá de las paredes de las aulas. Cuando se trabaje el objetivo de "comunicación eficaz", los estudiantes deberían abordar a gente de fuera de la escuela, como políticos, dirigentes, científicos, profesores y otros alumnos. Los alumnos deberían escribir cartas, hacer llamadas y discursos, trabajar con los periódicos locales, y no como ejercicios académicos, sino como acciones del mundo real con un propósito. Por ejemplo, en un pequeño pueblo de Iowa, los alumnos empezaron aprendiendo los problemas de la capa de ozono. Mientras lo estudiaban, se preocuparon del impacto sobre su propia comunidad. Varios alumnos se pusieron en contacto con el alcalde preguntándole: "¿Qué está haciendo acerca de la pérdida de ozono?". Pocos adultos, mucho menos niños, llegan hasta tan lejos con sus preguntas. Esto es una auténtica actuación adulta, la que conduce a un conocimiento, un cambio y un sentimiento de ser capaz.

Para promover esta interacción, comunicación y conversación, y cada uno de los otros objetivos, hace falta un clima en el aula apropiado y cuidadosamente diseñado, que incluya el entorno físico y el papel del profesor. Cada uno de éstos será discutido en los siguientes apartados. Partiendo de la premisa de que cada objetivo implica una acción específica por parte del alumno, el profesor C.T.S. debe estar preparado para animar, apoyar y potenciar las iniciativas y la acción que el alumno desee. Los profesores deben

reconocer la diferencia entre la acción apropiada y la inapropiada, tanto por parte de los alumnos como por parte de ellos mismos.

Muchos profesores, tratando de combatir el comportamiento no deseado, eliminan y restringen severamente todas las libertades en el aula. Haciendo esto, los profesores inhiben a menudo la libertad intelectual también. Para potenciar la libertad intelectual, de cara a estimular el pensamiento crítico, la creatividad y la comunicación, a la vez que restringir la libertad social a lo que se considera necesario y deseable, hace falta un profesor que tenga una imagen clara de cuál es el clima deseado para una clase C.T.S., una base sólida para definirlo y defenderlo, y la capacidad para crearlo.

El clima deseado para el aula C.T.S.

Helmut Dreesman (1982) señaló que cuando los alumnos forman una nueva clase, inicialmente actúan de modo individual y también perciben el entorno individualmente. A través de la interacción, las experiencias comunes y el paso del tiempo, los individuos llegan a formar un grupo. Paralelamente a este proceso social dinámico, los alumnos desarrollan estructuras de percepción y procesamiento que son comunes a la mayoría o a casi todos ellos. Este elemento de la representación cognitiva compartida por los miembros de la clase es denominado **clima del aula**. Se trata de un constructo útil para predecir el rendimiento y la satisfacción de los alumnos (Raviv et al., 1990).

Conociendo los objetivos y los roles de los alumnos, todo lo que un profesor necesita hacer es establecer un clima donde el aprendizaje se desarrolle en la dirección adecuada. Carl Rogers (1969) se dio cuenta de que el profesor tiene mucho que ver con la creación del clima, elicitando y clarificando los propósitos de los individuos y del grupo. Al actuar así, el profesor muchas veces confía en los deseos del alumno de alcanzar los propósitos que tienen sentido y significación personal. Estos deseos constituyen una fuerza motivacional fuerte y afectan a los resultados del aprendizaje.

Por ejemplo, en las clases con alto rendimiento, los estudiantes perciben más cooperación entre profesores y alumnos, más individualización y más comprensión que en las clases de bajo rendimiento (Dreesman, 1982). En clases donde reina un clima favo-

rable, los alumnos tienen un concepto de sí mismo más elevado y atribuyen sus éxitos más a factores internos que a externos (Dressman, 1982).

Desgraciadamente, como señaló Withall en 1972, la mayor parte de los profesores no son conscientes de su comportamiento y del impacto que éste tiene sobre los alumnos. Good y Brophy (1991) dedicaron casi todo un capítulo a discutir los problemas que surgen por la falta de concienciación de los profesores. Aportan datos de que los profesores dominan la comunicación, abusan de preguntas objetivas, hacen poco para motivar y, en general, no ponen atención en reforzar la comprensión. Tobías (1990) hizo las mismas observaciones acerca de las clases de universidad. No puede decirse que estos profesores sean malos; más bien es que no han sido formados para darse cuenta de las sutilezas y matices de sus acciones y comentarios. Mientras que son conscientes de sus acciones generales —“Hemos tenido un debate ...”—, en cambio son menos capaces de percibir lo que se resume en la siguiente declaración:

“En un debate, yo hago expresamente preguntas que tienen múltiples respuestas posibles y que no requieren un gran conocimiento previo. Después de hacer la pregunta, aguardo atentamente y en silencio hasta obtener respuesta. Cuando un alumno responde, nunca evalúo la respuesta. No digo ‘tienes razón’ o ‘esto es incorrecto’, sino que le pido que desarrolle o clarifique su contestación. Puedo pedir también una ampliación de la misma pregunta o argumentos para apoyar una idea. Entonces, en vez de continuar con mi propia línea de pensamiento, le pido a otros que hagan comentarios, dejando de nuevo bastante tiempo”.

A este profesor lo verán como más paciente y propiciará el que surjan muchas respuestas. Puesto que el profesor no conoce de antemano las respuestas que van a dar los alumnos, él está aprendiendo también (Rogers, 1969), un factor clave para cualquier buena clase, también una C.T.S. Esta clase C.T.S. constructivista o centrada en el proceso contradice bastante la afirmación de Elkind (1989), de que la mayoría de las clases se orientan con un enfoque psicométrico más que con uno centrado en el proceso. El psicométrico pone el énfasis en el logro de resultados y en la adquisición de conocimientos, mientras que el centrado en el proceso busca pensa-

dores críticos y creativos. Obviamente, el profesor C.T.S. anima y potencia activamente el pensamiento crítico y la creatividad.

Básicamente, el profesor C.T.S. crea un clima de aula que organiza, estimula y facilita el acceso a una amplia serie de recursos, ideas y acciones para ayudar a los alumnos a conseguir sus objetivos y a desarrollar sus roles deseados.

El ámbito intelectual

Cada aula tiene un clima y cada profesor crea uno. Pero, mientras que cualquier profesor puede y de hecho crea un clima, sólo aquéllos que emprenden la creación de un clima en el que se tienen en cuenta los aspectos intelectuales para facilitar el éxito del alumno, los podríamos llamar profesores profesionales. Para ser un profesional que pueda crear un clima de aula específico respondiendo a las demandas, se requiere un profesor con un conocimiento sólido y coherente de la enseñanza. Un conocimiento de este tipo tiene en cuenta el papel de los alumnos que se desea y se refleja en los objetivos, una comprensión de la libertad social frente a la intelectual y el tipo de acción que se pretende que los alumnos desarrollen. Para que tal conocimiento sea verdaderamente útil y profesional, debería estar fundamentado en las últimas conclusiones de la investigación sobre cómo aprenden las personas y el efecto del comportamiento del profesor sobre los alumnos, y debería definir una clase compatible con la propia naturaleza de la ciencia. Algunos destacados enseñantes también reconocen la deseabilidad de una congruencia entre los roles del alumno y del profesor.

Mientras que un profesor dotado de este conocimiento dispone de capacidad para definir una clase tal como desea que sea, también hace falta que sea capaz de ponerlo en práctica. Para ello, entre el conocimiento, teórico y la acción debe haber un adecuado conocimiento, tanto de la ciencia como de la enseñanza, que permita aplicar y trasladar los hallazgos de la investigación a los comportamientos convenientes en la clase, las actitudes y sobre todo el entorno ambiental del aula. Esta interpretación y aplicación precisa de formación, tiempo y experiencia, factores todos ellos que a menudo se ven facilitados por interacciones con los colegas. Se trata, pues, de un conocimiento "construido".

En un marco intelectual donde los alumnos puedan ser capaces de conseguir los objetivos previamente enunciados, éstos deben disfrutar de la libertad intelectual, como dijo Percy Bridgeman, de “hacer lo que quieran con sus mentes, sin ninguna excepción”. Si los alumnos deben alcanzar estos objetivos, el profesor debe enseñar con un espíritu abierto y ambos, profesor y alumno, reconocer su valor. Para ello, el profesor debe poner de manifiesto sus cualidades y su plena aceptación de todas las actividades y discusiones en el aula.

Los profesores son los que marcan la diferencia y el aula C.T.S. no es una excepción. Varios estudios sobre los profesores en el marco de C.T.S. han revelado nueve generalizaciones acerca de sus funciones (Myers, 1988; Yager, Tamir y Mckinnu, 1991; Penick, 1992).

Los profesores C.T.S. eficaces y que tienen éxito:

Proporcionan un medio acogedor y estimulante

Los alumnos funcionan mejor en ambientes ricos en recursos humanos y materiales combinados con numerosas oportunidades para emprender iniciativas, estudiar y ponerse a actuar. Los profesores eficaces hacen esto organizando el tiempo tanto para el trabajo individual como para el de grupo y esperando reacciones, no sólo palabras y lecturas. Los profesores animan al alumno a tomar decisiones y actuar, haciendo ver que no se quedan satisfechos sólo con el simple conocimiento y los trabajos escritos. Los profesores piden argumentaciones y clarificaciones y, a continuación, actuaciones a partir de las ideas. Los alumnos pueden incrementar su capacidad de ponerse a actuar si los profesores lo esperan, lo fomentan y lo recompensan.

Tienen altas expectativas sobre sí mismos y sobre los alumnos

Además de esperar que los alumnos avancen un paso más, los buenos profesores C.T.S. desean que estos pasos conduzcan al cambio. El cambio puede ser en el aprendizaje o en las actitudes, o bien podría suponer la resolución de un auténtico problema. Los profesores tienen diferentes expectativas también, reconociendo que los alumnos poseen potenciales diversos y que un alumno puede desen-

volverse de manera muy diferente en una situación C.T.S. Estas altas expectativas alimentan en los profesores un continuo esfuerzo por hacer más, implicarse más y poner más resolución. Nunca están satisfechos con su estatus. Los profesores con tales expectativas ven su papel como algo más que el de mero instructor de treinta alumnos. Lo conciben como un papel más importante en el contexto de una comunidad y como un modelo de indagación activa.

A veces consideramos a estos profesores como "un paso adelante". Una profesora de Connecticut, por ejemplo, enseñaba a sus alumnos la supervisión de la energía, una técnica para analizar la energía usada y derrochada en un edificio. Mientras que un profesor medio podría enseñar esta lección y seguir, esta profesora C.T.S. animó a sus alumnos a llevar a cabo ellos mismos dicho control, aunque pudiera llevarles dos o tres meses. Este paso adelante, tanto en el terreno de la acción como en el del aprendizaje, es una expresión evidente de estas altas expectativas.

Son modelos de indagación activa

Un profesor indagador lee con profusión y lleva al aula lo que ha leído y los nuevos conocimientos. Los alumnos saben que su profesor está abierto a ideas novedosas. Los profesores ejemplares C.T.S. mantienen constantemente una actitud indagadora al presentarse ellos mismos como alumnos, ávidos y deseosos de aprender nuevas ideas, habilidades y acciones. Introduciendo nuevas ideas en las clases, haciendo preguntas y permaneciendo con la mente abierta, estos profesores son claros modelos a seguir. También actúan como modelos para abordar la identificación y resolución de problemas mediante la reflexión y el razonamiento, mostrándose interesados, buscando información, pidiendo pruebas y tomando parte ellos mismos. En definitiva, hacen patentes su pensamiento, sus sentimientos y su modo de enfocar el aprendizaje. Un vecino preguntó a Eva Kirkpatrick para oponerse a la ubicación de un vertedero de basura. En vez de actuar ella misma, involucró a su clase de chicos de quince años. Estaban encantados y encontraron mucho que estudiar. Antes de terminar, había pasado un año entero en el proyecto, llegando a demandar a los miembros del ayuntamiento de la ciudad. Y Eva estuvo analizando cada paso que se daba del problema con sus alumnos.

*Esperan que los alumnos pregunten sobre los hechos,
los profesores y los conocimientos*

Cuando los profesores hacen visible su planteamiento, los alumnos perciben fácilmente que la ciencia envuelve cierto grado de escepticismo, como propuso Richard Feynman, un "creer en la ignorancia de los expertos". No se trata de asumir que están equivocados, sino de buscar pruebas para apoyar un hecho, idea o postura. Los profesores y alumnos que preguntan, buscan respuestas y que pueden proporcionar pruebas, se convierten en ciudadanos activos con los mismos atributos. Ciertamente, esto es el eje de la cultura científica.

*Ponen énfasis en la cultura científica y en aplicar
los conocimientos*

Los profesores ponen énfasis en la cultura científica exigiendo una aproximación racional e independiente a la ciencia. Se espera que los alumnos indaguen, cuestionen, expliquen y apliquen sus conocimientos. Los profesores no quedan satisfechos con los alumnos que sólo saben palabras o poseen habilidades; insisten en que esas palabras deben usarse para justificar, defender o clarificar conceptos o acciones más amplios. Los alumnos deben aplicar sus conocimientos para que lleguen a formar parte de ellos mismos realmente.

Aplicar tales conocimientos puede consistir en contestar a las preguntas que se realizan al final de una lección. Pero, a los profesores C.T.S. eficaces no les basta solamente con esto. Representar los vectores en un sistema de poleas no requiere tanta capacidad ni resulta tan problemático para la mayoría de los alumnos como el montar un polipasto y su aparejo. Lo mismo sucede en las aplicaciones sociales, donde los alumnos que buscan la justificación para una nueva planta de tratamiento de aguas de la comunidad ven su aprendizaje muy diferente a leer un texto estándar sobre el tema. En ambos casos, ven que sus conocimientos son útiles para la práctica fuera del aula. En California, alumnos de primaria plantan vegetales, los cuidan y venden los productos en el mercado local. Estos alumnos aprenden cosas sobre el trabajo en la granja, las plantas, los pesticidas y muchas otras cuestiones. También aprenden qué es el trabajo duro.

No contemplan las paredes del aula como una frontera

Los profesores quieren que los alumnos y el aprendizaje trasciendan el aula. Un aprendizaje que es real debe, por definición, continuar desarrollándose a lo largo de toda la vida del alumno. Obviamente, los profesores eficaces saben que tanto sus alumnos como sus ideas tienen muchas oportunidades de trascender el ámbito de la escuela, a través de excursiones al campo, visitas a personas y lugares claves, y utilizando materiales fuera de la clase, como libros, periódicos e ideas. Al mismo tiempo, los profesores invitan a expertos de la comunidad para que ofrezcan nuevos puntos de vista y perspectivas acerca de los problemas existentes y suscitando con frecuencia otros nuevos. Los profesores también animan a ir más allá abordando problemas del mundo real.

Son flexibles con su tiempo, su programa y su currículo

Traer personas ajenas al aula provoca una interrupción. Los alumnos se encuentran con ideas nuevas, los viejos asuntos quedan desplazados y el profesor pierde algo de control. Pero un profesor eficaz saca ventaja de ello, adaptándose según las oportunidades. Los alumnos aprenden, pero no siempre como el profesor prevé de antemano ni dentro del programa previsto. En cambio, la estimulación, la excitación y la implicación pueden generar nuevas oleadas de motivación y aprendizaje, tanto para el profesor como para el alumno.

Dedican tanto tiempo como sea necesario

Programar, reajustar, coordinar, esperar y planificar, todo ello requiere tiempo. Los profesores con programas C.T.S. ejemplares vemos que se preocupan por el tiempo, pero que se preocupan por encontrar más horas que dedicar a sus clases e ideas. Nos dicen que el tiempo que tienen se les escapa, los días no son lo suficientemente largos para abarcar todo lo que quieren que los alumnos trabajen. Como resultado de ello, echan horas después del horario escolar y en los fines de semana, luchando por aprovechar su enseñanza lo más posible.

Los profesores son los que marcan la diferencia

Mientras que los datos de la evaluación nacional de Estados Unidos indican que a muchos alumnos no les gusta la ciencia, los estudiantes que proceden de aulas en las que los profesores ponen en práctica estas nueve generalizaciones lo ven de manera diferente. Les gusta la ciencia, los profesores y las enseñanzas científicas. Sienten que la ciencia es útil, ahora y para el futuro. Los profesores eficaces hacen que los alumnos vean las utilidades de la ciencia y les da confianza en su propia habilidad para utilizarla y tener éxito con ella. Estos profesores están ansiosos por que llegue el lunes por la mañana. Estos son los profesores que desearíamos haber tenido y que continuamos queriendo para nuestros hijos. Los profesores son los que marcan la diferencia y en el aula C.T.S. pueden aportar aun más si disponen y utilizan un conocimiento válido y fundamentado en la investigación para enseñar las ciencias.

Tabla 1

Cómo:

1. *Proporcionar un ambiente seguro, estimulante y acogedor*

El aula debe estar dotada de libros, revistas, periódicos, equipamiento y material docente. El equipamiento debería ser fácilmente asequible para su uso espontáneo (con frecuencia los alumnos no saben que necesitan algo hasta que lo ven).

El profesor debe estimular con preguntas provocativas y muy precisas; después, para animar a los alumnos, permitir que se tomen tiempo suficiente y aceptar (sin evaluar) todas las respuestas. En vez de decir "bien" o "no me parece correcto", asentir con la cabeza, decir "de acuerdo, y qué más" o bien ampliar el diálogo a otros estudiantes. Los alumnos deben sentirse seguros si van a arriesgarse ante algo nuevo. Nunca se está verdaderamente seguro si alguien te está evaluando.

2. *Tener altas expectativas sobre sí mismo y sobre los alumnos*

No quedarse satisfecho con el resultado del año anterior o con los estándares; siempre hay que avanzar un paso más y dejar que los alumnos sepan que se tiene fe en ellos cuando hacen un trabajo escrito. Puede ser conveniente enviar los mejores trabajos al periódico local. No puntuar con respecto a la norma.

3. *Ser un modelo de indagación activa*

Encontrar preguntas en sus propias observaciones, lecturas y conversaciones. Ponerse en acción para hallar nuevos recursos e información. Ser una persona que aprende, dejar ver a los alumnos que no se sabe todo. Mostrar curiosidad.

4. *Hacer que los alumnos pregunten sobre los hechos, los profesores y los conocimientos*

Primero, debe haber seguridad y, a continuación, lanzar preguntas, pidiendo siempre pruebas para sostener las propias

afirmaciones o ideas. Adoptar posiciones en las que los alumnos puedan desafiar con éxito al profesor. Estar deseoso de aprender al lado de ellos (ver el punto número 3). Actuar como “abogado del diablo”, haciendo que surjan cuestiones y preguntas, aun cuando se sepa que son falsas.

5. *Resaltar la importancia de la cultura científica y hacer que los alumnos apliquen los conocimientos*

Los alumnos que se ven reflejados a sí mismos y al profesor en lo que describen los puntos 1 a 4, verán y experimentarán la ciencia como un proceso activo de pensamiento y acción. Como resultado de ello, llegarán a darse cuenta y esperar que su ciencia les sea útil personalmente. Recurrir a problemas del mundo real y animar a los alumnos a que encuentren otros ejemplos en sus propias vidas. Proporcionar tiempo para discutir acerca de las aplicaciones y evaluarlas también. Aplicar los conocimientos como se esperaría que ellos hiciesen.

6. *No contemplar las paredes de las aulas como fronteras*

La información y los alumnos entra y sale; sacar partido de ello. Recompensar a los alumnos que vienen con ideas e información y salen con soluciones. Hacer lo mismo trayendo a clase personas y recursos —organizar una salida al campo y animar a los alumnos a que organicen sus propias salidas—. Enseñar a utilizar la biblioteca, escribir cartas y realizar consultas telefónicas. Implicar a los padres en el aula y también fuera de ella.

7. *Ser flexible*

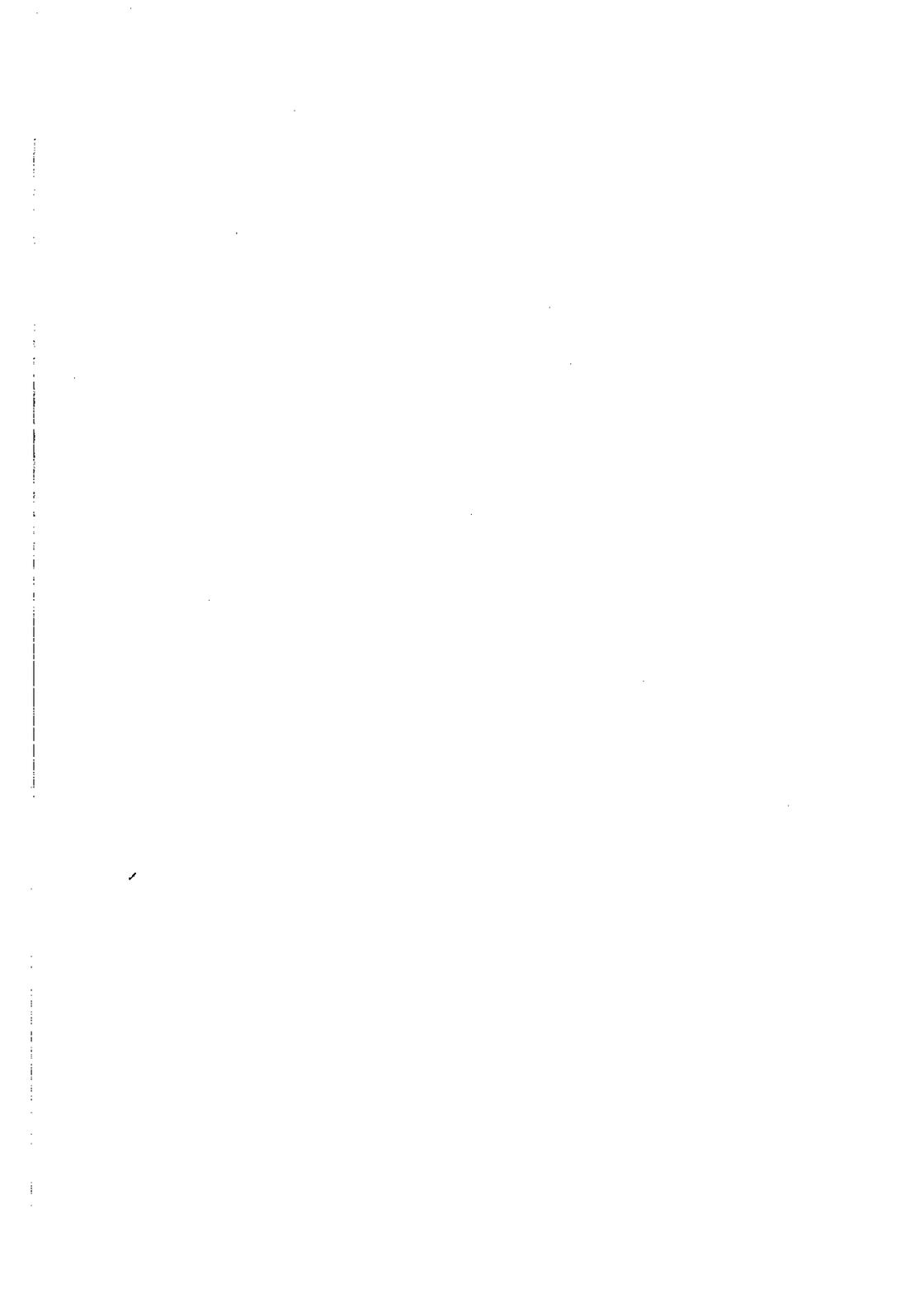
La planificación de las lecciones no es un documento sagrado. Sentirse libre para posponer, ignorar, cambiar o borrar. Estar al tanto de los “momentos propicios para la enseñanza” en los que los alumnos y el profesor tengan disposición para aprender. Utilizar sucesos actuales y ayudar a los alumnos a ser “periodistas investigadores”. Un alumno o un profesor flexible sigue las pistas cuando surgen, no las planifica.

8. *Dedicar tanto tiempo como sea necesario*

Ser más eficiente. Hacer que los alumnos hagan la mayor cantidad de trabajo posible. Conocemos muchas clases donde los alumnos verdaderamente planifican las lecciones mientras que el profesor proyecta el ambiente de aprendizaje. Pero, aun así lleva tiempo desarrollar un plan organizativo y tener el material preparado.

9. *Marcar diferencias*

Tener confianza en uno mismo y en sus alumnos. Mirar a su interior y preguntarse “¿es esto lo mejor para mis alumnos y para mis objetivos?” Estudiar casos ejemplares y, lo más importante, analizar la propia enseñanza, introduciendo cambios para mejorar. Los alumnos se darán cuenta y apreciarán el esfuerzo.



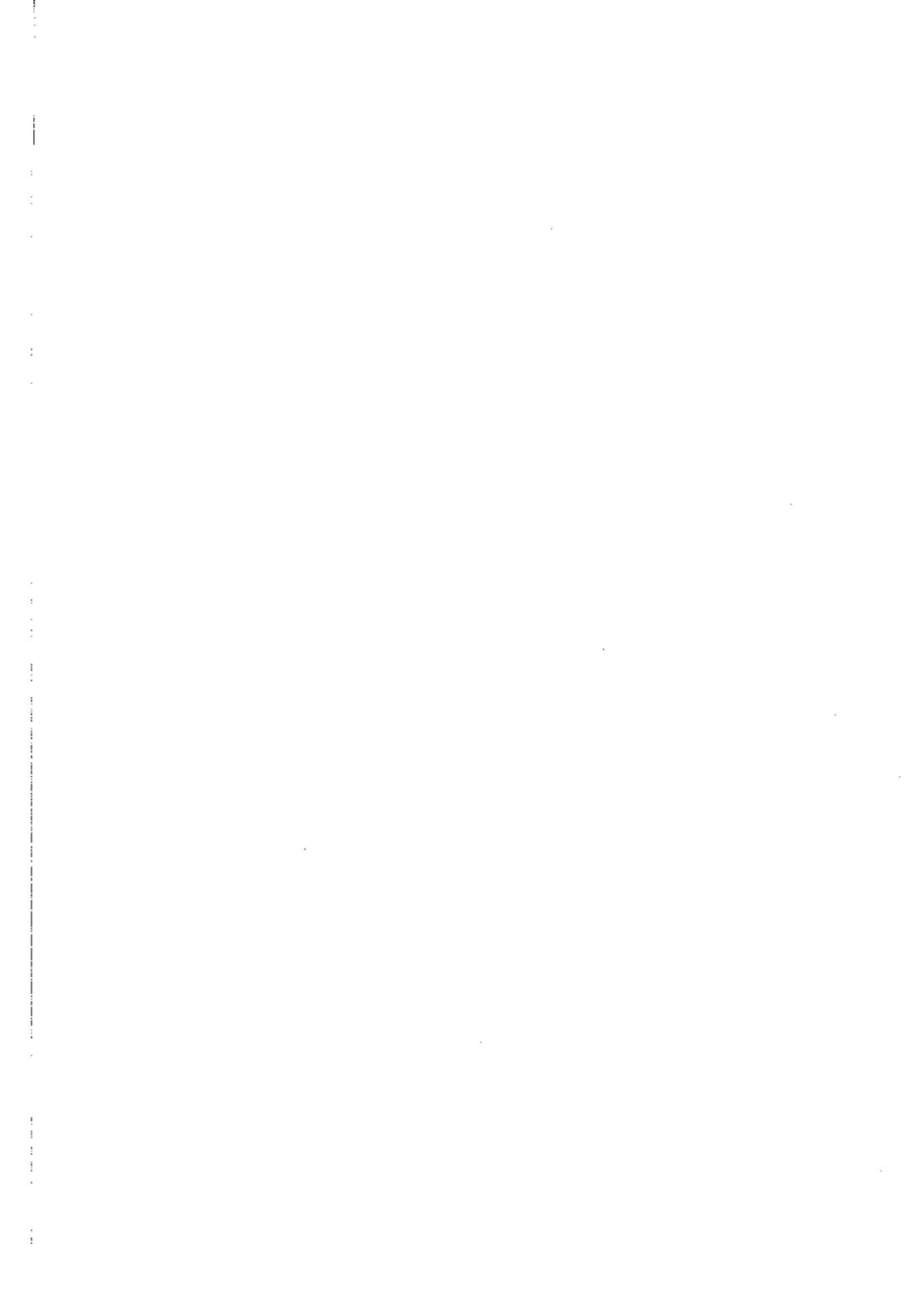
Bibliografía

- ANDERSON, H.H. y BREWER, J.E. (1946): Studies of Classroom Personalities, II: Effects of Teachers' Dominative and Integrative Contacts on Children's Classroom Behavior. *Applied Psychology Monographs*, 8.
- BRONOWSKI, J. (1978): *The Common Sense of Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- BYBEE, R.W. (ed.) (1980): *1985 NSTA Yearbook: Science/Technology/Society*. Washington, DC: NSTA.
- DRESSMAN, H. (1982): Classroom Climate: Contributions from a European Country. *Studies in Educational Evaluation*, 8, pp.53-64.
- ELKIND, D. (1989): Developmentally Appropriate Practice: Philosophical and Practical Implications. *Phi Delta Kappan*, octubre, pp. 113-117.
- GOOD, J.E. y BROPHY, T.L. (1991, 5ª ed.): *Looking in Classrooms*. New York: Harper Collins.
- GOODLAD, J. (1983): *A Place Called School*. New York: McGraw Hill.
- HARMS, N. y YAGER, R.E. (1981): *What Research Says to the Science Teacher*, 3. Washington, DC: NSTA.
- MYERS, L.H. (1988): *Analysis of student outcomes in ninth grade physical science taught with a S.T.S. focus versus one taught with a textbook orientation*. Tesis doctoral no publicada. University of Iowa.
- PROJECT 2000+ (1992): *Toward scientific and technological literacy for all: A world conference for 1993*. París, France: UNESCO.
- RAVIV, A., RAVIV, A. y REISEL, E. (1990): Teachers and Students: Two Different Perspectives? Measuring Social Climate in the Classroom. *American Educational Research Journal*, 27 (1), pp. 141-157.
- ROGERS, C. (1969): *Freedom to Learn*. New York: Merrill.
- TOBIAS, S. (1990): *They're not dumb, They're different: Stalking the Second Tier*. Tucson, AZ: Research Corporation.
- WITHALL, J. (1948): *The Development of a Technique for the Measurement of Social Emotional Climate in Classrooms*. Tesis doctoral no publicada. University of Chicago.
- WITHALL, J. (1969): Evaluation of Classroom Climate. *Childhood Education*, 45 (7), pp. 403-408.
- WITHALL, J. (1972): Research in Systematic Observation in the Classroom and its Relevance to Teachers. *Journal of Teacher Education*, 23 (3), pp. 330-332.
- YAGER, R.E. (ed.) (1992): *The status of Science/Technology/Society reform efforts around the world*. Hong Kong: International Council of Associations for Science Education.

- YAGER, R.E. y PENICK, J.E. (1983): School Science in Crisis. *Curriculum Review*, 22 (3), pp.67-70.
- YAGER, R.E., TAMIR, P. y MACKINNU (1991): *The effect of an S.T.S. approach on achievement and attitudes of students in grades 4-9.*
Pendiente de publicación

III.

ÍNDICE DE AUTORES



Abad Palazuelos, Pilar	83
Abraín Castro, José L.....	98
Adán Oliver, Antonio.....	165
Agudo, Javier	257
Aisa Moreu, Diego.....	86
Alba Quintana, José	125-194
Alberola Figueroa, Ángel.....	111
Alcalde Oñate, Ana.....	77
Alcázar Lanagrán, Catalina.....	74-80
Alcoba Muñoz, Antonio.....	201-222- 240
Alda Torrubia, José	230
Alda Torrubia, Octavio	214
Alonso María, Ángeles	89
Alonso Sánchez, Manuel.....	179
Alou, Miquel	273
Álvarez Calvo, José A.....	254
Álvarez de Felipe, Ana I.	271
Angulo Rasco, José F.	61
Anta Torres, Georgina de	182
Armador González, Hortilio	191
Arranz, M. ^a Jesús	217
Arribas, Gemma	69
Arroyo, Rafael.....	246
Astolfi, Jean-Pierre.....	289
Azcárate, Carmen.....	71
Ballester Gregorio, Alberto.....	74
Bandera, Eresvita	69
Barahona Álvarez, Santiago.....	77
Barbará González, Mercedes	276
Bárcena, Andrés	173
Barrio del Campo, José A. del	194
Barrio Lera, Juan P.	271

Bastida de la Calle, M. ^a Félix.....	83-198 201-222 240-251 260
Begines Ramírez, Antonio	220
Bernal Giménez, Santiago.....	243
Bernal Gómez, Miguel A.	98
Blanco Cueto, M. ^a Isabel.....	74
Boada, Martí.....	276
Borrego, M. ^a Jesús	80
Boyano Sánchez, Francisco J.....	89
Brañas Pérez, Manuel A.....	98
Brincones Calvo, Isabel	55-58 95-122
Buiza Sánchez, Carmen	77-206
Bullejos, Juan	80
Caballero Brid , Gonzalo	228
Caballero Palanca, Francisco V.....	232
Cachafeiro Chamosa, Luis C.	148
Caloca Dobarganes, Marcos	220
Calzada García, Álvaro.....	118
Campanario Larguero, Juan M.....	58-95
Cañeque Riosalido, José	77
Cañizal, Jorge.....	246
Capellán, Federico	246
Carcavilla Castro, Arturo	86
Carmona, Antonio	80
Carrascosa Alís, Jaime	47-50
Carreras Béjar, Carmen.....	139
Casadellà, Josep	71
Casalderrey García, Manuel L.	115-153
Casanova Colas, José	111
Casas Peláez, Justiniano.....	156
Cendrero Uceda, Antonio	194
Cobo Gómez, Javier	263
Contreras Domingo, José.....	74
Contreras Ramírez, Jorge.....	118
Crespi, Sebastián.....	217

Crespo García, José A.....	209
Criado Sancho, Manuel.....	113
Cueva, José.....	95
Cuthbert Guerrero, Consuelo	77
Díaz de Terán, José R.....	194
Domínguez Castiñeiras, José M.....	98
Driver, Rosalind	307
Escanero Marcén, Jesús F.	214-230
Esclapés Peralta, Antonio	243
Escudero Escorza, Tomás	86-156
Esquivel Guerrero, José A.	74
Esteban Santos, Soledad	265
Favieres Martínez, Ana	159-182
Fernández Estrada, Jesús.....	69
Fernández Gómez, Celso	212-234
Fernández Leira, Elena	201
Figuroa Bayón, Juan de la	118
Fiol, M. ^a Lluïsa.....	71
Flor Pérez, Emilio	194
Flor Pérez, José I.....	125-194
Flores Gómez, José	165
Forteza, Ana	173
Fortuny, Josep M. ^a	71
Francés Arriola, Enrique	194
Fuentes, Aurora.....	55
Gairín, Joaquín	71
Galán Cela, Pablo.....	268
Gallástegui Otero, Juan R	98
García Arista, Eduardo.....	95
García Barbero, Milagros.....	196
García Caparrós, Julio.....	86
García Castrillo, Gerardo	204
García García, Valeriano	279
García, M. ^a Pilar.....	71
García Pardo, Luis A.....	271

García Quintana, Juan M. ^a	120
García Santiago, Ángel	240
García Vázquez, Rosa M.	182
García-Gallo Peñuela, Joaquín.....	141
Garrido, Catalina	173
Gavidia Catalán, Valentín	225-237
Gayoso, Manuel J.....	257
Gené Duch, Ana M. ^a	47-50
Gil Pérez, Daniel	47-50
	179
Gómez Crespo, Miguel Á.	64-150
Gómez Martín, Juan C.	77
González, F.....	80
González Gallego, Javier	271
González González, María P.	265
González, Juan A.	109
González Lastra, José R.	194
González López de Guereñu, José	77
Guerrero, M. ^a Jesús	80
Guillém Salelles, Enrique	237
Herráez Zarza, Miguel Á.	111
Hewson, Peter W.	331
Hierrezuelo Moreno, José	74-80
Hipola, Isabel	173
Huerta Subies, Ramón.....	77
Illobre González, M. ^a Luisa	98
Íñiguez Lobato, Carlos.....	196-257
Izaguirre Cahue, Miguel Á.....	148
Izquierdo, Mercè	71
Jiménez Aleixandre, M. ^a Pilar.....	98-282
Jiménez López, José A.....	254
Juan Herrero, Joaquín de.....	196
King, Chris	353
Lahera, Jesús	173

Laviña Orueta, Agustín	77
Limón, Margarita	64
López Alonso, José A.	271
López Cuétara, José M. ^a	248
López Ruiz, Josefa	74
López Rupérez, Francisco	66-129
	137-143
López-Gay Lucio-Villegas, Rafel	80
Lorenzo Barral, Francisco M.	98
Lucas, Arthur M.	395
Luffiego García, Máximo	83-260
Madriz Galindo, Inmaculada de la	92
Manassero Más, M. ^a Antonia	176
Manrique del Campo, M. ^a Jesús	159-182
Martín Bachiller, Ana	201
Martín del Pozo, M. ^a Rosa	139
Martín Martín, Teodoro	228
Martín Moreno, Ana	268
Martín Muñoz, Angelina	134-151
Martín, Nieves	206
Martín-Montalvo Recio, Jesús	92
Martínez Aznar, Mercedes	89
Martínez Casado, Antonio	214
Martínez Cruz, Francisco	196
Martínez Ibáñez, Ricardo	268
Martínez Jiménez, Jaime	77
Martínez Torregrosa, Joaquín	97-50
	162-179
Mata Pérez, Fernando	111
Mataix Arnedo, José	53
Mato Vázquez, Fidel	111
Merino González, Francisco	139
Miranda, Manuel	109
Molina González, Eduardo	74-80
Montero Moreno, Antonio	74-80
Montes Alonso, Paloma	120
Moreno Galindo, Antonio	254
Moreno, Giovana	95

Moreno Rebollo, José M. ^a	141
Mozas Arroyo, Tomás.....	74-80
Muñoz Arrabal, Teresa.....	134
Muro Benayas, Sofía.....	118
Nieda, Juana.....	55-206
Olazábal Flórez, Antonio.....	209
Olazábal Flórez, M. ^a Ángeles.....	209
Oñorbe de la Torre, Ana M. ^a	92-146
	182
Otero Gutiérrez, José.....	55-58-95
Otero Gutiérrez, Luis.....	98-122
Ovejero Morcillo, Paloma.....	89
Palacios Gómez, Carlos.....	77-129
Palacios, M. ^a Jesús.....	55
Palou, Miquel.....	273
Paredes García-Viniegras, Benjamín.....	248
Paredes Rivadulla, Francisco J.....	148
Parras Herrero, José R.....	74
Pascual Trillo, José A.....	268
Payá Peris, José.....	47-50
Penick, John E.....	439
Peña Bañobre, M. ^a Rosa.....	139
Peña Bernal, Juan J.....	109
Peraile Perdiguero, José A.....	279
Pereiro Muñoz, Cristina.....	98
Pérez de Landazábal Expósito, M. ^a Carmen.....	141-159
Pérez Echeverría, M. ^a Puy.....	170
Pérez Manrique, Mercedes.....	111
Pérez Padilla, Rafael.....	74
Pérez Rodríguez, Ángel L.....	109
Pérez Tuero, Abel.....	69
Petipierre, Eduardo.....	217
Pinedo Reyes, Pablo.....	268
Pizarro Sánchez, Inmaculada.....	98
Portela Peñas, Isabel.....	265
Pozo Municio, Juan I.....	64-170

Prats Guerrero, Félix	92
Pro Bueno, Antonio de	127
Puey Bernués, M. ^a Lucía	156
Pujol Villalonga, Rosa M. ^a	276
Quirós, Rafael	191
Ramírez Castro, Juan L.	162
Ramírez García, Mercedes	191
Ramón, C.	217
Ramos Fernández, Francisco	83-198
	201-204
	222-240
	260
Rebollo Bueno, Manuel	74-80
Recio Pascual, José M. ^a	111
Rituerto Cuerda, Elena	271
Rodríguez Cardeña, Ángel	134-151
	276
Rodríguez Fernández, Juan	107
Rodríguez, Luisa	206
Rodríguez Martínez, Alfonso	234
Rodríguez Sánchez, M. ^a Asunción	276
Romero, Lourdes	191
Romero Serrano, M. ^a Jesús	107
Ros, M. ^a Luisa	273
Rosado Barbero, Luis	167
Ruiz, Antonio	167
Ruiz González, M. ^a Luisa	182
Ruiz Rodríguez, Gabriel	74-80
Ruiz Uceda, Juan	191
Ruiz Vertedor, Antonio	74
Rull Pérez, Fernando	263
Sagaseta, César	246
Sainz Velicia, Enrique	263
Saiz de Omeñaca, M. ^a Gloria	204
Saiz de Omeñaca, José A.	204
Sampedro, Carlos	80

Sánchez Alciturri, José M.	246
Sánchez Jiménez, José M. ^a	146
Sánchez Vega, M. ^a José	222
Sanmartí, Neus	71
Santander Navarro, Mariano	263
Sanz Alcolea, Jorge	165
Sanz Serrano, Ángeles	64-170
Senante, Fátima	206
Senent Pérez, Salvador	113
Serra Baldrich, Nuria	276
Sobreviela Biel, José Á.	86
Sola de los Santos, Jaime	132
Soria Cosano, Luis	74-80
Soria, Miguel A.	257
Soto López, Julio	83-198
	201-220
	222-240
	251-260
Suárez-Bárcena Llera, Amparo	228
Sureda Negre, Jaume	273
Tacher Castells, Pilar	276
Terrasa, Bárbara	217
Toboso Borrella, Amalio	228
Valdés Amado, Ángeles	234
Valvidares, Álvaro	173
Valle Núñez, Víctor del	74-80
Valle Suárez, Carlos del	148
Valle Torralbo, Pedro	113
Varela Nieto, Paloma	159
Vázquez Alonso, Ángel	176
Vázquez, César	69
Vázquez Vázquez, Adela	98
Verger Gómez, M. ^a Ángeles	107
Villarrubia Jiménez, Carlos	165
Yus Ramos, Rafael	74-80
Yuste Llandrés, Manuel	139



Ministerio de Educación y Ciencia

Secretaría de Estado de Educación

Dirección General de Renovación Pedagógica
