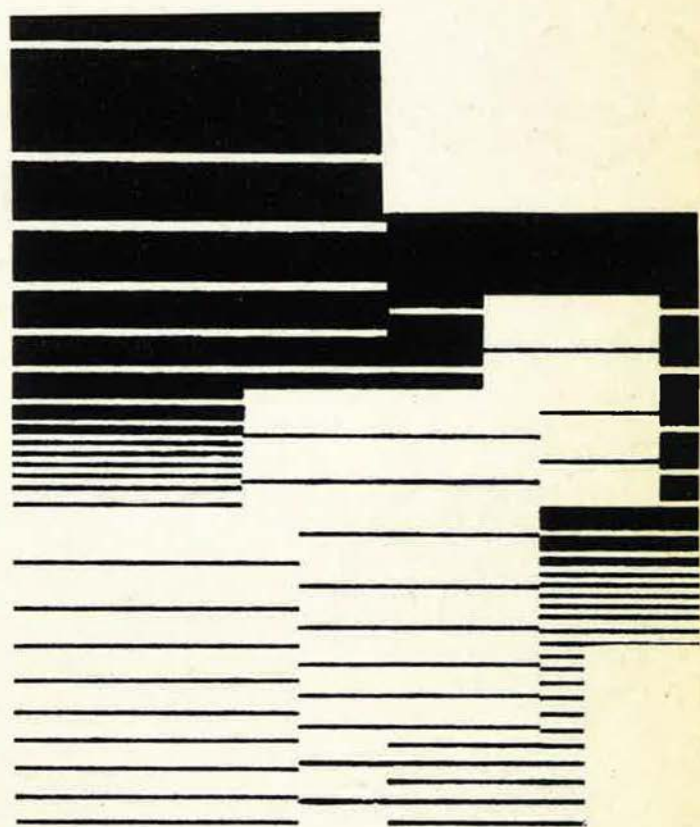


PUBLICACIONES DE LA

# nueva revista de enseñanzas medias



**NUESTRA AULA,  
el laboratorio**

2

### **Consejo de dirección**

Presidente: José Segovia Pérez  
Vocales: Patricio de Blas Zabaleta  
Martina Cases Ponz  
José Luis Centeno Domínguez  
José María Cobián Aranda  
Armando Javier Ibáñez Aramayo  
Rafael López Linares  
Jaime Naranjo Gonzalo

### **Redacción**

Director: Felipe B. Pedraza Jiménez  
Secretario: José María Benavente Barreda  
Secretario  
adjunto: Pedro Provencio Chumillas  
Archivo: Guadalupe Panicello Torrejón

**PUBLICACIONES DE LA**



**N.º 2**

# **Nuestra aula, EL LABORATORIO**

**Coordinadores del volumen:**

José Manuel Bolado Somolinos  
Rosalino Lorenzo Muñiz  
Agustín Lozano Pradillo  
Ana Oñorbe de Torre

**Dibujo de la cubierta:**

Emilio Montoro Sánchez-Prieto

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA  
Dirección General de Enseñanzas Medias  
Madrid  
1983**



Tirada de este número: 6.000 ejemplares  
Precio de este número: 200 pesetas

Edita y distribuye:

Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia  
Ciudad Universitaria, s/n. Madrid-3

Publicidad:

Teléfono 4496663. Madrid

Redacción:

Dirección General de Enseñanzas Medias  
Paseo del Prado, 28. Madrid-14

Imprime:

HEROES, S. A.  
Torrelara, 8.—Madrid-16  
Depósito legal: M. 22.627-1983  
ISSN: 0212-484-X

# Prólogo

A los que hemos aceptado colaborar en la *Nueva revista de enseñanza*, medias nos ha sorprendido agradablemente el gran número de artículos y trabajos remitidos por los profesores de ciencias. Desgraciadamente, los números ordinarios tienen escasas posibilidades de dar a luz más que algunas muestras. Por esa razón nos ha parecido de interés preparar un número extraordinario dedicado exclusivamente a la docencia en los laboratorios.

La selección de los trabajos para el volumen que ahora presentamos se ha hecho atendiendo a dos deseos: que contuvieran una información valiosa y que nos motivaran para ir cambiando los métodos de la enseñanza de las ciencias.

Nuestros centros están dotados, aunque precariamente, de material y equipo de laboratorio. En mayor o menor medida, todos tenemos la posibilidad de preparar prácticas. Es obvio que esto no se puede afirmar sin que inmediatamente reconozcamos las mil dificultades que existen para llegar a una enseñanza basada en los métodos experimentales. Pero también es triste comprobar cómo las inversiones realizadas en este material pueden permanecer —y de hecho ocurre así en ocasiones— totalmente improductivas.

Hay un sinnúmero de inconvenientes para que nuestra aula sea el laboratorio. Sin pretender ser exhaustivos enumeremos algunas: clases masificadas, instalaciones inadecuadas, equipamiento escaso y poco útil, falta de horario para dedicar al laboratorio, formación inespecífica del profesorado, etc. Pero, si se tiene en cuenta que la metodología experimental despierta el interés del alumno por el aprendizaje de las ciencias y les capacita para multitud de actividades profesionales en el futuro, es de esperar que los inconvenientes citados y otros que pudieran existir se vayan eliminando con la participación de todos: de los profesores dispuestos a mejorar la calidad de su trabajo, de los alumnos y sus familias exigiendo una mejor calidad de la enseñanza y de la administración pública que parece dispuesta a comprender la situación y a poner los medios que vayan permitiendo los presupuestos.

Los artículos y trabajos que se incluyen en este volumen, y los que no se han incluido por falta de espacio, son un síntoma de la inquietud que existe entre los profesores para llegar a ese tipo de enseñanza práctica. El lector apreciará, sin duda, lo que sus compañeros hacen en el laboratorio. Con inde-

pendencia de la mayor o menor altura científica, el trabajo de cada cual servirá para que nuestros alumnos aprendan ciencia haciendo ciencia. Mientras manejan los aparatos, van obteniendo unos resultados que después clasifican y estudian, y al final del proceso sacan consecuencias de provecho para aumentar su conocimiento científico.

Confiamos en que este volumen ha de estimularnos a todos para llevar a nuestros alumnos hasta el laboratorio. Es de esperar que muchos piensen que ellos pueden hacer cosas tan buenas o mejores, y que de hecho hacen prácticas tan interesantes como las publicadas. Eso sería para nosotros una gran satisfacción.

Si la *Nueva revista de enseñanzas medias* no tiene capacidad para dar acogida a todos los trabajos de categoría y calidad, bueno será que los profesores de ciencias nos coordinemos y promocionemos otros medios de difusión y otras publicaciones. La relación entre los compañeros, la participación en seminarios, grupos de trabajo, etc., es un aspecto esencial, irrenunciable, de la formación permanente del profesorado. Hay que unir esfuerzos para mejorar todos.

Ojalá este volumen nos facilite nuestro trabajo en el laboratorio y constituya un acicate para ahondar en nuestra materia y en la relación mutua.

#### **LOS COORDINADORES DEL VOLUMEN**

# ***Preliminares***





# *Reflexiones sobre los laboratorios en la enseñanza media*

Jacinto MARTÍNEZ BALDÓ\*

## **Introducción**

En nuestra experiencia como docentes, muchas veces nos hemos encontrado con críticas provenientes de diversos sectores relacionados con el mundo de la educación —compañeros, padres, alumnos...—, que inciden sobre la enseñanza excesivamente teórica de las Ciencias, lo que implica una aceptación por parte de los alumnos de una serie de dogmas que están apoyados exclusivamente en la autoridad del profesor, lo que puede llevar fácilmente a la transformación de las asignaturas científicas en meramente descriptivas y memorísticas.

Los razonamientos clásicos de falta de material, tiempo, número de alumnos demasiado elevado, ausencia de ayudantes cualificados... —con gran parte de razón en muchos casos—, son sustituidos a veces por una utilización rutinaria del laboratorio, donde se realizan experiencias de comprobación y donde los alumnos siguen unos pasos preestablecidos para llegar a las mismas conclusiones previstas de siempre. Esta forma de utilización del laboratorio, evidentemente, impide el que a tales docentes se les acuse de falta de interés o de poco uso de los mismos, pero el hecho significativo es que esta forma de utilización suele ser tan poco formativa como una clase expositiva y magistral.

El laboratorio debe utilizarse como elemento esencial en un nuevo enfoque de la enseñanza: más participativa, individualizada y activa; donde se fomenten las dotes de observación, desarrollando el espíritu investigador y crítico, donde el método científico sea una herramienta de trabajo cotidiana.

---

\* Catedrático de ciencias naturales en el I. B. mixto de Canals (Valencia).

## Tipos de laboratorio

Una clasificación amplia de los laboratorios presenta dos grupos bastante diferenciados: a) *laboratorio de investigación*, que suele estar totalmente condicionado por la naturaleza particular de la actividad a realizar y donde es muy difícil determinar las necesidades de espacio y equipamiento antes de desarrollar un programa concreto, b) *laboratorio de enseñanza*, donde deben desarrollarse ciclos didácticos repetibles, cuya duración en algunos casos debe ser limitada y controlada y que será utilizado sucesivamente por grupos pertenecientes a cursos distintos. Podemos distinguir en éste dos modalidades principales de utilización: b<sub>1</sub>) *método de comprobación*, basado en el seguimiento fiel de los guiones de prácticas que llevan a la observación de fenómenos o a la comprobación de aspectos ya estudiados. Así se pretende conseguir: desarrollo de destrezas de laboratorio, desarrollo de hábitos de trabajo en equipo, comprobación experimental de leyes, desarrollo de hábitos de orden y limpieza...; b<sub>2</sub>) *método de investigación*, intenta que los alumnos desarrollen destrezas y operaciones mentales como si fuesen científicos creativos. En esta modalidad se puede trabajar en varios niveles: en el más sencillo, se formulan problemas y se describen medios y procedimientos. En el más complejo para los alumnos y a su vez más difícil de poner en práctica, se dejan abiertos tanto los problemas como los medios y métodos.

Debemos mencionar una modalidad interesante en el caso de la enseñanza secundaria: las *aulas-laboratorio*. Su objetivo consiste en integrar de la forma más completa la enseñanza teórica y la enseñanza práctica, consideradas como dos fases inseparables de un mismo proceso de enseñanza-aprendizaje y al mismo tiempo eliminar el criterio extendido entre muchos alumnos que asigna a los trabajos de laboratorio un papel auxiliar y paralelo al desarrollo de las clases teóricas.

## Haciendo un poco de historia

Existe muy poca documentación sobre los edificios usados con fines científicos antes del siglo XVII. Es seguro que mucho antes existieron lugares donde se realizaron estos presupuestos: sitios que datan del siglo IV a. de C., donde se hacían aleaciones que se asemejaban a metales preciosos, tintes coloristas... A partir de la mitad del siglo XIII, comenzaron los estudios prácticos de Anatomía y para ello se habilitaron lugares adecuados. El proyecto más antiguo conocido sobre el diseño de un laboratorio fue publicado en el libro *Alquimia* de Andrea Livavius, en 1606. Tras la fundación de la Royal Society se llegó a un desarrollo más rápido de los laboratorios en sentido estricto, que llegó hasta el siglo XIX. Se construyeron laboratorios en universidades alemanas a partir del año 1682, en el que se realizó el de Aldorf; a esta línea de desarrollo en el siglo XVIII debemos el laboratorio arquetípico con bancos y estantes; fue construido bajo las directrices de Liebig en Giessen, donde fundó la primera escuela real para la realización de química práctica, tras su vuelta de París, en 1824. Aquí por primera vez se equiparon los laboratorios con armarios, cajones, estantes en la parte superior para colocar los reactivos, habitaciones especiales para fabricar elementos de vidrio, etc.

La falta de un progreso similar en Francia llevó a Pasteur a escribir una famosa argumentación que podría muy bien ser suscrita por muchos científicos actuales: «... es en los laboratorios donde la humanidad se desarrolla mejor, más fuerte: allí puede aprender a interpretar los trabajos de la Naturaleza, trabajos de progreso y armonía universal, ya que los propios de la humanidad son con demasiada frecuencia aquellos relacionados con la barbarie, el fanatismo y la destrucción».

Los laboratorios de los primeros años del siglo XX ofrecen poco interés, ya que normalmente se hicieron adaptaciones con soluciones tradicionales. No es hasta la mitad de los años treinta, cuando los problemas inherentes al diseño de laboratorios se independizaron de aquellos pertenecientes a otros campos y siguieron un desarrollo rápido. Destaca el construido por Chermayeff en Blackley, que contenía el germen de un número de ideas sobre laboratorios que posteriormente se desarrollaron en Estados Unidos en los años cuarenta y en Inglaterra en los cincuenta. Chermayeff programaba los planes generales basándose en el espacio necesitado por cada trabajador considerado individualmente. Los bancos de trabajo se situaban formando ángulo recto con las paredes laterales, con lo que se facilitaba la disposición de los servicios, que estaban situados en conductos subterráneos (figura 1).

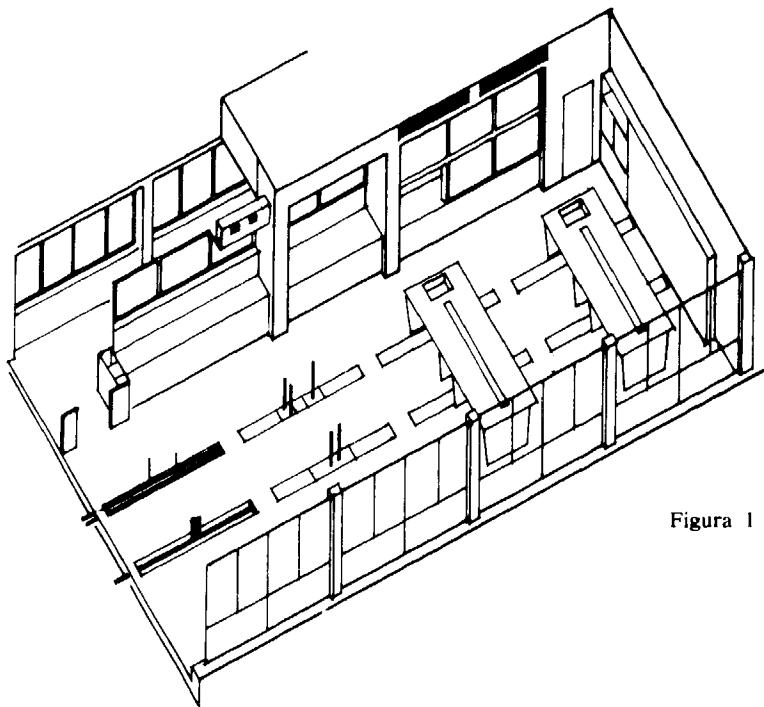


Figura 1

El desarrollo subsecuente americano se puede observar en los laboratorios de la Bell Telephone Co., diseñado por Voorhees, Walker, Foley y Smith en 1941. Los servicios se conducen por las paredes laterales, en oposición a la solución aceptada por Chermayeff (figura 2).

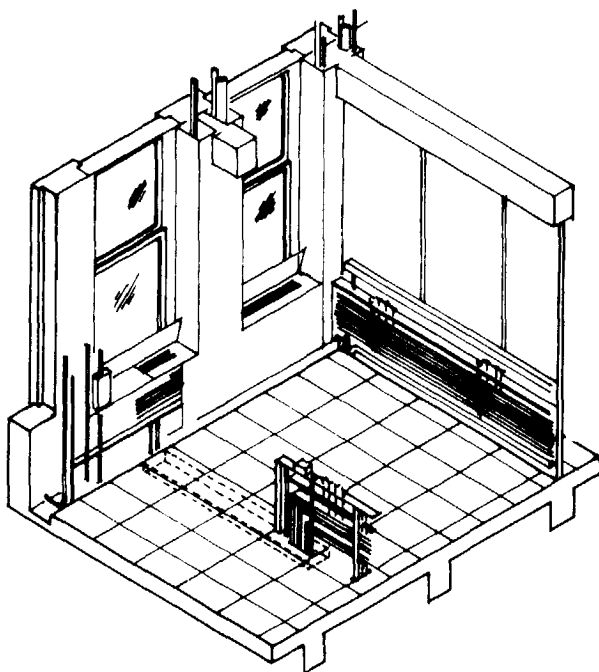
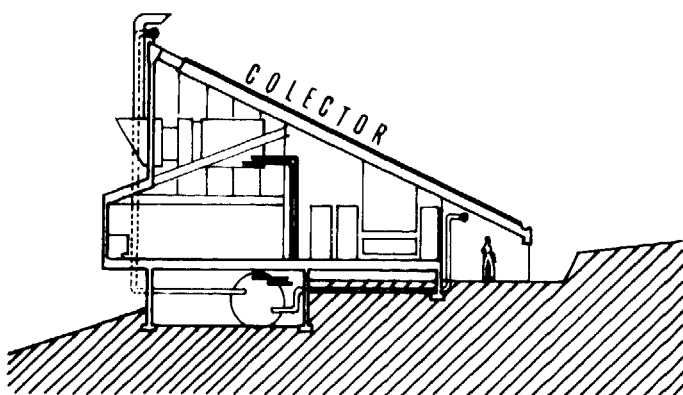


Figura 2

De la misma época datan los laboratorios LMS en Derby, donde para aumentar la flexibilidad se situaron paredes desmontables entre las diferentes zonas. Esta idea fue desarrollada por E. D. Jefferis, quien situó un entramado que le permitía situar paredes internas desmontables en cualquier lugar y a una distancia mínima de 1,20 metros.

Otra corriente desarrollada en los Estados Unidos, distribuía los servicios a partir de paredes externas, realizaron estudios muy precisos sobre las condiciones de iluminación, lo que permitió incrementar las salas en profundidad, tomaron en consideración las necesidades de cada trabajador y la facilidad de instalación y mantenimiento de los servicios. Todas estas propuestas fueron estudiadas y desarrolladas por la división de arquitectura de la Fundación Nuffield, y tuvieron una gran influencia en los edificios de los años sesenta. A partir de este punto, todos los proyectos hacían referencia a la distribución de los servicios de manera horizontal —por el suelo o por el techo— o mediante conductos verticales.

El futuro de los laboratorios es incierto: están designados para acomodar actividades que a menudo no pueden realizarse en ningún otro lugar. Parece demasiado fácil el sugerir que en un mundo en continuo cambio, no deben diseñarse de tal forma que puedan impedir su posible uso futuro para un tipo de actividad que sea mucho más —o mucho menos— especializada. Un ejemplo de adaptación a la situación actual lo encontramos en el edificio de Ciencias de la escuela secundaria Madeira en Greenway (Virginia). El edificio está aislado del bloque principal, evitando así posibles interferencias en el desarrollo de la labor docente, teniendo el techo totalmente inclinado y cubierto de paneles solares —utilización de nuevas fuentes de energía— (figura 3). Por otra parte, el diseño de los interiores —tan descuidado hasta ahora— ofrece incluso más posibilidades de mejora y evolución, y es este campo donde los docentes —conocedores de las necesidades didácticas y pedagógicas— tenemos una opción muy importante en los proyectos de nuevos laboratorios o en las readaptaciones de los mismos.



### **Los docentes y la construcción escolar**

Casi todos los tratados sobre laboratorios y su fase de planificación y construcción realizados por docentes e incluso arquitectos critican la falta de un proceso de participación de los primeros en la concepción de los mismos. Normalmente los profesores no son consultados en ningún estudio previo, y sólo se ponen en contacto con las realizaciones una vez han concluido. Ejemplos recientes como las Jornadas de Arquitectura escolar constituyen ejemplos aislados y no por ello menos significativos. En ellas se ha determinado la necesidad de planificar correctamente los locales dada la tendencia hacia una mayor permanencia de los profesores en los Centros y hacia una formación integral de los alumnos, lo que implica una mejora en las dotaciones a la enseñanza (laboratorios, material didáctico...), una mayor y mejor

utilización de los medios audiovisuales, etc. Por otra parte, la crítica a los elementos que integran los proyectos actuales —calefacción, ventilación, fontanería, carpintería, seguridad, acabados...—, que sitúa a los docentes como verdaderos expertos en la búsqueda de soluciones, hace que consideremos necesaria la presencia de los profesores en todos los proyectos de construcción escolar.

La participación en algunas fases de la construcción escolar debe considerarse como uno de los instrumentos de que disponen los enseñantes para realizar sus objetivos pedagógicos. Diferentes ejemplos en varios países han demostrado cómo, en muchos casos, los enseñantes han encontrado soluciones constructivas e ingeniosas a los problemas de adaptación de edificios viejos o en la realización de nuevos. Para estimular las iniciativas por parte de los profesores es necesario que éstos participen en los procesos de concepción y consulta.

Podemos señalar varios puntos de participación de los enseñantes en la construcción escolar:

a) Participación en la adaptación de los edificios construidos, con la finalidad de realizar los nuevos objetivos pedagógicos.

b) Participación como miembros activos en los equipos para la programación y utilización de las construcciones nuevas:

- En las fases de programación y construcción.
- Equipamiento y amueblado.
- En la iniciación a la utilización de la planificación continua.

c) Participación en los trabajos de desarrollo y mejora de la construcción escolar.

d) Formación de los enseñantes hacia la utilización de la construcción escolar como un constituyente más de su labor docente, pudiendo asumir las siguientes funciones:

- Definir los problemas ligados a la realización de los objetivos pedagógicos.
- Trabajar de tal forma que la metodología permita traducir los objetivos en modelos pedagógicos y consiguientemente en necesidades de las instalaciones.
- Intervenir en el proceso de retroacción a través de una crítica constructiva de las soluciones de concepción.

## **Los enseñantes y los laboratorios**

Los laboratorios son una muestra clara de las contradicciones que existen entre los diseñadores y usuarios y que surgen de los sistemas rígidos de clasificación de los espacios construidos y de las actividades para los que han sido proyectados. La palabra «laboratorio» implica un lugar en el que por virtud de una provisión más extensiva de servicios, es capaz de desarrollar unas escalas de actividad de un rango más amplio en el tiempo y en el

espacio. Por eso, no es de extrañar que surja una referencia a la *flexibilidad* en la mayoría de las publicaciones sobre el tema. El planear un laboratorio en este contexto significa el proveer un espacio para un tipo de actividad que es extremadamente impredecible en sus evoluciones y precisa un planeamiento operacional bien definido; lo que implica el planear en base a la flexibilidad y al crecimiento. Los laboratorios escolares son parte de un campo mucho más amplio de posibilidades para la trasmisión de la información. Los ciclos didácticos son repetibles y debe lograrse un aprovechamiento máximo, gracias a la rotación de los alumnos, lo que plantea un problema técnico de *circulación y distribución*. En la mayor parte de los casos, la similitud relativa en el tiempo de las operaciones o trabajos a realizar no requiere unos espacios superflexibles, dado que suponemos que existe un control de los métodos y contenidos para lograr un desarrollo controlado en el tiempo. Por otra parte, es imposible determinar cuáles serán las necesidades de espacio y equipamiento a medida que los proyectos se desarrollan, por lo que será necesario evitar todo diseño que implique la existencia de muchas zonas invariables y fijas —esto hace que, a menudo, el tema de la flexibilidad esté directamente transmitido al problema del equipamiento interior y amueblado—. Deberán estar lo suficientemente aislados para poder trabajar en buenas condiciones de sonorización. El problema se complica con la aparición de la estructura técnica necesaria —conducciones de agua, gas, electricidad, etc.—. Así pues, existen un gran número de consideraciones que debemos tener en cuenta a la hora de planear un laboratorio: la necesidad de programar y repetir los ciclos didácticos, la consecución de una distribución idónea de los servicios y de las estructuras internas que facilite la circulación, el aislamiento, la flexibilidad...

Al margen de este tipo de factores, debemos observar el cumplimiento de una serie de normas que faciliten el desarrollo de nuestra labor didáctica:

- a) Todos los alumnos deben ser fácilmente accesibles al profesor.
- b) Los desplazamientos, tanto de los alumnos como del profesor, deben estar reducidos al mínimo.
- c) Todos los alumnos deben estar situados cerca de los materiales necesitados (armarios, fuentes de luz, gas...).
- d) El profesor debe ver a todos los alumnos y ser visto por todos.
- e) Las instalaciones de agua, gas y electricidad estarán controladas por llaves maestras, que estarán situadas al alcance del profesor.
- f) Las proporciones relativas al mobiliario y al espacio se mantendrán; el laboratorio tendrá una superficie aproximada de dos metros cuadrados por plaza ocupada o prevista.

## La búsqueda de soluciones

### A) Modelos de laboratorio

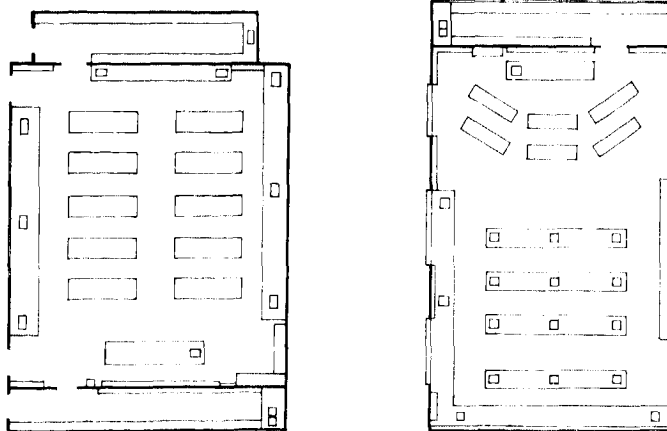
Como aportación particular al diseño de laboratorios —nuevos o readaptados—, y dentro del contexto participativo de los enseñantes en la planificación de las construcciones escolares, hemos realizado una serie de bocetos

que creemos pueden contribuir a la búsqueda de soluciones en algunos casos, así como de crítica constructiva a algunos ya existentes. Algunos modelos son utilizados actualmente en escuelas secundarias de Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, España, etc. y otros responden a diseños propios.

Tomando como referencia la situación en algún país, donde la tendencia general apunta hacia un aumento en el número de horas prácticas en las asignaturas de ciencias —en algunos cursos secundarios de Estados Unidos el número de clases teóricas debe ser igual al de clases prácticas realizadas en el laboratorio—, pensamos que los laboratorios deben adaptarse buscando la viabilidad de que esta posibilidad pueda realizarse. Por esa razón, pensamos que cada centro escolar presentará una problemática concreta, que de ninguna forma puede abordarse con soluciones estereotipadas o prefijadas, y siguiendo este criterio pretendemos apuntar datos que puedan servir de ayuda en un momento dado.

El intentar dar una visión global que pueda servir para los distintos laboratorios de ciencias hace que queden sin tratar algunos problemas muy importantes —las mesas que deben utilizarse para Química no deben ser iguales que las de Geología o Biología, ya que cada una debe estar adaptada en cuanto a resistencia a productos, facilidad de servicios... al trabajo concreto que deben soportar—, e incluso que los comentarios a cada modelo no sean muy extensos, pero nuestra intención ha sido el realizar un trabajo amplio; se necesitan posteriores trabajos específicos para abordar las soluciones a cada laboratorio en particular.

- Un modelo muy utilizado ha sido el correspondiente a las aulas-laboratorio clásicas (figura 4), donde las mesas con situación fija ocupan casi todo el espacio. Esta distribución implica dificultades de tránsito, y exige que los materiales de cada práctica se sitúen en armarios o cajones situados muy cerca de los alumnos. Las pilas de agua suelen



Figuras 4 y 5



situarse en los extremos de las mesas, con lo que se limita su accesibilidad.

- Una distribución similar, pero con mesas móviles asegura un aumento en la flexibilidad, pero obliga a situar los servicios en los bancos laterales o en el centro del pasillo, algo alejados de los alumnos.
- La tendencia actual hacia la disminución del número de alumnos por clase práctica —unos veinte alumnos o cuarenta con dos profesores—, posibilita la creación de un tipo de laboratorio donde aparecen dos zonas claramente definidas y susceptibles de ser separadas totalmente por una puerta plegable. La primera zona corresponde a un laboratorio —cuya disposición puede variar—, mientras que la segunda —próxima a la mesa del profesor— se asemeja a un aula con varias mesas móviles alrededor de la mesa de demostración —donde se pueden realizar experiencias de cátedra—; se logra así una utilización del espacio mucho mayor y mejor (figura 5).

La utilización de bloques centrales de servicio —con gas, pila central de agua y toma eléctrica— ha solucionado muchos problemas al intentar conseguir la máxima flexibilidad a pesar de ocupar estos bloques una posición fija —ya que lo contrario aumentaría considerablemente los costes de construcción— (figura 6). Estos bloques pueden distribuirse de la forma más conveniente por el laboratorio, aunque una vez decidido su lugar se mantendrá fijo. Esta solución permite que existan emplazamientos concretos y fácilmente accesibles de los materiales necesitados y exige que las mesas de los alumnos sean ligeras y transportables. Aparecen algunas variantes (figura 7):

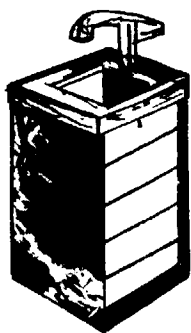


Figura 6

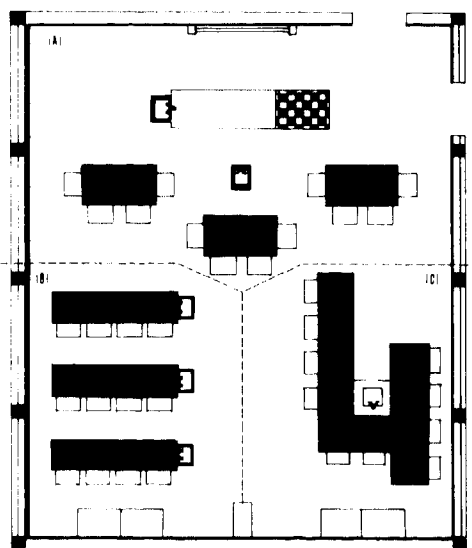


Figura 7

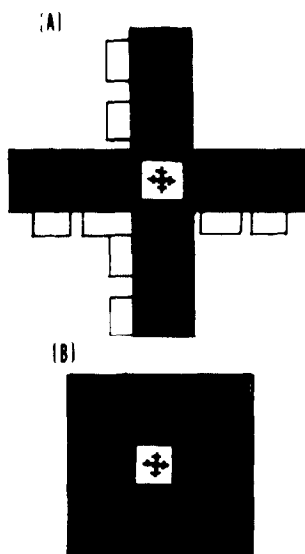


Figura 8

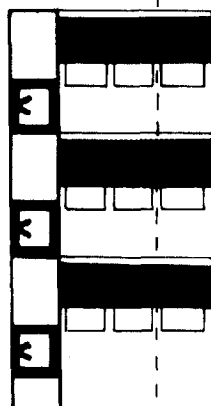


Figura 9

- En la señalada como (A) se ofrece una circulación muy buena, siempre que los alumnos no necesiten los bloques centrales con frecuencia, pues está muy alejado.
- La solución (B) presenta una distribución similar a las aulas-laboratorio con sus mismos problemas, pero con la ventaja de que las mesas pueden redistribuirse con facilidad.
- La distribución que aparece en (C) permite que casi todos los alumnos se sitúen cerca de los servicios del bloque central y que al mismo tiempo puedan tomar notas con facilidad o asistir a una proyección, dando un giro máximo de noventa grados algunos alumnos.
- Una variante de esta última distribución está representada por la figura 8. Los bloques centrales están rodeados por las mesas en disposición de cruz. Presenta las mismas ventajas que en el caso anterior (A), pero con la posibilidad de situar las mesas alrededor del bloque para facilitar la limpieza y conservación del conjunto.
- Un modelo utilizado en nuestro país es el que aparece en la figura 9, que representa una distribución típica de un laboratorio modular. Cada módulo puede ser ocupado por dos o tres personas, sirviendo la poyata —donde se ubican los servicios— como base fija estructural, disponiendo además de estantes para almacenar material. Presenta algún problema en cuanto a circulación —si cada módulo es ocupado por tres alumnos— y flexibilidad.

Al margen de estos modelos, consideramos muy necesaria la existencia de una sala de proyectos para trabajos individuales de los alumnos, que esté totalmente equipada como un pequeño laboratorio y que disponga de espacio suficiente para poder dejar alguna experiencia de manera semipermanente. Permite, de esta forma, la realización de prácticas de recuperación o el desarrollo de proyectos individuales creativos.

### **B) Utilización plena**

Existe un problema común a todos los laboratorios que consiste en el poco uso que se da a los mismos de acuerdo con sus posibilidades. Por lo que la búsqueda de la máxima utilización, con la consiguiente eliminación de los tiempos muertos y la facilidad para realizar el cambio de curso en el mínimo tiempo posible, aparece como una de las metas a conseguir.

Una solución a este problema viene dada en términos de distribución general, implicando un aumento del espacio destinado a zona de tránsito —corredores, zonas de espera...—, y también la disminución del tiempo necesario para cambiar de práctica —de tal forma que tras un curso de un nivel pueda comenzar otro curso de nivel distinto—, lo cual está íntimamente relacionado con la organización de un laboratorio y con un problema de gran importancia: el espacio destinado para almacenar y guardar los materiales. Una solución a este último problema consiste en disponer los materiales necesarios para cada práctica en bandejas señaladas, de tal forma que al terminar la práctica cada alumno o grupo de alumnos deja la bandeja en su lugar correspondiente, e incluso puede dejar en la mesa la bandeja que utilizará el curso siguiente.

En los últimos años se está desarrollando una tendencia hacia los laboratorios con zonas móviles, que ofrecen soluciones buenas a los problemas expuestos (figura 10). Se basan, por ejemplo, en la existencia de cilindros divididos longitudinalmente en varios compartimentos con estantes, estructura que se asemeja a una puerta giratoria con dos aberturas, una hacia el almacén y otra situada enfrente que da al laboratorio. En la sala de preparación o almacén, el profesor pone en el estante correspondiente a cada curso el material necesario para cada práctica. Los alumnos toman el material al comienzo y lo depositan al final en su lugar de origen. El curso siguiente gira la estructura 45 grados —si el cilindro está dividido en cuatro partes—, y aparecerá el material que necesiten. Este procedimiento permite preparar prácticas con antelación para cuatro o más cursos del mismo o diferente nivel y facilita, además, enormemente la recogida del material.

### **C) La seguridad en los laboratorios**

Constituye un tema de vital importancia, puesto que como resultado de las clases prácticas se puede producir una exposición por parte de los alumnos a cualquiera de los siguientes peligros: a) material de vidrio roto; b) fuego; c) explosiones; d) venenos y humos tóxicos; e) productos químicos; f) electricidad; g) materiales mal almacenados o conservados; h) eliminación inadecuada

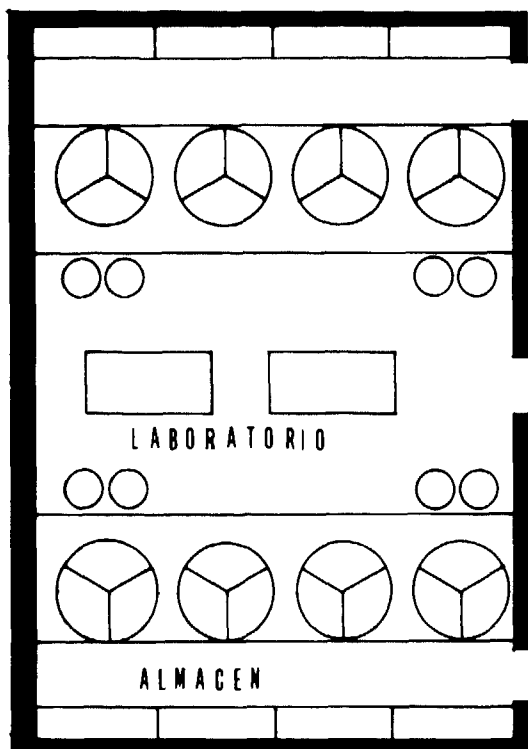


Figura 10

de residuos... Por todo ello, nos afirmamos en la necesidad de que el profesorado de asignaturas que utilicen laboratorios, reciba algún curso sobre primeros auxilios. También consideramos conveniente la situación en distintas zonas del laboratorio de carteles explicativos sobre la forma de actuar en caso de envenenamientos, intoxicaciones, quemaduras, incendios, cortes...

En algunos países existen normas de obligado cumplimiento en los laboratorios, cuya aplicación consideramos muy conveniente y precisa:

- el uso de gafas protectoras de plástico transparente y de una bata plastificada;
- la colocación en una zona de fácil acceso en el interior del laboratorio de una ducha que se pueda descargar con facilidad —por ejemplo, con una cadena—, de aplicación inmediata en caso de incendio de algún sueter, pelo...;
- disponer de una pila de agua de forma ovalada a una altura de unos 110 cm., con dos salidas de agua opuestas y formando un ángulo con la base de la pila de unos 45 grados, de tal forma que incidan directamente sobre los ojos y que ayuden a eliminar de éstos cualquier fragmento de roca, salpicadura de productos químicos, astillas...;

- botiquín de primeros auxilios que sea revisado y completado periódicamente;
- extintores revisados y en perfecto estado de funcionamiento;
- realizar una vez al trimestre como mínimo la salida ordenada del laboratorio de todos los alumnos como ensayo, por si se tuviese que realizar algún día ante una situación grave.

### **Conclusión**

La participación de los docentes en todos los procesos de materialización de los edificios escolares —antes, durante y tras su construcción— aparece como una necesidad básica y debemos considerarla como parte integrante del proceso formativo de los enseñantes. Esto es aplicable en mayor medida a los laboratorios, cuyo diseño interior debería formar parte de la programación general. Corresponde a los profesores el buscar soluciones que se adapten mejor a las necesidades pedagógicas y didácticas y discutir éstas con los arquitectos y constructores, siempre dentro de las características y peculiaridades de cada centro en particular. Posteriormente, la realización de críticas constructivas hace que todo el proceso se enmarque en una planificación continua y con la consiguiente retroacción.

La posibilidad de remodelar algún laboratorio en concreto, nos ha inducido a plantear algunas soluciones en cuanto al diseño interior y amueblamiento parcial de los laboratorios, pensando en la tendencia hacia el incremento en las horas dedicadas al trabajo en los laboratorios, así como en la mayor complejidad en las prácticas a realizar.

Hemos tratado aspectos tan importantes como la flexibilidad, distribución interior, circulación, aislamiento necesario, seguridad..., siempre con la idea básica de que este trabajo constituye sólo una aproximación a la problemática de los laboratorios escolares. Cada laboratorio distinto —Física, Química, Biología, Geología— presenta unas características específicas que requieren un estudio especial como: necesidades concretas —centrifugadora, nevera, autoclave...—, proveedores de material, condiciones de iluminación, ventilación, almacén...

El planteamiento sobre la utilidad real de los elementos educativos utilizados, su revisión y crítica y la búsqueda de nuevas soluciones adaptadas a las necesidades que van apareciendo, deben constituir una parte de la labor cotidiana de los enseñantes, con vistas a la mejora del sistema educativo.

### **Nota:**

Quiero mostrar mi gratitud a Eduardo Nagore Senent, Inspector de Bachillerato del Distrito de Valencia, por su ayuda en la realización de este trabajo.

## Bibliografía

- CLARK, L., y STARR, I.: *Secondary school teaching methods*, New York, Macmillan Publishing C., 1976.
- CUELLO, J., y otros: *Prácticas de Biología*, Barcelona, Ed. Fontalba, 1978.
- FERNÁNDEZ, E.: *Estructura y didáctica de las Ciencias*, Madrid, Servicio de publicaciones del M.E., 1979.
- Jornadas de arquitectura escolar*, Rev. Profesiones y empresas, número 69, Madrid, octubre-diciembre, 1981.
- LÁZARO, I.: «Reflexiones históricas sobre didáctica de la Ciencia», *Rev. de Bachillerato*, número 16, Madrid, octubre-diciembre, 1980.
- MARTÍNEZ, P.: «Enseñanza de las Ciencias en el grado Medio», Publicaciones de la revista *Enseñanza Media*, Madrid, 1964.
- MOORE, A.: *Sunny side up: Madeira Science building*, Progressive Architecture, Westwood, número 2, febrero 1976.
- MUSGROVE, J.: *Laboratories*, Architectural Design, número 43, London, noviembre 1973.
- PEB, I.: *La construction scolaire: Aujourd'hui et demain*, Organisation de cooperation et de developpement economiques, París, mayo 1973.
- PRETTI, M. y otros: *Lab design: Didattica e ricerca nella progettazione dei laboratori*, Casabella, número 357, Milán, 1971.
- RODHE, B.: *Les enseignants et la construction scolaire*, Peb 7, Organisation de cooperation et de developpement economiques, París, septiembre 1976.
- VIDAL, C., y DEL ARCO, E.: *Laboratorios de Física y Química y Ciencias Naturales*, Ediciones de la revista Enseñanza Media, Madrid, 1962.
- WEINBERG, S., y KALISH, A.: *Biology: an inquiry into the nature of life*. Boston, Allyn and Bacon Inc., 1977.
- WILSON, J.: *Biochemistry Laboratories*. Architectural Design, número 897, London, noviembre, 1971.

# *La obtención de agua destilada en los centros de enseñanza*

Juliana GONZÁLEZ HURTADO\*

En estos momentos en que nuestros alumnos tanto oyen hablar de ahorro energético, conflictos sociales originados por los riesgos que implica el uso indiscriminado de centrales nucleares, subida de precios del petróleo, fuentes alternativas de energía, etc., resulta interesante que el Seminario de Física y Química utilice la energía solar para la obtención del agua necesaria en el laboratorio de Química.

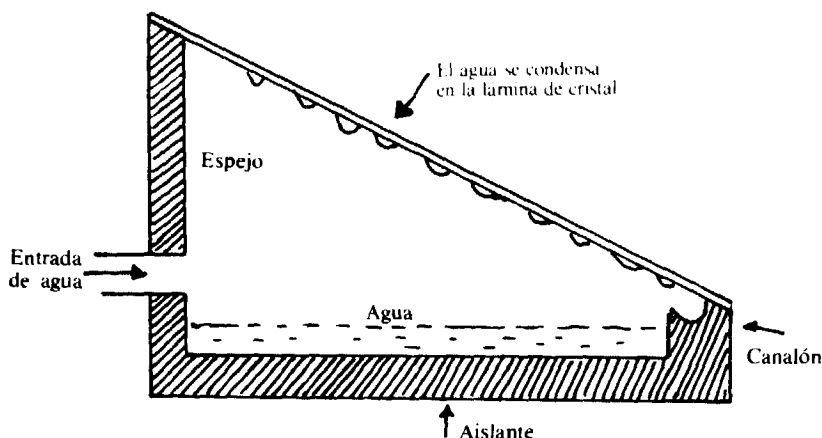
Tradicionalmente, el agua destilada se obtiene en los laboratorios de Química de los Institutos mediante el clásico destilador de vidrio, en el que el alumno puede ver el matraz con el termómetro (caldera), el refrigerante y el colector; últimamente el Ministerio ha enviado a algunos Institutos un destilador eléctrico, mucho menos ilustrativo de cara a los alumnos, pues en él únicamente se puede ver una entrada de agua y dos salidas; una que va a la pila directamente y otra al colector o recipiente donde se almacena el agua ya destilada.

Sin embargo, tanto desde el punto de vista económico como formativo, la obtención de agua destilada, aprovechando la energía solar, es mucho más atractiva.

En un principio, dará pie para indicar que la Tierra constituye, desde el punto de vista químico-físico, un sistema cerrado, por cuanto podemos considerarla rodeada de «paredes» que prácticamente impiden el intercambio de materia con el exterior, pero no el intercambio de energía. Ello lleva, por una parte, a apreciar la diferencia entre fuentes de energía renovables y no renovables, a comprender con más claridad el significado del Segundo Principio de la Termodinámica y a captar la necesidad de aprender a aprovechar al

---

\* Catedrática de física y química del I. B. «Alonso Berruguete». Palencia.



máximo la energía solar; y, por otra parte, permite comprobar la necesidad de que todos los transportes de materia en la Naturaleza transcurran en ciclos.

En la figura se presenta un esquema del destilador solar que existe en este Instituto y que fue construido por los alumnos hace unos cuatro años.

La estructura metálica es de zinc y constituye la única parte del destilador que no fue realizada por los alumnos; se mandó hacer a un herrero, que para su construcción, y por razones de economía, aprovechó una chapa metálica de tamaño estándar. A continuación, los alumnos pintaron la base (aprox.  $1 \text{ m}^2$ ) y parte de las paredes laterales de negro mate, y el canalón, de pintura blanca para piscina. Compraron y colocaron el espejo y el cristal (sencillo de ventana); protegieron la parte inferior y laterales con aislante que pidieron en edificios en construcción y metieron todo en una especie de cajón de madera, que, en un principio, hicieron con puertas viejas. Para terminar, sellaron todo con silicona, pintaron el cajón con la pintura blanca que había sobrado y, para la entrada del agua, hicieron un orificio en el espejo y por él introdujeron un tubo de goma en cuyo extremo exterior colocaron un embudo para facilitar la labor de carga. Para la salida del agua destilada colocaron en el canalón un tapón provisto de un orificio en el que se puso un tubo de vidrio acodado, a través del cual el agua caía al recipiente colector.

Este destilador sirve para recordar o explicar a los alumnos que todos los cuerpos calientes emiten energía radiante (o simplemente, radiación, esto es, energía que se propaga sin concurso de la materia), y que la cantidad (número de julios o calorías) y calidad (frecuencia o longitud de onda) de la radiación emitida por un cuerpo depende de su temperatura. El Sol es un cuerpo caliente y, por tanto, emite energía radiante, que, después de atravesar grandes espacios, llega a nuestro planeta. Esta energía es captada por los cuerpos sobre los que incide la radiación y éstos se calientan hasta una temperatura de equilibrio. Según el curso a que vaya dirigida esta explicación se puede profundizar más o menos en estos conceptos; lo que no cabe duda es que ahora serán más fácilmente comprendidos y asimilados por los alumnos.

A continuación será necesario hacerles ver, experimentalmente, que el calor de un cuerpo está relacionado con la cantidad de energía radiante



absorbida o emitida por un cuerpo y, por tanto, la conveniencia de pintar de negro la base del destilador. (A veces se hace absorbente la propia agua mediante la adición de colorantes negros.)

Por otra parte, en el destilador solar se hace uso de otro fenómeno, conocido desde muy antiguo, y que será conveniente discutir con los alumnos. Se trata del «efecto de invernadero», que utiliza la propiedad que posee el vidrio y algunos materiales plásticos de ser transparentes a las radiaciones de pequeña longitud de onda que transportan la casi totalidad de la energía emitida por el Sol y, sin embargo, son opacos a las radiaciones infrarrojas de longitud de onda superior a 4 micras y que son las radiaciones que emiten los cuerpos a temperaturas que oscilan entre cero y algunos cientos de grados centígrados. De esta forma, la energía solar queda atrapada en el dispositivo y, con ella, se calienta y evapora el agua más rápidamente.

Para que la energía solar, por una parte, atrapada, no se pierda por otra, y pueda emplearse, casi en su totalidad, para evaporar el agua, será necesario aislar convenientemente el dispositivo. Además convendrá orientarlo de manera que sea máxima la radiación incidente.

El agua, una vez evaporada, se condensa sobre la cubierta de vidrio, de acuerdo con el principio de la pared fría. El destilador permite recordar al alumno dicho principio y hacerle ver que es necesario elegir la inclinación y el material más adecuados para que el agua se deslice en forma de película fina. Cuando la condensación es en forma de gotas, una importante fracción de la radiación solar incidente vuelve a reflejarse. El que la condensación se haga en forma de gotas o en forma de película depende de las tensiones superficiales relativas del agua y del material que forma la lámina. Para un cristal, muy limpio y sin grasa, habitualmente se forma una película, pero los materiales plásticos, aunque mucho más baratos, son casi inservibles, ya que facilitan la condensación por gotas.

En cualquier libro sobre energía solar pueden verse otros modelos de destiladores solares. No obstante, éste es el más sencillo y fácil de construir con materiales baratos y al alcance de los alumnos.

Una vez construido el destilador y comprendidos los principios de su funcionamiento, los alumnos pueden llevar a cabo pequeños pero atractivos trabajos de investigación.

Los alumnos pueden, primero, discutir teóricamente de qué forma la profundidad de agua empleada puede afectar al rendimiento del destilador y, después, utilizando distintas profundidades de agua y midiendo la cantidad destilada diariamente, establecer empíricamente el espesor de agua más adecuado. Para ello, se aconseja que los alumnos lleven un cuaderno de notas en donde apunten el día, la temperatura máxima y mínima, la humedad, velocidad del viento, horas de sol (mejor, radiación solar, si se mide en el Observatorio existente en la localidad), profundidad de agua empleada y cantidad de agua destilada.

Si en el Instituto existe un destilador eléctrico, los alumnos pueden determinar la competitividad económica del destilador solar, estimando el desembolso inicial (hay que tener en cuenta que no precisa mantenimiento, ni consume energía, aunque sí tiene un periodo de vida que quizás convenga estimar) y comparándolo con el coste inicial (precio) y de mantenimiento

(precio de la electricidad consumida) de un destilador eléctrico. Una comparación análoga puede hacerse con el destilador de vidrio alimentado con gas butano, si es éste el que se ha utilizado habitualmente.

Los límites de la destilación solar vienen impuestos por el calor de vaporización del agua y la cantidad de radiación solar disponible. Se calcula que para calentar y evaporar 1 gr. de agua se requieren más de 500 calorías (unas 560 cal.). En un día de verano, la radiación solar en nuestras latitudes es de aproximadamente 500 ly/día, es decir, 500 calorías de radiación solar inciden sobre 1 m<sup>2</sup> de superficie horizontal. Si se utilizase todo ese calor en la evaporación, sería posible destilar teóricamente, con una superficie de agua de 1 m<sup>2</sup>, 10 litros. Si se toma una eficacia razonable del 35 % (con algunos diseños se pueden obtener rendimientos del 50 al 60 %), el agua destilada diariamente sería de 3,5 litros.

Los alumnos pueden establecer la eficacia del destilador solar por ellos construido, midiendo la cantidad de agua destilada diariamente, siempre que se conozca la radiación solar incidente. En este caso, incluso pueden llevar a una gráfica la radiación solar o potencia disponible frente a la cantidad de agua obtenida. Es de esperar que se obtenga una relación lineal, a partir de la cual podrán escribir la ecuación que relaciona ambas magnitudes en el caso de su destilador. Por último, podrán determinar si dicha relación varía con la época del año. Se puede explicar por qué la eficacia no es del 100 %. Como factores más importantes hay que tener en cuenta que parte de la energía solar es reflejada (aprox. el 12 %) o absorbida (4-5 %) por el vidrio de la cubierta; que parte del agua, ya condensada, vuelve a evaporarse, con el consiguiente consumo de energía; y que parte de calor se pierde por irradiación del agua caliente (muy variable según la época del año).

Estas son sólo algunas de las múltiples experiencias que pueden hacerse con el destilador solar que, por otra parte, permitirá disponer de abundante y gratuita agua destilada para el laboratorio de Química.

# Montaje y utilización de un fotocolorímetro escolar

A. QUIRANTE CANDEL \*

## Objetivo y fundamento teórico

El propósito de este artículo es poner de manifiesto, con un ejemplo práctico, la posibilidad de puesta a punto de técnicas instrumentales que, haciendo uso del material disponible en un centro de Enseñanza Media, o, en todo caso, de fácil disponibilidad en el comercio, permiten ampliar considerablemente las posibilidades de actuación en el campo de las prácticas de física y química en este nivel.

Concretamente, se describen las operaciones necesarias para el montaje y utilización de un fotocolorímetro escolar disponiendo, como material e instrumentos básicos, de una fotorresistencia y un osciloscopio.

Teniendo en cuenta la elevada respuesta resistencia-iluminación que generalmente presentan las fotorresistencias (1), es de prever que la diferencia de potencial entre los puntos de medida de equilibrio de un puente de Wheatstone, una de cuyas ramas lo forme una fotorresistencia, equilibrado inicialmente en oscuridad total o en una débil iluminación, sea una magnitud que responda con sensibilidad a la intensidad del haz luminoso incidente sobre la fotorresistencia. Al objeto de reducir al máximo la influencia del instrumento de medida sobre el valor de la diferencia de potencial observada, es conveniente la utilización de un osciloscopio de rayos catódicos como instrumento de medida de esta diferencia de potencial. En la figura 1 se representa un esquema del circuito de detección. Llevando los terminales A y B del circuito representados en la figura a las placas verticales de un osciloscopio, podremos obtener una respuesta (en voltios) dependiente de la iluminación sobre la fotorresistencia.

---

\* Catedrático de física y química. I. B. «F. Salzillo». Alcantarilla (Murcia).

(1) HENNIG, W.: *Fotoelectrónica*, Boixareu Editores, Barcelona, 1976, pág. 227.

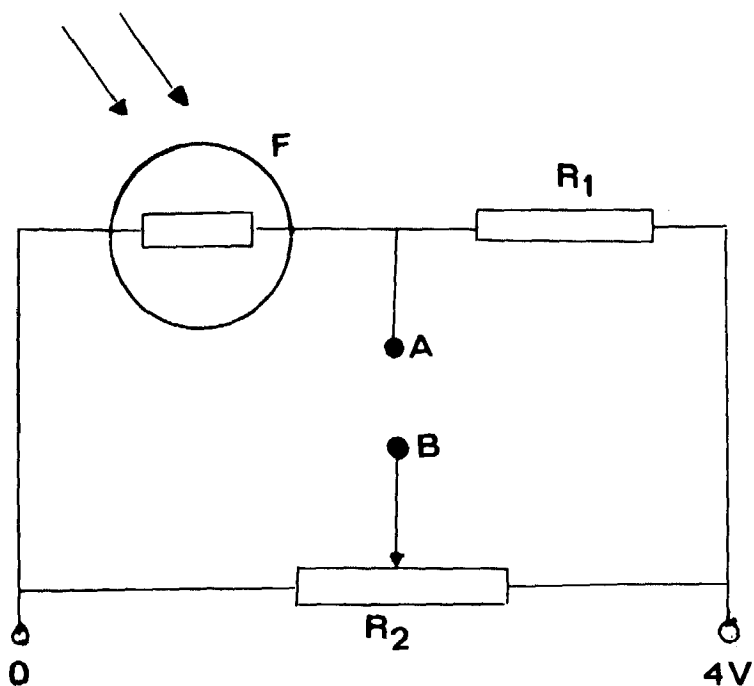


Figura 1.—Esquema del circuito eléctrico para la obtención de una respuesta potencial-iluminación. F, fotorresistencia;  $R_1$ , resistencia;  $R_2$ , potenciómetro.

## Material y montaje

### A) Material

Potenciómetro (1 k $\Omega$ )  
 Resistencia (1 k $\Omega$ )  
 Fotorresistencia  
 Pila de 4,5 V  
 Osciloscopio  
 3 vasos de vidrio de 100 cc.  
 Vidrio plano (10  $\times$  10 cm.)  
 Soporte, torre, nuez doble y pinza  
 Aro metálico  
 Pipeta de 10 cc.  
 Pipeta de 1 cc.  
 Matraz aforado de 1 litro  
 4 gradillas de madera  
 Tubos de ensayo  
 Bombilla de 60 w  
 Cables de conexión.

### B) Reactivos

Sulfocianuro potásico

Nitrato férrico

Sulfato cúprico

Haciendo uso de gradilla, vaso de 100 cc., tubo de ensayo, soporte, torre, nuez doble y bombilla de 60 w se monta el dispositivo de la figura 2, utilizando un orificio de la gradilla para mantener el tubo de ensayo en posición vertical, revistiendo el alojamiento de este tubo de ensayo con una cartulina

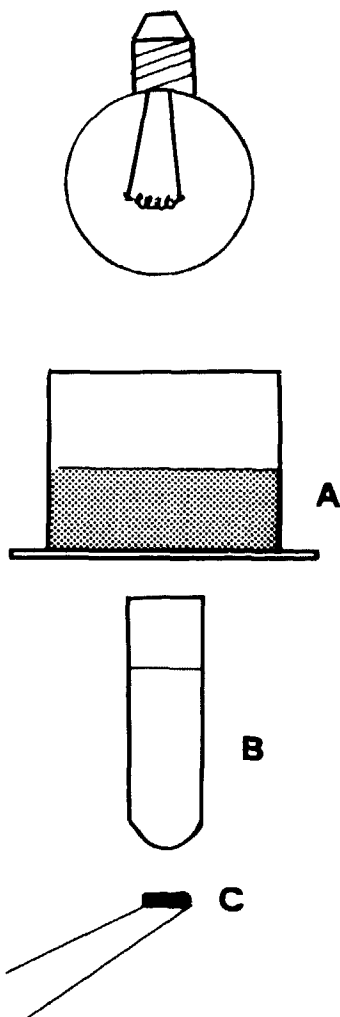


Figura 2.—Dispositivo de detección de la absorción luminosa de una muestra líquida. A, filtro; B, muestra líquida; C, fotorresistencia.

para evitar la incidencia de luz ambiental sobre la fotorresistencia. El vaso señalado como filtro en esta figura está destinado a contener una disolución de color complementario al de la muestra a estudiar, al objeto de disponer, en la medida de lo posible, de un haz de luz con intensidad máxima en longitudes de onda próximas a la de absorción máxima de la muestra. La fotorresistencia formará parte del circuito detector representado en la figura 1, alimentado con una pila de 4,5 V, donde  $R_1$  es una resistencia de 1 k $\Omega$  y  $R_2$  es un potenciómetro de 1 k $\Omega$ .

## Modo de operar

Se pone en funcionamiento el osciloscopio con una frecuencia de barrido horizontal suficientemente elevada para obtener en la pantalla una línea horizontal estable. Se conectan entre sí los terminales de las placas verticales y mediante el mando de desplazamiento vertical se sitúa la línea horizontal de la pantalla del osciloscopio en una línea de referencia de la parte inferior; completamos el ajuste aumentando progresivamente la sensibilidad vertical.

Se conectan a continuación los terminales de las placas verticales del osciloscopio a los puntos A y B del circuito detector, a la vez que se alimenta éste con la pila y se procede al ajuste de iluminación 0 (o mínima) accionando sobre el potenciómetro  $R_2$  hasta que, en condiciones de oscuridad total o de una débil iluminación por debajo del margen de las medidas experimentales, vuelva a situarse la línea horizontal del osciloscopio en la posición 0 voltios fijada anteriormente, modificando, si fuera necesario, la conexión de la pila o la posición de los terminales de las placas verticales al objeto de obtener, en todo caso, respuesta de potenciales positivos en el osciloscopio para las iluminaciones a detectar.

En estas condiciones está dispuesto el sistema para obtener una respuesta en mV creciente con la iluminación, siempre que se mantenga la precaución de mantener fijos durante todas las medidas el mando de desplazamiento vertical del osciloscopio y el potenciómetro  $R_2$  del circuito detector.

## Aplicación práctica

Como ejemplo de aplicación práctica, observemos cómo varía la respuesta en el osciloscopio (en MV) de este dispositivo en función de la concentración del ion coloreado  $\text{Fe}(\text{SCN})^+$ . Las dos gráficas de la figura 3 muestran la lectura obtenida en el osciloscopio (en ordenadas) frente a la concentración (en abscisas) de  $\text{Fe}(\text{SCN})^+$  en un volumen de muestra fijo (12 cm<sup>3</sup>). Las muestras se prepararon añadiendo cantidades crecientes de KSCN a una disolución con una concentración fija, notablemente en exceso, de  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , enrasadas a un volumen final de 12 cm<sup>3</sup>. Como filtro se utilizó una altura de 2 cm. de una disolución 1M de  $\text{CuSO}_4$ . Finalmente, como fuente de alimentación del circuito detector se utilizó una pila de 4,5 V.

La gráfica a) de esta figura ha sido obtenida accionando sobre el potenciómetro de ajuste de 0 hasta conseguir respuesta 0 mV en condiciones de oscuridad total de la fotorresistencia. La gráfica b) se obtuvo accionando

sobre el mismo potenciómetro hasta reducir la respuesta correspondiente a la disolución más concentrada a un nivel de, aproximadamente, 90 mV. En estas condiciones se obtiene una curva de mayor utilidad como curva de calibrado en el intervalo de concentraciones considerado. La forma de la curva pone de manifiesto la capacidad para evaluar concentraciones de  $\text{SCN}^-$  de disoluciones problema en el margen de concentraciones que va desde  $0,2 \times 10^{-5}$  hasta  $6 \times 10^{-5}$  M, en las condiciones experimentales en que ha sido obtenida esta gráfica.

En la figura 4 se aplica el método de relación de pendientes (2) para la determinación de la estequiometría del complejo  $\text{Fe}(\text{SCN})_2^+$ . El método, descrito en la bibliografía, consiste en la comparación de las pendientes de las rectas Absorbancia-concentración del compuesto  $\text{AB}_x$  obtenidas, en un caso manteniendo una concentración fija, notablemente en exceso, de A, y cantidades crecientes de B y, en otro, inversamente, manteniendo un exceso

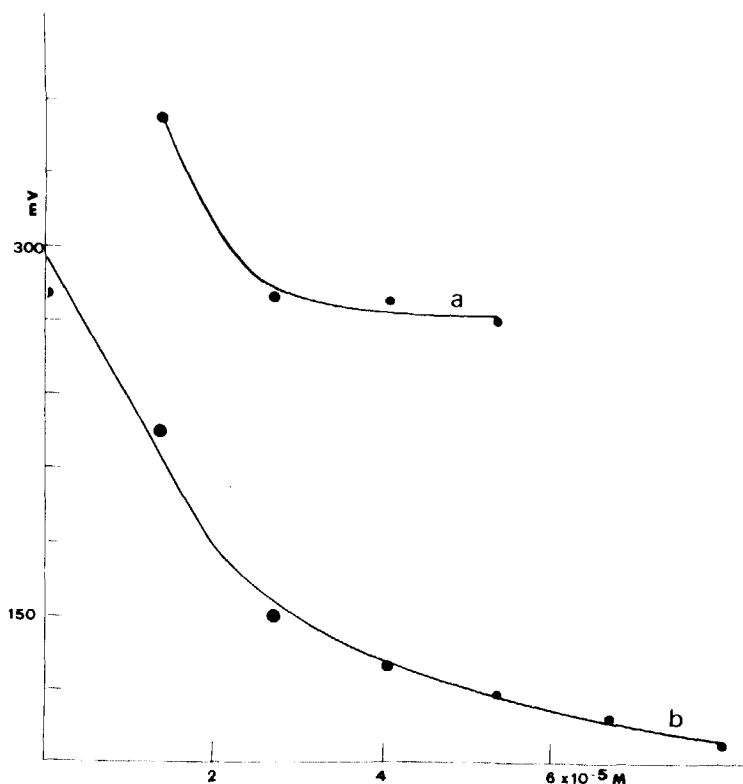


Figura 3.—Respuesta en mV (ordenadas) frente a la concentración (abscisas) de  $\text{SCN}^-$  en presencia de un exceso de  $\text{Fe}(\text{III})$ . a) ajustando el potenciómetro en condiciones de respuesta nual para oscuridad total de la fotorresistencia; b) modificando la posición del potenciómetro hasta reducir la respuesta de la muestra más coloreada hasta 90 mV.

(2) AYRES, G. H.: *Análisis Químico Cuantitativo*. Ediciones Castillo, Madrid, 1970, pág. 496.

constante de B y cantidades crecientes de A. Cuando la respuesta, en absorbancia, es proporcional a la concentración de la especie coloreada  $AB_x$ , en ambos casos se obtienen rectas que parten del origen, cuya relación de pendientes es el valor de  $x$ .

En la figura 4 se representa las respuestas (en mV) obtenidas en las condiciones de operación del método descrito. La curva B) muestra la respuesta frente a concentración de  $Fe^{+3}$  en presencia de exceso de  $SCN^-$  y de una concentración  $10^{-3}M$  de  $HNO_3$  para obtener un pH que permita la formación del complejo. La curva A) muestra la respuesta en mV frente a la concentración de  $SCN^-$  añadida, en presencia de  $Fe^{+3}$  en exceso. Aunque no hay una respuesta lineal, sí es fácil observar que concentraciones dobles de  $SCN^-$  que de  $Fe^{+3}$  producen la misma respuesta, lo que se corresponde con la fórmula  $Fe(SCN)^+_2$  para el compuesto coloreado. Este resultado no

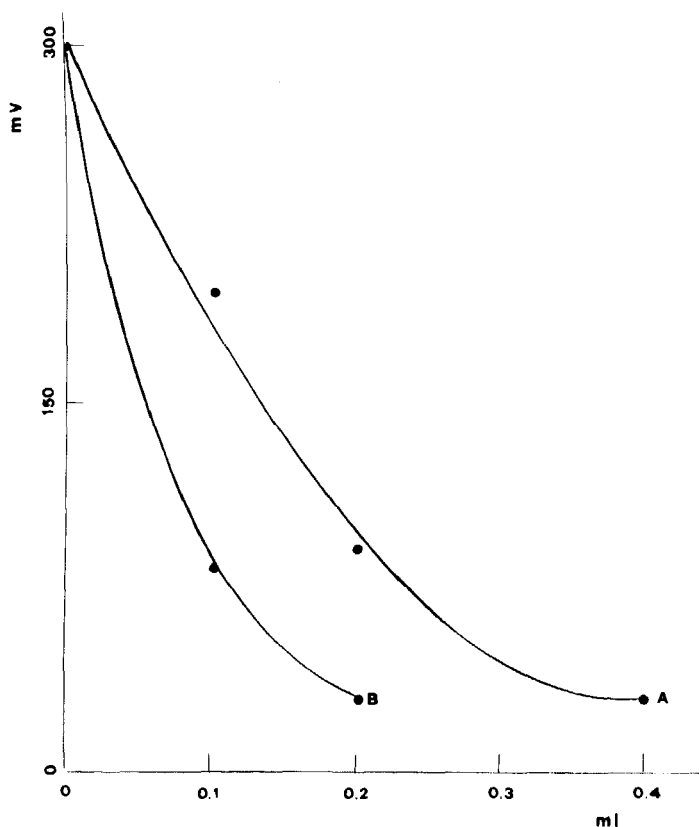


Figura 4.—Aplicación del método de relación de pendientes para la determinación de la estequiometría del complejo  $Fe(III)-SCN$ . A) ml. de  $SCN^-$  0.001 M añadida a la muestra, en exceso de  $Fe(III)$ . B) ml. de  $Fe(III)$  0.001 M añadida a la muestra, en exceso de  $SCN^-$ .



está de acuerdo con los propuestos en la bibliografía, donde se aceptan fórmulas 1:1 (3) ó 1:3 (4). Por otra parte, la amplia divergencia observada en la bibliografía en los datos de constantes de equilibrio de los complejos Fe(III)-SCN (5, 6, 7) plantea un problema de discusión interesante, pero que escapa del propósito de este artículo.

### Otras aplicaciones

Los resultados obtenidos muestran, en un determinado intervalo de concentraciones, una sensibilidad equiparable a la de un espectrofotómetro comercial, aunque de respuesta no lineal a la concentración. Este hecho sugiere la posibilidad de utilización de este dispositivo en el estudio de reacciones químicas cuyo transcurso pueda seguirse por variaciones de la absorción de la luz, tales como determinaciones fotométricas, valoraciones fotométricas, turbidimetrías y estudios cinéticos de procesos en los que se produzcan cambios de color o precipitados.

---

- 
- (3) AYRES, G. H.: Referencia (2), pág. 351.
  - (4) JANDER, G.: *Análisis Volumétrico*. Uthea, México, 1961.
  - (5) BUTLER, J. N.: *Ionic equilibrium, a mathematical approach*, Addison-Wesley Massachusetts, 1964, pág. 467.
  - (6) RINGBOM, A.: *Formación de complejos en química analítica*. Editorial Alhambra, Madrid, 1979, pág. 361.
  - (7) VICENTE PÉREZ, S.: *Química de las disoluciones*. Ed. Alhambra. Madrid, 1979, pág. 293.



***Ciencias naturales***



# ***Fauna silvestre protegida y animales para las experiencias didácticas de laboratorio***

M.<sup>a</sup> Rosario SÁNCHEZ\*  
y Carlos-José HERNÁNDEZ\*\*

Frecuentemente nuestros alumnos capturan en el campo ejemplares de animales, a los que han dado o no muerte, y nos los traen al laboratorio. Por otra parte, los mismos profesores utilizamos diversos animales para las clases prácticas. Generalmente se trata de animales domésticos, o de los llamados «de laboratorio», pero también a veces son silvestres. Hasta hace poco tiempo no existían grandes problemas legales para la utilización de estos materiales, pues estaba vigente el Decreto 2.573/1973, según el cual la fauna española estrictamente protegida incluía sólo 54 especies zoológicas, todas ellas muy conocidas sobre todo gracias a los carteles murales publicados y difundidos por el Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA), del Ministerio de Agricultura. Prácticamente todo el mundo ya sabía que el lince, el gato montés, las aves rapaces, las tortugas de tierra y el camaleón, entre otros, son animales intocables.

Más recientemente, la fauna española estrictamente protegida ha sido ampliada de forma impresionante, hasta llegar a un total de unas 400 especies, por el Real Decreto 3.181/1980, dado en Baqueira-Beret el 30 de diciembre de 1980. Puesto que este texto legal es fácilmente asequible por haber sido publicado en el *Boletín Oficial del Estado* del 6 de marzo de 1981, no lo reproducimos aquí, aunque partimos de su conocimiento.

---

\* Catedrática de C.N. en el I.B. de Ocaña (Toledo).

\*\* Doctor en Biología. Catedrático de C. N. en el I. B. «Quevedo», Madrid.

Lo primero que salta a la vista, desde la primera ojeada a la nueva lista de especies protegidas, es la relativa abundancia aparente —y facilidad de captura— de muchos animales allí incluidos. Ésta es una diferencia fundamental con la lista antigua, pues ya antes nadie cazaba un oso pardo o un buitre, pero sí pájaros, lagartos, ranas, sapos o culebras, la mayoría de cuyas especies están ahora absolutamente prohibidas.

Sin entrar aquí en consideraciones teóricas sobre la protección de la naturaleza, y también sin perjuicio de que cada cual sea libre de tener su propia opinión sobre esta nueva ley, nos ha parecido interesante ofrecer a los profesores y alumnos de biología algunos comentarios exclusivamente técnicos sobre la lista ampliada de especies animales protegidas, con especial hincapié en algo que, obviamente, no se especifica en el texto legal: qué animales sí están todavía permitidos.

Cuando citamos especies concretas permitidas (y no sólo taxones más amplios), las indicamos simultáneamente con su nombre más aceptado en castellano y con su nombre científico. En aras del ahorro de espacio, de las especies protegidas daremos sólo nombres populares, pues los científicos constan en el Real Decreto de referencia, si bien ha de tenerse cuidado con los frecuentes errores ortográficos —y algunos no sólo ortográficos— con que allí aparecen.

Los interesados en identificar con precisión las especies zoológicas existentes en España y en conocer otros detalles de ellas consultarán con provecho las guías de campo disponibles, de las cuales anotamos algunas al final, como bibliografía básica.

## 1. Mamíferos

Se amplía de 7 a 37 el número de especies protegidas.

- INSECTÍVOROS: Está prohibido el desmán o topo de río, pero no los otros dos topes: el común (*Talpa europaea*) y el ciego (*T. caeca*). Asimismo, está protegido el erizo moruno, pero no el común (*Erinaceus europaeus*). Las ocho especies de musarañas pueden emplearse en el laboratorio.
- QUIRÓPTEROS: La consideración de estrictamente protegidos para todos los murciélagos (25 especies) es una diferencia notable entre la ley ahora vigente y la que ha quedado derogada, que no citaba ninguno.
- ROEDORES: De nuestras 19 especies, sólo está prohibida una, el llamado topillo mediterráneo o ratilla asturiana. En el orden afín de los *Lagomorfos* están permitidos los dos existentes en España: el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y la liebre (*Lepus capensis*).
- CARNÍVOROS: Están permitidos los cánidos —lobo (*Canis lupus*) y zorro (*Vulpes vulpes*)— y nuestro único vivérrido: la jineta (*Genetta genetta*). Siguen protegidos el único úrsido —el oso pardo— y los dos felinos silvestres —la especie de mangosta llamada meloncillo— y los dos felinos silvestres: el lince y el gato montés. En las demás familias del orden hay restricciones parciales: entre los mustélidos están permitidos el tejón (*Meles meles*), la comadreja (*Mustela nivalis*), el turón

(*Putorius putorius*), la marta (*Martes martes*) y la garduña (*Martes foina*), y protegidas las otras tres especies; y entre los fócidos están permitidas las focas común (*Phoca vitulina*) y parda (*Halichoerus grypus*), y prohibida la foca fraile o monje.

- ARTIODÁCTILOS: Queda protegida la cabra montés, pero se autoriza la caza de los demás: jabalí (*Sus scrofa*), ciervo (*Cervus elaphus*), gamo (*Dama dama*), corzo (*Capreolus capreolus*), muflón (*Ovis musimon*) y rebeco (*Rupicapra rupicapra*).
- CETÁCEOS: Ninguna de nuestras 14 especies de ballenas, delfines y similares está protegida por esta ley a la que nos referimos.

N. B.: Ha de tenerse en cuenta que en lo que concierne a los mamíferos, la permisión de cazas y capturas puede estar de hecho limitada por las leyes de caza, con sus épocas de veda, etc. De todas formas, estas regulaciones se refieren, como es natural, a los grandes animales de interés cinegético y no a las pequeñas especies que a veces van a parar a nuestros laboratorios.

## **2. Aves**

En esta clase de vertebrados la ampliación del número de especies protegidas ha sido extraordinariamente importante: de 44 a alrededor de las 300. No se puede precisar exactamente el número de especies avifaunísticas ahora intocables, pues la ley no sólo ampara a una larga lista nominativa de especies y hasta de familias completas (concretamente las Accipitridas, Falcónidas, Titónidas y Estrígidas —es decir, todas las rapaces diurnas y nocturnas—), sino también a cualquier especie que se presente accidentalmente en territorio español, aunque no haya sido detallada en la lista oficial.

En el extremo opuesto hay cuatro familias de aves cuya totalidad de representantes en nuestro país están permitidos. Se trata de las Tetraónidas, con la perdiz nival (*Lagopus mutus*) y el urogallo (*Tetrao urogallus*); las Fasiánidas, con la perdiz común (*Alectoris rufa*), la perdiz pardilla (*Perdix perdix*), la codorniz (*Coturnix coturnix*) y el faisán (*Phasianus colchicus*); las Pteróclidas, con la ortega (*Pterocles orientalis*) y la ganga común (*Pterocles alchata*); y las Burrínidas, con el alcaraván (*Burhinus oedicnemus*). Salvo el caso de esta última especie, es probable que estas aves estén permitidas por su interés cinegético, en particular el polémico caso del urogallo, en cierto modo similar al de la avutarda (*Otis tarda*), que tampoco está estrictamente protegida. No obstante, no debe olvidarse el hecho de que la consideración de pieza preciada de caza es a veces la mejor garantía de supervivencia para una especie zoológica.

El gran número de especies de aves protegidas, y su frecuente parecido con otras que están permitidas, hacen recomendable en la práctica no tocar ningún pájaro sin saber con seguridad a qué especie pertenece, lo cual en la distancia no siempre es fácil ni siquiera para un buen ornitólogo. Incluso un pájaro tan conocido en nuestras ciudades como es el gorrión común (*Passer domesticus*), que está permitido, puede ser confundido como el gorrión moruno (*P. hispaniolensis*), que está estrictamente protegido (!). En Canarias no

existe este problema, pues allí, a falta del gorrión común, el moruno sí está permitido. En la ley éste es el único caso de protección de una especie en una parte y no en todo el territorio español.

### **3. Reptiles**

Se amplía de 3 a 42 el número de especies protegidas.

- **TORTUGAS:** Queda prohibida la captura de todas las tortugas de tierra firme y de mar, permitiéndose la de tortugas dulciacuícolas (galápagos), de las cuales tenemos dos especies: el galápagos europeo (*Emys orbicularis*) y el galápagos leproso (*Clemmys caspica*).
- **SAURIOS:** Quedan estrictamente protegidos todos los lagartos, lagartijas y afines, con la única excepción del lagarto ocelado (*Lacerta lepida*).
- **OFIDIOS:** Sigue permitida la caza y captura de las tres especies de víboras: áspid, europea y hocicuda (respectivamente *Vipera aspis*, *V. berus* y *V. latasti*), así como la de la culebra bastarda (*Malpolon monspessulanus*). Quedan protegidas estrictamente todas las demás culebras. La desprotección de la culebra bastarda se debe probablemente al hecho de ser el único colúbrido cuya mordedura da lugar a complicaciones, si no llega al peligro mortal de los vipéridos.

### **4. Anfibios**

Se protegen 20 especies, cuando antes estaban todas permitidas. Por tanto, sólo quedan tres especies manipulables: la salamandra común (*Salamandra salamandra*), el sapo común (*Bufo bufo*) y la rana común (*Rana ridibunda*).

### **5. Peces**

No está estrictamente protegida por esta ley ninguna especie de pez (entendiendo por «Peces» el conjunto amplio que en España incluye también las lampreas), si bien ha de estarse al tanto de lo dispuesto por las leyes de pesca (marítima y continental).

### **6. Invertebrados**

No hay ningún invertebrado protegido por esta ley, aun cuando algunas especies parecen tener problemas de supervivencia en nuestro país, y a veces, posiblemente, mayores que los de ciertos vertebrados que sí han sido incluidos en la lista del Real Decreto que glosamos.



### **Bibliografía básica**

- BLAS ARITIO, Luis: *Guía de campo de los mamíferos españoles*. Publicaciones del Servicio de Pesca Continental, Caza y Parques Nacionales, del Ministerio de Agricultura, Madrid, 1971.
- PETERSON, R.; MOUNTFORT, G., y HOLLAM, P. A. D.: *Guía de campo de las aves de España y demás países de Europa*. Ediciones Omega, Barcelona, 1967.
- SALVADOR, Alfredo: *Guía de anfibios y reptiles españoles*. Publicaciones del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, del Ministerio de Agricultura, Madrid, 1974.



# *La fotografía aérea en la enseñanza media*

Andrés J. BELTRÁN ALGÁS\*  
Ana MORENO ILUNDAIN\*\*  
e Ignacio SÁNCHEZ-CARPINTERO\*\*\*

## **1. Introducción**

1.1. **H**ace ya muchos años que se ha introducido el uso de fotografías aéreas verticales, dispuestas para su observación estereoscópica, en muchos campos de la técnica. Sin embargo, a pesar de que su utilización se ha hecho banal, el estudio de este método de trabajo está ausente de la enseñanza media y en algunos casos incluso de la superior.

Las razones de esta ausencia son múltiples: falta de conocimiento del profesorado, dificultades para la obtención de material y, sobre todo por lo que se refiere al instrumental estereoscópico, su elevado precio. En el supuesto de que esta última razón puede ser la determinante en la mayoría de los casos, presentamos aquí la solución que le hemos dado, sencilla y barata, con la intención de que pueda ser útil y contribuya a la extensión del aprendizaje elemental de esta técnica de trabajo, sencilla en sus fundamentos y muy adecuada para la mejora de aptitudes que habitualmente están muy poco desarrolladas en nuestros alumnos.

1.2. El interés que presenta la utilización de la fotografía aérea como práctica en diversas asignaturas del Bachillerato y sobre todo en el COU nos parece fuera de toda duda: geología, geografía, historia, etc. pueden beneficiarse de la inclusión en los temarios de prácticas de esta técnica. Y consideramos que tampoco es menor su valor a la hora de desarrollar en los alumnos aptitudes que desbordan su utilización para visualizar cuestiones singulares; en concreto:

---

\* Catedrático de ciencias naturales del I. B. «Ramiro de Maeztu», de Vitoria.

\*\* Profesora agregada de ciencias naturales del I. B. «Ramiro de Maeztu», de Vitoria.

\*\*\* Profesor del Departamento de Edafología de la Universidad de Navarra.

1.2.1. Nuestros alumnos presentan serias dificultades para la comprensión e interpretación de mapas: aun comprendiendo los sencillos principios de la representación hipsográfica por curvas de nivel, en la práctica sólo con dificultad son capaces de leer un mapa con la soltura que el aprendizaje de la geografía o de la geología exige.

Ciertamente, esta dificultad no es sino manifestación de otra mucho más profunda, y que afecta a otras materias del plan de estudios: el poco desarrollo de la comprensión espacial, aptitud necesaria para determinadas profesiones (arquitectura, ingeniería, bellas artes, geometría, etc.). Esperamos que el manejo de la fotografía aérea contribuya al desarrollo de esta cualidad.

1.2.2. No parece que sea necesario insistir en la importancia que el aprendizaje o, al menos, la familiarización temprana con esta técnica de trabajo tiene para todos aquellos alumnos que más adelante, según la orientación de sus estudios superiores, van a necesitar utilizarla.

1.3. Hemos expuesto el breve elenco de razones por las cuales nos interesaba, desde hace tiempo, encontrar los medios para poder incluir esta técnica entre las prácticas de COU en la asignatura de geología. Los intentos de que los alumnos trabajasen con estereoscopios de lentes no dieron resultado, pues comprobamos que al menos un 30 % de ellos no llegaban, a lo largo de las escasas sesiones que al tema pueden dedicarse, ni siquiera a conseguir la visión estereoscópica.

Sugerencias de otros profesores nos llevaron a intentar la construcción de un sencillo estereoscopio de espejos, ciertamente imperfecto, pero que pensábamos permitiría su manejo por alumnos y el mínimo de observaciones necesario para trabajos de este nivel. Tras dos años de experimentación creemos haber encontrado la solución, al menos provisional, y precisamente este artículo pretende hacer pública nuestra experiencia; ojalá motive su aprovechamiento por otros, para con las aportaciones de todos mejorar lo que por ahora no es sino una prueba.

De todas formas, hemos querido aprovechar para realizar una breve exposición de los principios generales y técnica de trabajo en fotogeología, con el objeto de animar a su utilización por parte de los profesores que desconocen dicha técnica. Sustancialmente, lo descrito en este artículo es el guión que utilizamos para las explicaciones de clase a los alumnos; también aquí esperamos que con la experiencia de otros profesores pueda mejorarse el contenido o el modo de exposición.

Por último, queremos hacer notar que lo expuesto en este artículo puede muy bien ser el punto de partida para la puesta en marcha de esta actividad en algunas facultades universitarias, que por falta de material quizá todavía no la utilizan. Aunque expresamos nuestras más serias dudas acerca de su uso para observaciones medianamente precisas (en concreto, fotogrametría), dada la mediana calidad de las imágenes obtenidas, puede servir para una primera toma de contacto de los alumnos con las técnicas de la fotografía en relieve.

## **2. Fundamentos del método**

2.1. Las causas fisiológicas que conducen a la visión del relieve son variadas y complejas. Pero entre ellas aparece como fundamental la visión

estereoscópica: las imágenes originadas en cada ojo, distintas, son combinadas por el cerebro para dar la sensación de profundidad; sensación que, como es sabido, varía de unas personas a otras y depende, en gran medida, de la distancia interpupilar, aumentando con ésta. Aquí sugerimos a los alumnos algunas de las pruebas clásicas al respecto: mirar alternativamente con uno y otro ojo un objeto cercano sobre un fondo lejano; acertar, cerrando un ojo y con un lápiz en la mano, a tocar la esquina de la mesa o a otro lápiz en la mano opuesta, etc.

2.2. Las fotografías aéreas utilizables para visión en relieve se toman mediante una técnica especial, que permite, cuando son observadas por parejas, reproducir en el sistema ojo-cerebro la sensación de visión estereoscópica; con la nota importante de que, siendo muy grande la distancia que separa los puntos de vista de dos tomas distintas en relación con la distancia a que están tomadas, la sensación de relieve (que sigue variando de un observador a otro) es muy superior a la obtenida por visión binocular directa. Esto es más bien una ventaja, pues ayuda a destacar detalles topográficos que de otro modo pasarían desapercibidos.

2.3. Explicamos aquí a los alumnos la técnica de toma de las fotografías. Estas son siempre verticales (se admite un error de inclinación del eje óptico de la cámara de hasta  $2^\circ$ ) y se toman de forma seriada mientras el avión vuela en línea recta, en pasadas alternativas (de E. a W. y viceversa, por ejemplo) y a altura constante. La distancia que separa dos tomas sucesivas se llama *aerobase* y es siempre, según las características del vuelo y de la cámara utilizada, suficientemente pequeña como para que en las fotografías el *recubrimiento* o *solape* (espacio de terreno que se repite en dos fotografías sucesivas) sea al menos del 60 % de la superficie abarcada por cada foto. Cada punto del terreno aparece así al menos en dos fotografías contiguas, y algunos (aproximadamente el 20 % de la superficie) en tres. El recubrimiento entre pasadas sucesivas es habitualmente de un 25 %.

Es claro que el punto de vista para cada punto del terreno varía de una foto a la siguiente, y eso es precisamente lo que permite la visión estereoscópica. Los detalles de esta explicación se entienden mucho mejor por la simple observación de las figuras 1 y 2: un detalle saliente (torre o chimenea, por ejemplo) aparece desviado en direcciones distintas en las dos fotografías del *par estereoscópico*. Vale la pena hacer notar a los alumnos que el valor absoluto de esas desviaciones (paralajes) permite, habida cuenta de las características del vuelo y de la fotografía, calcular por métodos geométricos relativamente sencillos el desnivel entre la base y la altura del accidente de relieve de que se trate. Pero no entramos ni en la deducción de las fórmulas ni en la técnica concreta que permite realizar tales determinaciones, *fotogramétricas*, por considerar que a este nivel no tienen ninguna aplicación.

Hay que indicarles igualmente que las condiciones ideales aquí referidas no suelen cumplirse nunca: la *línea de vuelo* y su proyección sobre la fotografía no son en la práctica rectas horizontales, pues el avión sufre desviaciones y oscilaciones. A la hora de colocar las fotografías para su observación estas irregularidades se manifestarán, como veremos, en desviaciones de las fotos si eran a altura constante y en variaciones de escala si además hubo variación en la altura de vuelo. Por supuesto, si estas irregularidades son grandes, hacen inutilizables las fotografías.

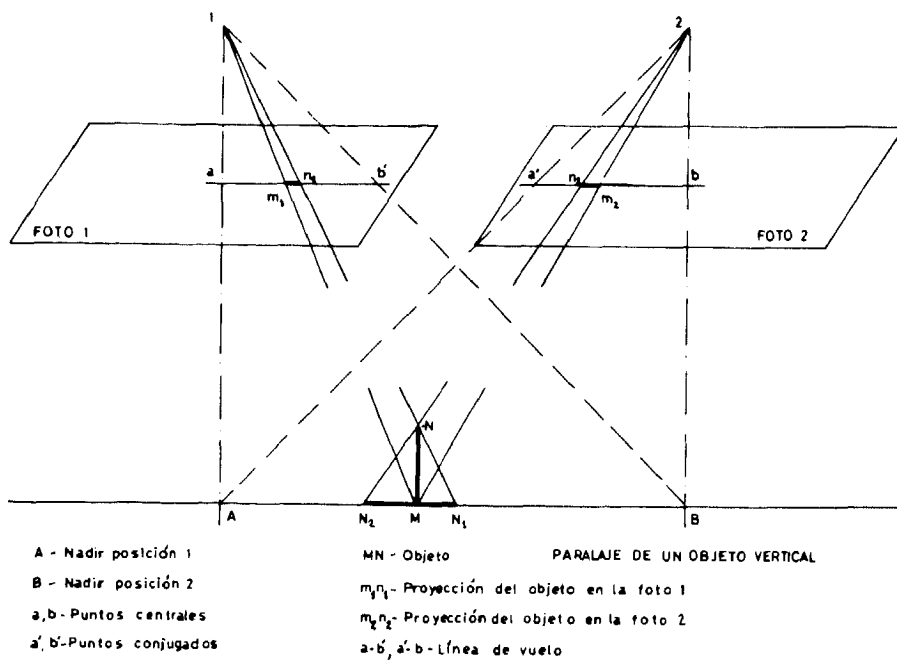
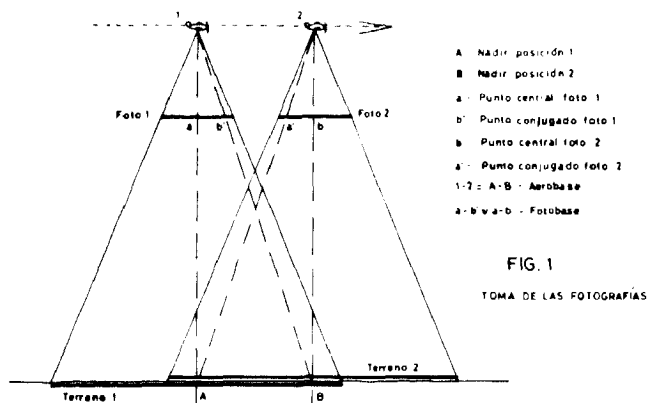


Figura 2

Es éste el momento que escogemos para hacer notar a los alumnos que, contra lo que pudiera parecer, las fotografías así obtenidas no son «el mejor plano o mapa que se puede tener de un terreno», pues precisamente por las deformaciones que los distintos puntos de vista y el relieve imponen a las fotografías, la situación de los rasgos topográficos aparece en ellas deformada: las alturas se sitúan sobre la fotografía más lejos del *punto central* (único que no sufre deformación) de lo que en realidad están, y las depresiones más cerca. La razón es que los mapas son proyecciones ortoscópicas a escala, mientras las fotografías, por ser proyecciones cónicas, sufren una desviación radial tanto mayor cuanto más sea la distancia al centro de la fotografía y el desnivel.

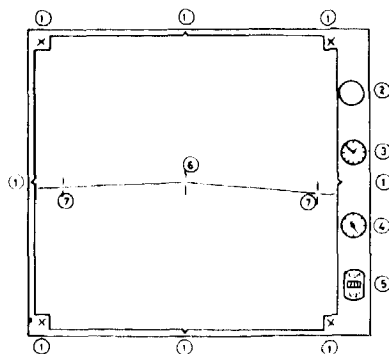
Conviene también señalar que por las características de los objetivos fotográficos es inevitable una deformación suplementaria de los bordes de la foto, que los hace inutilizables para trabajos de precisión: todos están acostumbrados a ver fotografías o planos de TV obtenidos con objetivos de «ojo de pez», en los cuales esa deformación se exagera intencionadamente. Pero se ha de decir que, a pesar de todas las deformaciones, existen técnicas complejas que permiten obtener a partir de las fotos aéreas el mapa correcto, en proyección ortogonal (el proceso se llama *restitución*) y con expresión de las cotas y curvas de nivel: de hecho, todos los mapas modernos están confeccionados por este procedimiento.

2.4. Llegados a este punto distribuimos las fotografías, dando una a cada alumno y procurando que los situados juntos tengan las dos de un par, esto es, *conjugadas*, para que observen la cuantía del recubrimiento y la repetición y variación de detalles en ambas fotos. Con éstas a la vista, se procede a explicarles la interpretación de los datos que aparecen al margen (varían de una serie a otra): reloj, altímetro, nivel, etc., así como a la determinación de los puntos centrales mediante las marcas fiduciales previstas en los márgenes.

- 1 - Marcas para determinar el punto central
- 2 - Nivel
- 3 - Reloj
- 4 - Altimetro
- 5 - Número de la foto y datos de la cámara fotográfica
- 6 - Punto central
- 7 - Puntos conjugados
- 8 - Línea de vuelo

FIG 3

FACSIMIL DE UNA FOTOGRAFÍA (Cuarta serie)



Fotografías de otros vuelos (nosotros utilizamos las de la cuarta serie, según facsímil de la figura 3) llevan otros datos o expresados de diferente manera. Pero todas suelen llevar, además, expresión del organismo o empresa que las ordenó, fecha de realización y compañía que las hizo, números de identificación de los negativos, pasada a que pertenece la fotografía, etc. Para la localización de las fotos que cubren un área determinada existe un canevas de vuelo, que hace referencia a esos datos de identificación.

Aunque la identificación de los *puntos transferidos* o *conjugados* (proyección del punto central de una fotografía en su conjugada) debe hacerse en visión estereoscópica, no hay inconveniente en que los determinen aproximadamente a simple vista, lo que permitirá pedirles que midan, con la regla, la *fotobase* (representación sobre la fotografía y a su escala de la aerobase). Si el relieve es medianamente marcado, las fotobases medidas en las dos fotos conjugadas no serán iguales: precisamente esa diferencia en la distancia es el paralaje, en este caso, del punto central de cada foto en su conjugada.

En relación con la escala hay que insistir, si no se ha hecho ya al tratar de las deformaciones inherentes a la fotografía, en el hecho de que es variable: por las deformaciones citadas y, sobre todo, porque las zonas altas del terreno están, al hacer la foto, más cerca de la cámara que las depresiones, por lo cual «salen más grandes». Si, como es corriente, la fotografía lleva al margen indicación de la escala, ha de quedar claro que se trata de un dato orientativo que representa la escala media de la fotografía y no un número definitivo, pues la escala varía para las distintas zonas de cada foto. Variaciones muy grandes de escala (por ejemplo, en zonas muy montañosas) hacen muy difícil la observación estereoscópica.

Para calcular la escala, si no está marcada, o para conocer la de una zona concreta de la foto, hay que disponer del mapa topográfico correspondiente y establecer la relación de las distancias entre dos puntos equivalentes, medidas sobre el mapa y sobre la fotografía. También puede calcularse la escala media de la fotografía por la relación entre la altura de vuelo y la distancia focal de la cámara (dato señalado al margen de todas las fotos), pero prescindimos de este método por exigir unas explicaciones geométricas que están fuera de nuestro objetivo.

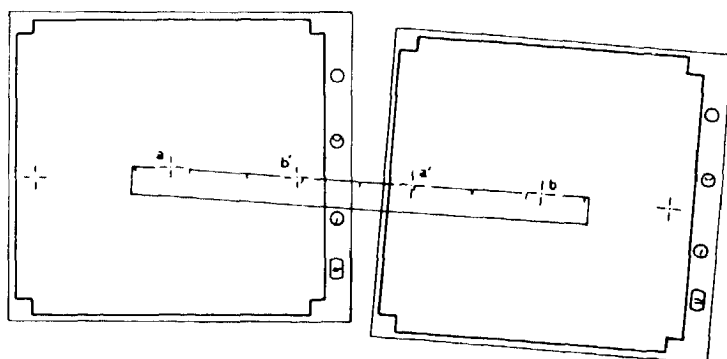
2.5. Mientras los alumnos se van familiarizando con lo que de las fotografías puede obtenerse por observación directa y antes de pasar a la visión estereoscópica, conviene hacerles notar que todos los rasgos del terreno quedan señalados en la fotografía y que, por lo tanto, ésta puede utilizarse para muy diversos fines: sólo estará limitada, en principio, por la escala, que puede hacer inapreciables detalles demasiado pequeños. Entre esos campos de aplicación destacamos:

- Geomorfología: estudios de la forma y distribución de la red fluvial hasta sus menores detalles; formas de relieve (escarpes, pendientes, etc.); líneas de costa, etc.
- Geología: contactos entre materiales; accidentes tectónicos (fallas, diaclasas, plegamientos, etc.); estructuras recubiertas por capas someras de sedimentos uniformes, que «transparentan» la disposición infrayacente, etc.
- Geografía humana y urbanismo: vías de comunicación; distribución de cultivos; utilización del suelo, etc.
- Historia: presencia de construcciones o ruinas en localidades de difícil acceso; formas de relieve que a primera vista parecen naturales y en fotografía aérea revelan su carácter artificial; calzadas, castros, etc.
- Agricultura y silvicultura: determinación y censado de especies vegetales; estudios de carácter fitosanitario, repoblaciones, etc.
- Aplicaciones militares, que son las que en realidad han provocado el desarrollo de la técnica de que tratamos.



### 3. Técnica de observación

3.1. La observación comienza por la correcta colocación de las fotografías en el estereoscopio. Aunque para empezar puede aceptarse que esta colocación se haga a ojo (siempre en posición correcta las fotografías, derecha e izquierda: no sabemos por qué, los alumnos tienen gran afición a alterar ese orden) hasta que consigan la visión en relieve, debe acostumbrárseles a efectuar una correcta colocación.



COLOCACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS

Los cuatro puntos (dos centrales y dos conjugados) se alinean con la regla

La distancia entre las fotos ( $a-a'$  o  $b-b'$ ) se ajusta con la propia del estereoscopio  
(21 cm. en los de espejos y 6,5 cm. en los de lentes aprox.)

Figura 4

Para ello (ver figura 4) es necesario que las fotos tengan marcados sus puntos centrales y conjugados: con una regla larga y tras fijar la primera foto con pesas o imanes, se coloca la línea de vuelo bien alineada y el punto central a la distancia correcta de su conjugado en la primera foto. Esa distancia va dada por las características del aparato: en el propuesto por nosotros, es de 21 cm., pero conviene comprobarlo previamente (de una vez por todas) llevando a coincidencia dos señales marcadas en papel blanco y midiendo la distancia entre ellas. Conviene repetir la medida varias veces, hacer la media y dejar el valor obtenido marcado en el aparato, para tenerlo siempre presente.

Téngase en cuenta que la tendencia natural para el principiante (por el instinto de hacer converger los ojos hacia el objeto cercano observado) es colocar las fotos demasiado cercanas (ver figura 5) y que ese defecto ha de evitarse, pues en esa situación el relieve observado es incorrecto; se harían, por ejemplo, falsas todas las medidas de paralaje. Se puede consentir que al principio, para facilitar la visión del relieve, se coloquen así, pero en cuanto hayan adquirido una cierta práctica se hará que los alumnos vayan llevando las fotos a su posición correcta: para ello, con un par colocado a su gusto y conseguida ya la visión del relieve, se les pedirá que vayan separando lentamente las fotos, sin dejar de ver el relieve, hasta que la distancia sea la

## ERROR DE CONVERGENCIA

Se ha de corregir la tendencia a colocar las fotos demasiado juntas: sólo en la posición 1-1 la visión es correcta.

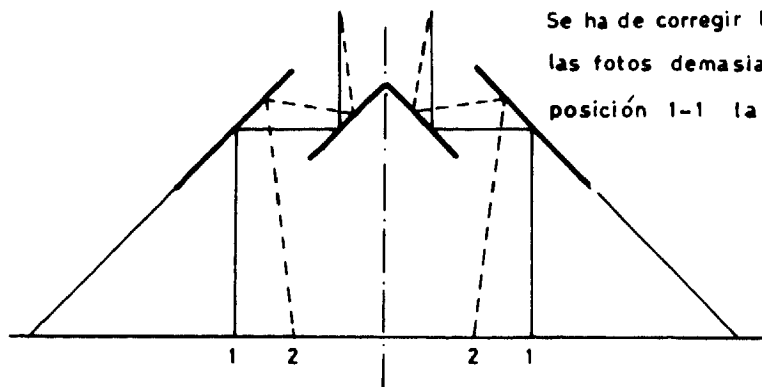


Figura 5

correcta o incluso mayor; así irán acostumbrándose a colocar los ojos en convergencia al infinito, y podrán después conseguir la visión estereoscópica directamente, con las fotos colocadas previamente en posición correcta.

Se ha de señalar que cuando se consigue la visión estereoscópica, las fotografías no quedan, habitualmente, bien alineadas: como dijimos más arriba, las irregularidades de la línea de vuelo en la toma de fotografías son la causa de esas desviaciones. Y, naturalmente, lo que debe quedar bien alineado es la línea de vuelo. Es conveniente, una vez alcanzada la correcta colocación, utilizar pesas o imanes (si se dispone de mesa metálica) para sujetar las fotos.

Conviene dedicar al menos un par de sesiones a la observación, para que todos puedan conseguir la visión estereoscópica con cierta soltura (en bastantes casos es necesario dedicar hasta quince minutos para conseguirla la primera vez) y escoger las fotografías para estas primeras sesiones con cuidado: zonas de relieve suficientemente marcado, o bien de los alrededores que, al ser conocidas por los alumnos, les atraen más la atención, suelen ser más favorables. Como comprobación de que efectivamente ven el relieve, se les pedirá que identifiquen líneas de cresta, pendientes, etc.

3.2. Cuando los alumnos han alcanzado una cierta soltura hay que informarles acerca del método de toma de datos a partir de las fotografías. Ciertamente no cabe olvidar que la facilidad con que alcanzan esta fase es muy variable: puede ser muy recomendable pedir a los más aventajados que ayuden a sus compañeros. Y quizá haga falta advertir a alguno, si experimenta serias dificultades para conseguir el montaje de las fotografías, que no insista demasiado tiempo seguido o que acuda al oculista: puede tener algún defecto (astigmatismo fuerte, visión disminuida en un ojo, etc.) que no hubiese notado nunca. De todas formas, y aunque durante el primer aprendizaje el trabajo puede hacerse pesado, cuando la técnica ya se domina el esfuerzo ocular es mínimo.

Habitualmente las fotos se habrán obtenido en préstamo, y en cualquier caso interesa conservarlas en buen estado para su devolución o uso posterior. Por eso rechazamos totalmente la anotación directa sobre la fotografía y el uso de transparentes se hace imprescindible.

El papel estándar para este uso es el kodatrace, con buena transparencia (se rasga con facilidad). Nosotros no lo utilizamos, por no compensarnos comprar un rollo entero y no encontrarse a la venta por piezas en nuestra ciudad. Pero puede sin dificultad utilizarse cualquier papel vegetal de dibujo, que se adquiere con facilidad en hojas o por metros. Entregaremos este papel ya cortado, y nosotros lo utilizamos en formato igual al de la fotografía entera: aunque sólo una parte se utiliza para las anotaciones (pues sólo la parte común a las dos fotos del par se ve en relieve) aprovechamos el trozo de papel libre para anotar en él los datos de identificación de la fotografía y las observaciones convenientes. Así se conservan estas anotaciones juntas con lo observado, y se evitan pérdidas y multiplicación de hojas, cuadernos, etc.

3.3. Acerca de qué anotar, dependerá, como es lógico, de las fotos disponibles, de sus características y también del número de sesiones que se dediquen al tema. Como sugerencias, y siguiendo la lista de utilizaciones que hemos dado más arriba, podemos sugerir:

- Dibujo completo de la red fluvial, con expresión del carácter de cada curso de agua: ocasional, permanente, intermitente, etc., y, en su caso, de su relación con la estructura geológica (consecuentes, obsecuentes, etc.) si ésta es observable con facilidad.
- Dibujo de la estructura geológica, con expresión de afloramientos, buzamientos, contactos, anticlinales o sinclinales, fracturas, etc. Es evidente que no puede pedirse una interpretación completa, pero si las fotografías se prestan a ello se podrán hacer algunas observaciones interesantes que muestren a los alumnos cómo fotogeólogos experimentados pueden obtener abundante información por medio de esta técnica.
- Anotaciones geomorfológicas variadas: líneas de cresta y divisorias entre cuencas fluviales, escarpes, forma e inclinación de las pendientes (convexidad o concavidad, etc.) y relaciones de estos rasgos con los afloramientos o estructuras geológicas.
- Variaciones de vegetales: límites de bosques y cultivos, diferencias en las especies predominantes en cada bosque, etc. Influencia de la morfología: solanas y umbrías.
- Vías de comunicación y cómo aprovechan los rasgos morfológicos para su trazado: presencia de túneles, pendientes, viaductos, etc. Se les puede pedir que sugieran posibles trazados alternativos para estas vías de comunicación.
- Observaciones, si las fotos se prestan a ello, en relación con otras asignaturas: distribución de los asentamientos humanos, utilización del suelo, etc.

Para las anotaciones existe un código de signos que es bueno utilizar: en cualquiera de los libros sugeridos en la bibliografía puede encontrarse, y puede ser conveniente hacer fotocopias, por lo menos de los más corrientes, y repartirlas por la clase para que lo conozcan y usen.

3.4. Si, como es deseable, se han obtenido fotografías de zonas cercanas a la de residencia, puede pedirse como trabajo a un grupo de alumnos que preparen el programa de una salida al campo, con previsión de los rasgos observados en las fotografías que será interesante comprobar sobre el terreno.

De todas formas, y aunque éste es un aspecto muy interesante por la motivación que supone, habrá que hacerles notar que con frecuencia los

rasgos visibles en las fotografías son difícilmente observables en el campo, y viceversa, incluso para expertos en la materia. Pero esa misma dificultad permitirá enfatizar la importancia de los métodos fotogeológicos, que no son un simple complemento o medio de preparación del trabajo de campo, sino una técnica independiente que llega habitualmente a conclusiones propias, distintas de las obtenidas por observación directa y que deben compaginarse por un trabajo posterior de interpretación, habitualmente complejo y que exige experiencia.

#### **4. Descripción del material propuesto**

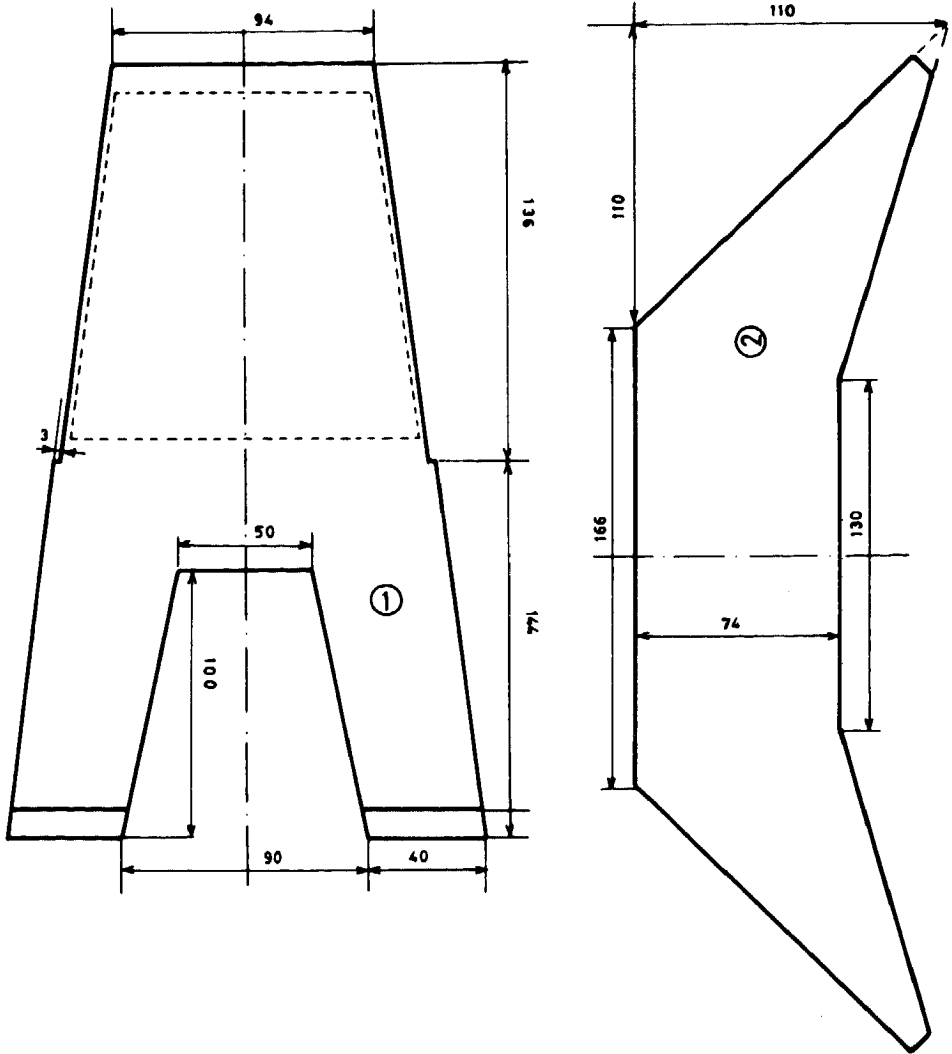
4.1. Hemos indicado al principio que el motivo de este artículo es precisamente el hecho de haber puesto en marcha y experimentado un estereoscopio de fabricación casera, de espejos, que evita los numerosos inconvenientes que para el principiante presentan los de lentes. Vamos a describir brevemente sus características, para permitir que pueda ser reproducido y, esperamos, mejorado por otros. Vaya por delante la advertencia de que si su utilización se extiende, sería posible fabricarlo en lotes relativamente numerosos y mucho más perfeccionado, eliminando algunos de los inconvenientes más graves que presenta sin encarecerlo excesivamente.

Nosotros lo hemos fabricado de madera contrachapada, de acuerdo con los planos que acompañan a este artículo y que creemos excusan de explicaciones más detalladas. Nos limitaremos a las mínimas advertencias sobre las precauciones que deben tomarse en su construcción para obviar al máximo los inconvenientes.

4.1.2. El ensamblaje de las cuatro piezas fundamentales debe hacerse con el máximo cuidado para evitar desalineaciones (que en pequeño grado son inevitables) que hagan inutilizable el aparato: lo fundamental es el paralelismo de cada pareja de espejos. Si las piezas están bien recortadas, bastará asegurarse sobre una superficie plana de que el aparato asienta bien sobre sus cuatro patas, para obtener un grado aceptable en ese paralelismo. El montaje de los soportes para los espejos centrales debe hacerse también con cuidado: un taco de madera cortado a medida nos permitirá, durante el montaje, asegurar que no existen desviaciones importantes.

4.1.2. El montaje de los espejos se hace con un pegamento de acción rápida, que impida deformaciones durante el secado. Es conveniente esperar un par de días al menos (durante los cuales puede darse el acabado con pintura o barniz) desde el montaje del aparato hasta la fijación de los espejos, para asegurar que el ensamblado se ha secado convenientemente. Los espejos deben pegarse por medio de unos suplementos de cartulina o plástico para evitar posteriores movimientos o deformaciones. Caso de que en el aparato haya quedado alguna deformación, hay que compensarla ajustando el espesor de esos suplementos hasta conseguir el mejor paralelismo de los espejos.

4.1.3. Los espejos se compran cortados ya a la medida, y es importante que sean de la mejor calidad posible y, sobre todo, del menor espesor que se encuentre, pues uno de los defectos «congénitos» del aparato es la formación de doble imagen. Aunque sólo podría evitarse con el uso de espejos metálicos



DESPIECE

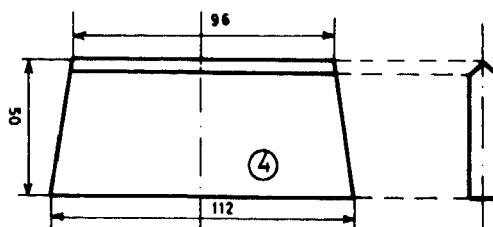
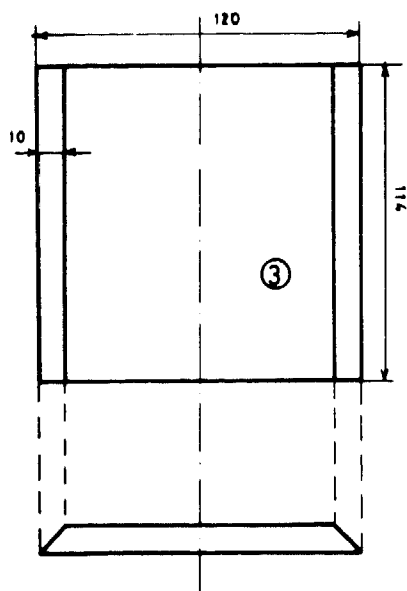
E : 1/2

- ① Dos piezas contrachapeado 10 m/m
- ② Dos " " 3 m/m
- ③ Una " " 10 m/m
- ④ Una " " 10 m/m

Todos los biseles a 45°

Espejos luna fina (máx. 3 m/m)-grandes s/ plano;

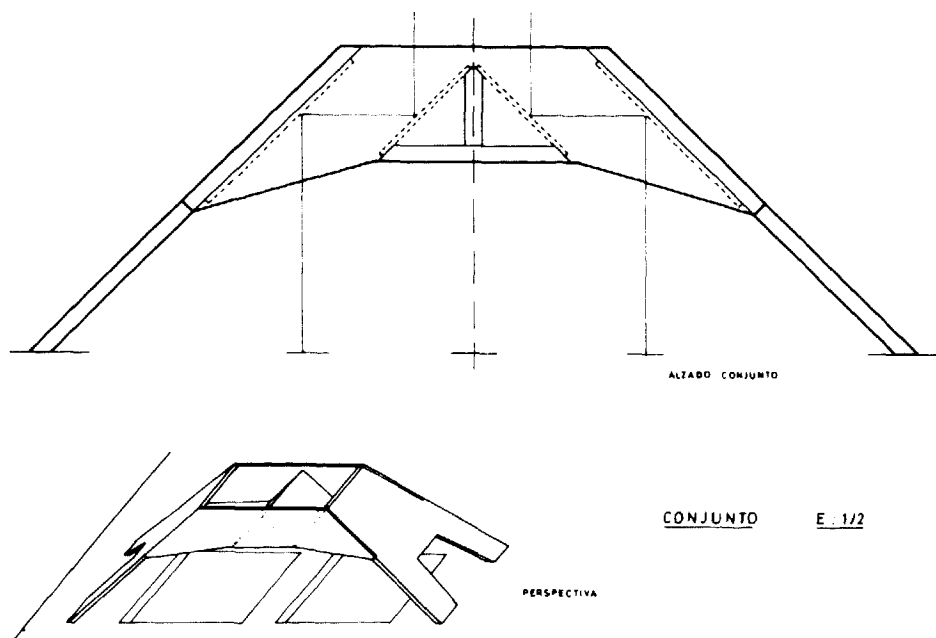
-pequeños : 90x75 m/m



y prismas (por eso los estereoscopios de espejos del comercio son caros), el menor espesor de los espejos utilizados disminuye ese inconveniente.

4.1.4. Es conveniente proteger todos los bordes de espejo expuestos con listoncillos, cinta de plástico o un relleno de silicona, para evitar cortaduras durante el manejo de los aparatos.

4.2. Respecto al material auxiliar, ya hemos hablado del papel de dibujo conveniente. Es necesario, además, un mínimo de material de dibujo, que los alumnos pueden aportar personalmente sin inconvenientes: lápiz con la punta bien afilada, aguja para señalar los puntos en las fotografías, lápices de colores para las anotaciones sobre el transparente, goma de borrar adecuada (para las fotografías debe ser muy suave, pues produce sombras sobre ellas que luego dificultan su observación), una regla de al menos 40 cm. de longitud, etc.



Se pueden obtener con cierta facilidad planchas metálicas de poco espesor, de unos 50 por 25 cm., que facilitan extraordinariamente el fijado de las fotos en su posición por medio de imanes (los que hay en el comercio para muebles son adecuados) y evitan el uso de chinchetas o pesas, más incómodas y que estropean las fotografías. Para sujetar los transparentes a las fotos se utilizan clips, colocados en un solo lado para poder levantar el papel si se hace necesario observar un detalle sin el oscurecimiento que produce el transparente.

4.3. La obtención de las fotografías es algo que hay que resolver en cada localidad. Si las posibilidades económicas lo permiten, pueden adquirirse, pero esto tiene el inconveniente de que a la larga se manejan siempre las mismas, los alumnos acaban por sabérselas de memoria y se cansan.

En general, no debe ser difícil conseguirlas en préstamo, por unos días, de organismos que las utilicen. Entre ellos podemos señalar: Jefatura de Obras Públicas, Servicio de Carreteras en Diputaciones o Ayuntamientos, Facultades Universitarias de Ciencias o de Geografía, etc. La extensión del uso permitiría la realización de colecciones impresas, mucho más baratas, como las que existen ya preparadas para el aprendizaje con estereoscopio de lentes.

4.4. Digamos, por último, que para los alumnos más aventajados cabe la posibilidad de disponer de algún estereoscopio de lentes, más económico, lo que permite la utilización de las abundantes fotografías que en los textos citados en la bibliografía aparecen. Puesto que van acompañadas de su interpretación, pueden constituir un buen material para trabajo de seminario.

## **5. Bibliografía básica**

Nos limitaremos a los títulos más interesantes y accesibles, en castellano, puesto que en cualquiera de ellos pueden encontrarse listas más amplias.

ALLUM, J. A. E.: *Fotogeología y Cartografía por zonas*, Ed. Paraninfo, Madrid. Es un folleto muy interesante, con explicaciones elementales sobre el tema y una mediana colección de fotografías dispuestas para observación con estereoscopio de lentes.

CARRE, J.: *Lectura de las fotografías aéreas*, Ed. Paraninfo, Madrid. Más amplio que el anterior, con una abundante colección de fotografías.

LÓPEZ VERGARA, M. L.: *Manual de Fotogeología*, Editada por la Junta de Energía Nuclear. Madrid. Muy interesante por la sencillez y claridad de las explicaciones, aunque por su extensión incluye muchos temas y aspectos no utilizables en este nivel de enseñanza. A pesar de su precio, es absolutamente recomendable, aunque sólo fuese por la magnífica colección de fotografías que presenta. Trae también una amplia lista de bibliografía.



# ***Drosophila melanogaster:* una especie idónea para la enseñanza de las ciencias naturales**

Diego A. BLANCO DE LA CRUZ \*  
y M.<sup>a</sup> Victoria MENA BELLÓN \*

## **Introducción**

La enseñanza de las Ciencias Naturales en BUP y COU; como la de cualquier otra ciencia empírica debería ir acompañada de una fase experimental que permitiera al alumno concebir el carácter inseparable del conocimiento científico y la investigación. Así, es importante inculcar, primeramente, en el alumno un amplio sentido de la observación de la Naturaleza fomentando su sentido crítico desde el punto de vista biológico. En una fase posterior debe inducirse al alumno a establecer relaciones causales y de acuerdo con ellas la formulación de hipótesis de trabajo, hipótesis que deberá contrastar mediante el diseño de experimentos. Esta fase experimental debe acompañarse de la consecución de ciertos objetivos psicomotores que permitan al alumno el conocimiento de unas técnicas experimentales básicas: usos de aparatos, utilización de tablas... Por último, y después de una evaluación y discusión de los resultados, el alumno debe llegar a unas conclusiones finales que le abran nuevos campos de investigación y que pueda utilizar en el análisis y explicación de otros fenómenos.

*Drosophila melanogaster* es una especie idónea para cubrir estos objetivos presentados; recursos económicos para sus crías, un corto ciclo de vida, claro dimorfismo sexual y un gran conocimiento de su biología.

Nuestro propósito en este artículo es presentar una serie de diseños experimentales que cubran la enseñanza del temario relacionado con la Genética en BUP y COU, señalando en cada caso los niveles más adecuados a cada curso. Incluimos también una serie de conocimientos básicos de la especie, así como de su manejo, indispensable para la realización de dichas experiencias.

---

\* Profesores agregados de ciencias naturales del I. B. «Manuel Godoy». Castuera (Badajoz).

## Biología

*Drosophila melanogaster* es una pequeña mosca que coloniza hábitats ricos en productos de fermentación: frutos en descomposición (mosca de la fruta) o bodegas (mosca del vinagre). En su adaptación a estos hábitats ha adquirido una tolerancia al etanol única en el reino animal.

En el laboratorio puede criarse con gran facilidad en frascos conteniendo un medio apropiado. El ciclo de vida y la duración de cada una de sus fases depende principalmente del medio nutritivo, la temperatura y la humedad. En el medio nutritivo más abajo indicado, a 25° C y 60-70 % H. R., la duración de las fases del ciclo es como sigue: huevo, un día; larva, tres-cuatro días y pupa, cuatro-cinco días. En total entre ocho y diez días puede completarse el ciclo.

*Drosophila melanogaster* presenta un marcado dimorfismo sexual en su fase adulta, lo que facilita enormemente su utilización. Los rasgos que pueden permitir una fácil y rápida identificación son los siguientes: machos, más pequeños y activos, últimas bandas abdominales fusionadas formando una mancha negra en el extremo del abdomen, final del abdomen redondeado y posesión de peines sexuales en el primer par de patas (al binocular); hembras mayores y menos activas, últimas bandas abdominales sin fusionar, final del abdomen más puntiagudo, sin peines sexuales. También se diferencian en la genitalia. Para más detalles consultar bibliografía adjunta. (Ver figura 1.)

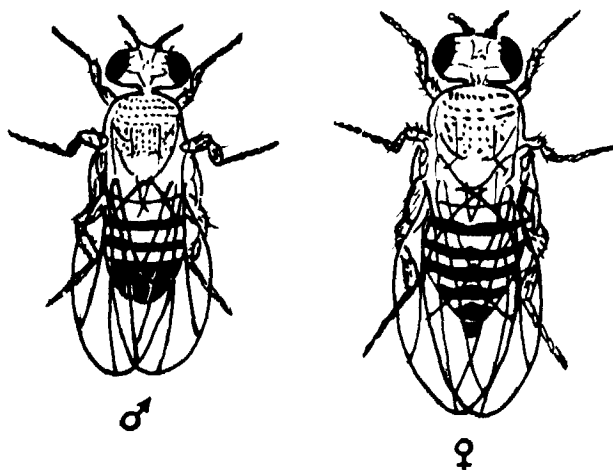


Figura 1

## Medio nutritivo, cría y manejo

Un medio nutritivo de fácil preparación es el que sigue:

- 1) Calentar 1 l. de agua hasta ebullición.
- 2) Añadir 12 gr. de agar-agar, poco a poco, y removiendo para evitar la formación de grumos.
- 3) Añadir 100 gr. de azúcar (sacarosa) y esperar hasta su disolución.

4) Añadir 100 gr. de levadura fresca de panadería desmigajada poco a poco y removiendo.

5) Mantener en ebullición de quince a veinte minutos removiendo.

6) Retirar del fuego y, después de dejar enfriar durante cinco minutos, añadir 5 ml. de ácido propiónico (leer indicaciones en el recipiente que lo contiene).

Antes de que se enfríe, verter en frascos, preferentemente de boca ancha, hasta una altura de unos 2-3 cm. Tapar los frascos con algodón (graso, a ser posible) y dejar enfriar hasta que el medio cuaje. Si no van a ser inmediatamente utilizados pueden quedarse en frigorífico unos días. Cuando vayan a utilizarse los frascos se debe secar su interior con un papel de filtro limpio.

Para pasar las moscas de un frasco a otro habrá ocasiones en que pueda efectuarse haciendo coincidir las bocas de los frascos, sin embargo, habrá ocasiones que requerirán un mayor control. En este caso debemos dormir las moscas previamente. Para ello se pasan a un frasco limpio tapándose con un algodón empapado en éter etílico.

Otra técnica indispensable, sobre todo si se van a efectuar cruzamientos, es la obtención de hembras vírgenes. Existen dos formas fáciles para hacerlo:

1. Aislar en pequeños recipientes pupas en estado avanzado de desarrollo (melanizados) e identificar cuando emerjan los adultos.

2. Cuando las pupas estén en un avanzado estado de desarrollo, retirar todos los adultos que contengan el frasco (asegurarse bien). Todos los adultos que a partir de entonces y durante un período inferior a siete u ocho horas aparezcan en el frasco serán vírgenes. Identificar sexos y aislarlos.

## Cepas mutantes

La mayoría de los departamentos de Genética de las Facultades de Ciencias suelen disponer, bien con una finalidad docente o investigadora, de diferentes cepas de mutantes de *Drosophila melanogaster*, de las que pueden adquirirse aquellas con características externas de más fácil identificación. A continuación ofrecemos una tabla con las más usuales, indicando la localización cromosómica y una somera descripción de su fenotipo.

	Símbolo	Cromosoma	Fenotipo	
Yellow	y	X ( 0,0 )	cuerpo color amarillo	+
White	w	X ( 1,5 )	ojos color blanco	+ +
Miniature	m	X (36,1 )	alas pequeñas	-
Bar	B	X (57,0 )	ojos en barra, ♀♀ heterocigóticas, ojos intermedios	-
Black	b	2 (48,5)	cuerpo negro	+ +
Vestigial	vg	2 (67,0 )	alas vestigiales	+ +
Sepia	se	3 (26,0 )	ojos color sepia	+ +
Ebony	e	3 (70,7 )	cuerpo color ébano	+ +
Eyeless	ey	4 ( 0,02)	ojos tamaño reducido	-

Si se desea mantener y conservar las cepas mutantes debe tenerse mucho cuidado en su utilización para que permanezcan puras.

## **Cruzamientos**

Con carácter general utilícense entre tres y cinco hembras y varios machos en cada frasco. Recuérdese que las hembras han de ser vírgenes. Lo normal, por otra parte, es al iniciar los cruzamientos, utilizar machos y hembras homocigóticos, portando cada sexo un fenotipo distinto. Procurar que no haya solapamiento en las generaciones; para ello cuando se encuentre asegurada la descendencia (aparición de larvas) retire los padres para su observación y recuento. Efectuar los dos cruzamientos recíprocos.

## **Diseños**

Como se indicaba en la introducción, el objetivo principal de estos diseños es que el alumno conozca y comprenda las distintas fases de la metodología científica. Para que se ejercite en ello presentamos una serie de experiencias que requieren un mínimo de dirección por parte del profesor. Desde luego y por sentido práctico sería deseable que los diseños realizados por los alumnos fueran adecuadamente discutidos y revisados antes de su puesta en práctica.

### **A) Control genético de caracteres externos**

La mecánica general de estos diseños sería la siguiente: Se les muestra a los alumnos todas las cepas mutantes (según nivel) de que se disponga, así como de una cepa normal (salvaje) y se les pide que las *observen* bien y que las *examinen* para captar qué caracteres diferencian cada cepa mutante de la normal. Fase de observación.

En una segunda fase debe incitarse al alumno a que se cuestione las causas de estas diferencias, que se haga preguntas del estilo: ¿serán estos caracteres hereditarios? y si es así, ¿cómo será su control genético? Relaciones causales.

Estas cuestiones deben llevar a la formulación de *hipótesis*. Supongamos que son hereditarios. Estas hipótesis pueden completarse según el diseño a realizar. Fase de hipótesis.

Para comprobar las hipótesis propuestas deben proponerse *diseños experimentales* concretos. Fase experimental.

Una vez obtenidos los resultados y después de *analizados y discutidos* se *concluye* si las hipótesis son aceptables o no. Fases de evaluación y conclusión.

### **A<sub>1</sub>) Un carácter**

Si se decide el estudio del control genético de un solo carácter, cada alumno o grupo de alumnos podría estudiar una cepa mutante distinta. Para

ello el profesor debe asegurarse de que el carácter diferenciativo observado es el correcto.

En este caso, la hipótesis de que es un carácter hereditario puede completarse con:

- Es un carácter dominante o recesivo.
- Es un carácter autosómico o ligado al sexo.

**Diseño:** Siguiendo los criterios generales señalados anteriormente, en la tabla primera, esquematizamos un diseño para el estudio de un carácter ligado al cromosoma X, así como las frecuencias esperadas en  $F_1$  y  $F_2$ .

	♂	♀	
P:	$X^+ Y (+)$	$X^w X^w (w)$	(+) ojos normales
$F_1$ :	$X^w Y (w)$	$X^+ X^w (+)$	(w) ojos blancos

gametos $F_1$ :	♀ \ ♂	0,5 $X^w$	0,5 Y
	0,5 $X^+$	$X^+ X^w$ 0,25 (+)	$X^+ Y$ 0,25 (+)
$F_2$ :	0,5 $X^w$	$X^w X^w$ 0,25 (w)	$X^w Y$ (0,25) (w)
		♀	♂

Esquema 1. Estudio control genético de un carácter.

Como se indicó anteriormente, es recomendable efectuar también los cruzamientos recíprocos. Se recuerda la necesidad de que las hembras sean vírgenes. Este mismo esquema puede utilizarse para el estudio de un carácter autosómico.

**Evaluación:** El alumno por comparación de sus resultados obtenidos con los esperados debe concluir acerca de las hipótesis propuestas.

Con los datos obtenidos por todos los grupos se puede hacer un catálogo de las mutaciones en cuanto a su localización cromosómica (autosomas o cromosomas sexuales) y a su carácter de dominancia.

## **A<sub>2</sub>) Dos caracteres**

Atendiendo a los criterios generales, antes señalados, se recomienda que cada sexo sea portador de un carácter. Se insiste en la necesidad de que las hembras sean vírgenes.

En este apartado deberá tenerse en cuenta el nivel del curso en el que se vaya a realizar la experiencia. De las 36 combinaciones posibles que, sin tener en cuenta los cruzamientos recíprocos, pueden hacerse con las nueve cepas mutantes señaladas, habrá algunas en las que sus respectivas mutaciones estén localizadas sobre el mismo cromosoma. Para los niveles más bajos y puesto que el fenómeno de la recombinación afecta las frecuencias esperadas, deberían excluirse aquellos cruzamientos en los que las mutaciones estuvieran localizadas en un mismo cromosoma y a menos de 50 unidades (ver la tabla primera). Cuando estas mutaciones están muy próximas, como «y» y «w» en el cromosoma X, no se segregan y se heredan conjuntamente.

En este caso la fase de hipótesis puede ampliarse más:

- ¿Son caracteres dominantes o recesivos?
- ¿Son caracteres autosómicos o ligados al sexo? ¿Ambos autosómicos, ambos ligados al sexo o uno autosómico y otro ligado al sexo?
- ¿Están ligadas las mutaciones que controlan estos caracteres, es decir, se heredan conjuntamente?

**Diseño:** Un resumen de un diseño para este tipo de estudio se presenta en los esquemas números 2 y 3. El presentado en el esquema número 2 puede utilizarse para el estudio de caracteres independientes; en el ejemplo, uno autosómico y otro ligado al sexo. El presentado en el esquema número 3 puede utilizarse para el estudio de mutaciones ligadas; en el ejemplo de caracteres ligados al cromosoma X.

	♂	♀	
P:	X <sup>y</sup> Y + + (y, +)	X <sup>+</sup> X <sup>+</sup> se se (+, se)	
F <sub>1</sub> :	X <sup>+</sup> Y + se (+, +)	X <sup>+</sup> X <sup>y</sup> + se (+, +)	(+): cuerpo u ojos normales (y): cuerpo amarillo (se): ojos sepia

		0,25	0,25	0,25	0,25	
gametos F <sub>1</sub> :	♀ \ ♂	X +	X se	Y +	Y se	
	0,25 X <sup>+</sup> +	(+, +)	(+, +)	(+, +)	(+, +)	
	0,25 X <sup>+</sup> se	(+, +)	(+, se)	(+, +)	(+, se)	
	0,25 x <sup>y</sup> +	(+, +)	(+, +)	(y, +)	(y, +)	
	0,25 x <sup>y</sup> se	(+, +)	(+, se)	(y, +)	(y, se)	
		♀		♂		

~ 1/16 =  
= 0,25 × 0,25 =  
= 0,0625

Esquema 2. Estudio control genético de 2 caracteres independientes.

El esquema número 3 es el siguiente.

	♂	♀	
P:	$X^{w+} Y$ (w, +)	$X^{++} X^{++}$ (+, y)	
F <sub>1</sub> :	$X^{++} Y$ (+, y)	$X^{++} X^{w+}$ (+, +)	(+): cuerpo u ojos normales (w): ojos blancos (y): cuerpo amarillo

		0,5	0,5	
gametos F <sub>1</sub> :	♀ \ ♂	$X^{++}$	Y	
	0,5	$X^{++} X^{++}$ (+, y)	$X^{++} Y$ (+, y)	~ 0,5 × 0,5 = 0,25
	0,5	$X^{++} X^{w+}$ (+, +)	$X^{w+} Y$ (w, +)	
		♀	♂	

Esquema 3. Estudio control genético de dos caracteres ligados.

Se recuerda que es recomendable efectuar también los cruzamientos recíprocos.

**Discusión:** Dependiendo del nivel del curso, en estos diseños quizá el profesor debe colaborar más con los alumnos, sobre todo en el cálculo de las frecuencias fenotípicas esperadas. Comparando los resultados obtenidos con los esperados, el alumno debe buscar respuestas a sus hipótesis propuestas. Analizando de forma conjunta los resultados de todos los grupos podrán reforzarse las conclusiones a las que puedan llegar individualmente. También con los resultados obtenidos por todos los grupos se puede efectuar un catálogo de las mutaciones utilizadas.

Por otra parte, puede ser de interés para futuros diseños experimentales aislar y mantener los dobles mutantes que hayan podido obtenerse en los frascos.

### A<sub>3</sub>) Cruzamientos de prueba

En algunas ocasiones y para completar los diseños pueden realizarse cruzamientos de prueba. Consisten en la obtención de una generación a partir del cruzamiento de hembras F<sub>1</sub> (que deben ser vírgenes) y machos P. El alumno debe comprender, para poder utilizarlo, que su finalidad es la de manifestar la información genética de la generación F<sub>1</sub>.

Queremos resaltar, en relación con este apartado del Control genético de los caracteres externos, que muy probablemente las frecuencias observadas difieran significativamente de las esperadas según las hipótesis más acertadas. Este fenómeno puede ser utilizado para introducir un nuevo concepto, el de selección. La eficacia biológica (manifestada por el número de individuos aparecidos) no es la misma para todos los fenotipos. El normal descenso de las frecuencias obtenidas para los fenotipos mutantes en relación con las obtenidas para el fenotipo salvaje debe interpretarse como una acción diferencial de la selección. Es decir, el medio ambiente (medio nutritivo, temperatura, humedad, densidad de población, etc.) selecciona en contra más fuertemente a los fenotipos menos adaptados a ese medio.

## **B) Selección**

Para que los alumnos comprendan más claramente la acción de la selección proponemos un nuevo experimento.

Supongamos que estudiamos una población del litoral en la que hay moscas normales y moscas con alas rudimentarias, que se aparean al azar y que cerca del lugar donde habitan hay una isla. Supongamos que desaparece el alimento en el litoral. ¿Podrán las moscas ápteras colonizar la isla? ¿Necesitarán muchas generaciones?

Para responder estas preguntas realizamos el siguiente diseño:

En el centro de un recipiente de plástico cerrado colocamos una placa Petri llena de agua y dentro de ella un frasco con comida. Abrimos una abertura en la caja que tapamos con algodón, para que no haya aireación. Introducimos en la caja de 10 a 20 moscas de la cepa salvaje y de 10 a 20 moscas con alas vestigiales, mitad machos y mitad hembras, siendo estas últimas vírgenes.

Transcurridos un par de días retiramos las moscas e incubamos el frasco con comida, después de taparlo con un algodón, para obtener moscas adultas.

Después de analizar el fenotipo de las moscas aparecidas, los alumnos podrán comprobar perfectamente cómo el agua ha ejercido una drástica selección en contra de los individuos sin alas.

Los alumnos que tengan interés pueden comprobar si las moscas ápteras colonizarían la isla pasando las moscas aparecidas directamente a otro frasco con comida y examinando la siguiente generación.

## **Bibliografía**

- Biología Nuffield. Texto V. La perpetuidad de la vida.* Ed. Omega. Barcelona, 1972.  
GARDNER, E. J., and MERTENS, T. R.: *Genetics. Laboratory investigations.* Ed. Burgess Publishing Company, Minneapolis, 5.<sup>a</sup> ed., 1970.  
GORDON HASKELL, PH. D.: *Practical Heredity with Drosophila.* Ed. Oliver and Boy, London, 1960.  
JESSOP: *Biosfera.* Ed. Omega, Barcelona, 1975.  
PETER SPANDL, Oscar: *Didáctica de la Biología.* Ed. Kapelusz, Buenos Aires, 1978.  
*Prácticas de Biología.* Ed. Fontalba, Barcelona, 1978.  
STRICKBERBER, M. W.: *Experiments in Genetics with Drosophila.* Ed. John Wiley and Sons, Nueva York, 6.<sup>a</sup> ed., 1967.



# ***Construcción de modelos en Biología de COU***

## **Genética molecular**

José Francisco ARDÉVOL GONZÁLEZ \*

### **Introducción**

La incorporación de los medios audiovisuales a la enseñanza de la Biología ha sido paulatina, aunque no con la intensidad que sería de desear, no por culpa del docente, sino por la mala dotación que presentan la mayoría de los centros de enseñanza. Pero en Biología no basta con los MAV clásicos, falta algo más, y esto lo percibimos claramente cuando en clase hablamos de moléculas, macromoléculas y aspectos funcionales de éstas. Se hace notar en este momento la falta de algún modelo espacial del que «echar mano» con el fin de que capten claramente estructuras y procesos. Pero es que la construcción de modelos siempre ha tenido un gran obstáculo que vencer: los modelos que ofrecen las casas suministradoras son muy caros o simplemente no existen. Aquí presentamos algunas soluciones a estos problemas, pues los modelos estructurales y funcionales de que vamos a hablar son muy económicos, los podemos fabricar nosotros mismos a partir de materiales muy difundidos y además su construcción se realiza en un plazo muy corto de tiempo.

### **MODELO I**

#### **Estructura del DNA (figura 1)**

Para la construcción de este modelo hemos usado como material tela metálica cuadriculada que puede comprarse en ferreterías a un precio medio de 400 ptas/m<sup>2</sup>. Se corta una tira de esta tela metálica de un cuadrado de ancho y 40 de largo, nos quedaría así una escalera de 41 peldaños. Estos peldaños transversales representan a los pares de bases A-T y G-C unidas por puentes

---

\* Profesor agregado de ciencias naturales del I. B. «Lucas Martín Espino», de Icod de los Vinos (Santa Cruz de Tenerife).

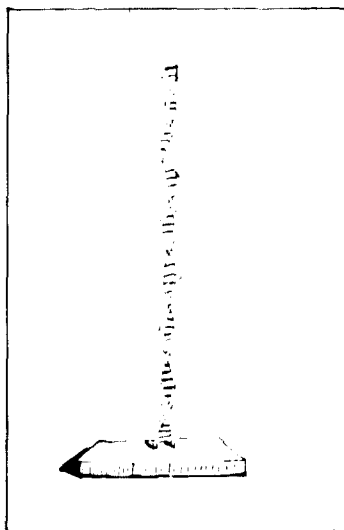


Figura 1

de H, y las dos barras longitudinales representan a las cadenas de desoxirribosa-fosfato. Ahora puede ya efectuarse la torsión de  $180^\circ$  entre el peldaño número 1 y el número 6, de tal modo que ambos han de adoptar la misma disposición espacial. Estos peldaños dejarán entre sí cinco espacios, limitado cada uno de ellos por dos bases dispuestas de forma que la posterior ha girado  $36^\circ$  con respecto a la anterior.

Este modelo no guarda las proporciones reales de la macromolécula, ya que esta tela metálica viene en una serie de medidas estándar, pero este aspecto no es tan importante en BUP y COU, ya que lo interesante aquí es que el alumno capte rápidamente la disposición espacial de los distintos elementos de esta macromolécula.

Este modelo de 41 pares de bases (los 41 peldaños) se dispondrá en consecuencia en cuatro vueltas completas de hélice.

El valor didáctico del modelo será mayor aún si pintamos unos peldaños de blanco y otros de rojo (blanco para el par A-T y rojo para el par G-C). Como pintura podemos usar tempera sin diluir en agua. Otra posible manera de representar las bases sería usando un color específico para cada una de ellas, de modo que en cada peldaño habría una mitad de un color y la otra de otro distinto.

El modelo puede disponerse, una vez terminado, verticalmente en una base de madera a la que se adherirá una tarjeta con las principales características de la molécula.

Hemos comprobado lo rápido que captan los alumnos todo lo referente a la estructura espacial de esta macromolécula usando este modelo, en comparación con las dificultades que representa para ellos el clásico dibujo de la doble hélice en la pizarra. Pero sería limitado si no nos pudiera servir para explicar los distintos aspectos funcionales del DNA.

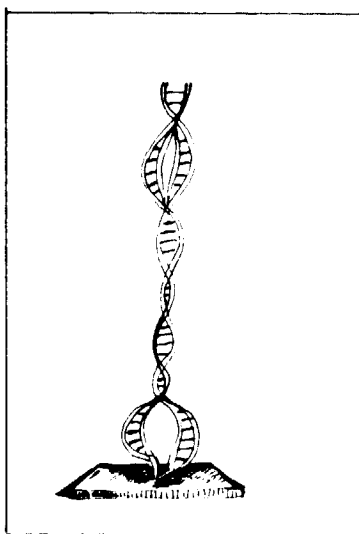


Figura 2

### MODELO 2

#### Replicación del DNA (figura 2)

Al modelo 1 pueden abrirse dos bucles cortando cinco o seis peldaños por la mitad (se usarán tijeras para cortar metal), esto representaría la rotura de los puentes de hidrógeno de las bases apareadas. Los bucles representarían las regiones desespiralizadas del DNA en las que comienza la replicación de cada una de las dos hebras de la molécula. Las hebras hijas se pueden obtener cortando una tira de tela metálica de un cuadrado de ancho por cuatro de largo, se cortan los peldaños por la mitad y cada uno de los trozos representará una hebra de DNA en crecimiento. Esta tira puede unirse ahora a la hebra parental por medio de un tubito de plástico hueco que respete el convencionalismo de colores que hayamos establecido (blanco y rojo). Este tubito hueco puede obtenerse a partir del hilo eléctrico monopolar rígido que viene forrado con plástico de colores diferentes. Habrá que aclarar a los alumnos que el número de bucles no es el representado, ya que se abren varios a lo largo de la doble hélice. Además, se les indicará que los bucles se alcanzarán unos a otros a medida que la desespiralización y replicación vayan progresando. Pueden incluso representarse las distintas moléculas enzimáticas que intervienen en la duplicación del DNA, usando plastilina de colores distintos.

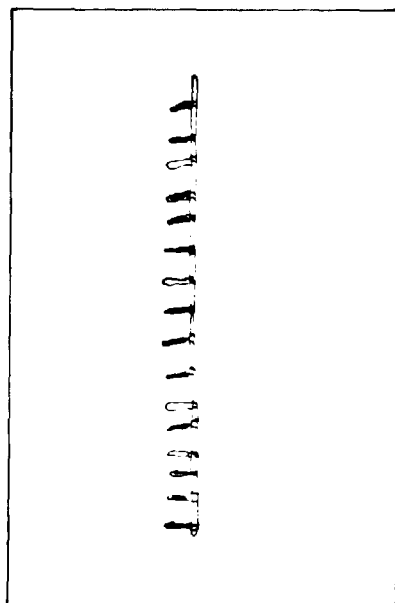


Figura 3

### MODELO 3

#### Síntesis del m-RNA (figura 3)

Se puede usar el mismo modelo anterior, pero teniendo en cuenta buscar un nuevo color para el par A-U, por ejemplo, el azul. El RNA final puede fabricarse con una tira de unos 40 cuadrados de largo y uno de ancho, que se cortará longitudinalmente por la mitad de los peldaños.

El valor didáctico de este modelo será mayor pintando las bases (los medios peldaños) con tempera de cuatro colores distintos o también usando tubitos plásticos huecos de cuatro colores diferentes.

Este m-RNA servirá luego, además, para la explicación de la síntesis de proteínas, para lo cual se construyen los ribosomas (varios para poder así formar un polirribosoma) con plastilina de dos colores, uno para cada subunidad. Para su construcción se usará la publicación de Investigación y Ciencia de James A. Lake: «El ribosoma», octubre de 1981.

Vemos que con este modelo puede explicarse no sólo la síntesis de m-RNA, sino también la síntesis de proteínas y la estructura de los polisomas.

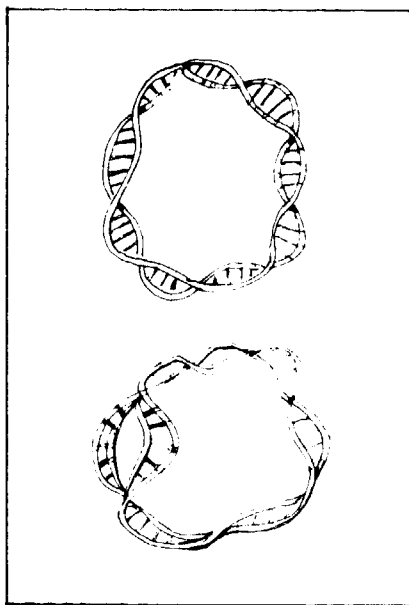


Figura 4

### MODELO 4

#### Replicación del cromosoma bacteriano (figura 4)

Para este modelo cortaremos tres tiras de tela metálica cuadrículada de 60 cuadrados de largo y uno de ancho, se forma con cada uno de ellos una cadena de DNA torsionándola según el modelo 1, luego se da una disposición circular a cada una de estas cadenas (soldando con estaño o pegando con resina epóxica). A uno de estos círculos se le pintan los peldaños de blanco para el par A-T y de rojo para el par G-C. Este será el modelo de cromosoma bacteriano intacto, aunque sin apelotonar.

En otro de los círculos se cortarán cinco o seis peldaños por la mitad y se forma un bucle que representará el único punto de iniciación en la replicación del DNA bacteriano. En este bucle se puede añadir las hebras hijas en formación, construyéndolas de la manera explicada en el modelo 2.

En el tercer círculo se pueden ya cortar unos 50 peldaños, de modo que representen los últimos momentos de la replicación. Ahora se toma una tira de unos 40 peldaños de largo y uno de ancho y se corta longitudinalmente por la mitad, con lo que obtendremos el material que simbolizará a las dos hebras hijas en formación.

Nos podemos evitar el pintado de los peldaños uniendo las cadenas parentales y filiales con tubos plásticos del color establecido y de longitud igual a la de los peldaños. No hay que olvidar espiralizar convenientemente las moléculas en formación.

Otro modo de hacer esta última estructura consiste en cortar dos tiras de 50 cuadrados de largo y uno de ancho, espiralizarlas y unir las luego a una tira de 10 cuadrados de largo. Las dos primeras tiras representarán los dos cromosomas a punto de terminar su formación, mientras que la tira de 10 cuadrados representará a la parte del cromosoma que no se ha duplicado aún.

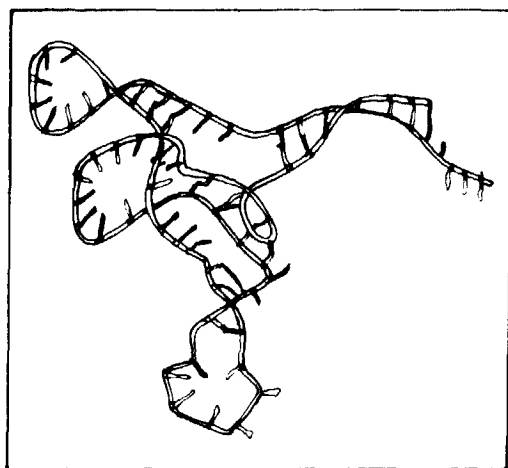


Figura 5

## MODELO 5

### RNA-t (figura 5)

Se usa una tira de tela metálica de un número de cuadrados de largo igual al número de bases menos uno que formen el RNA-t que vaya a construirse, se corta longitudinalmente por la mitad de los peldaños (como para la construcción del m-RNA), se va dando forma a cada uno de los cuatro brazos del RNA-t y una vez formados éstos, soldamos o unimos con resina epóxica los puentes del hidrógeno entre bases complementarias que se encuentran en los brazos, posteriormente se procede a dar la estructura helicoidal correspondiente a cada uno de los brazos junto con la orientación espacial relativa que tiene cada uno. Se pueden ahora colorear con tempera las bases individuales (A = amarillo, U = blanco, G = rojo, C = azul). No hay que olvidar, además, la orientación de cada una de las bases en esta macromolécula (para la construcción de este modelo usamos las figuras de la primera edición del libro de bioquímica de Lubert Stryer, editado por Reverté).

Este modelo, aparte de servirnos estupendamente para la explicación de la «morfología» de las moléculas de RNA-t, nos ayudará, junto con el modelo m-RNA y el ribosoma, a explicar la biosíntesis de proteínas y además permitirá hacer comprender a los alumnos la «degeneración» del código, a partir del balanceo de la tercera base del anticodón.

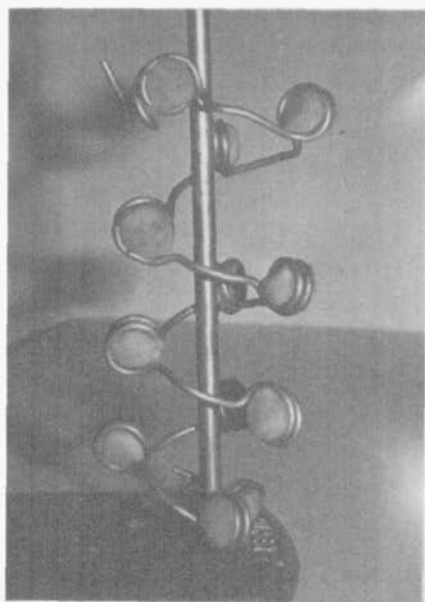


Figura 6

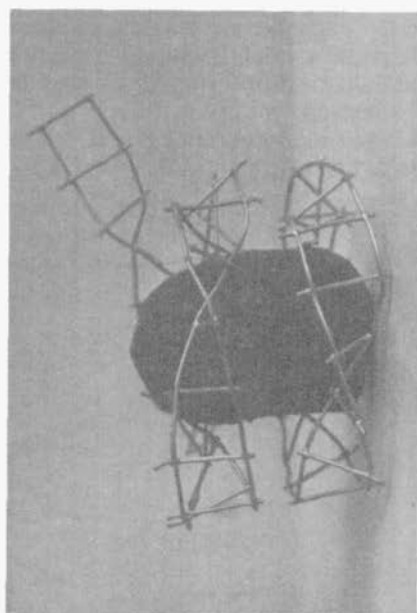


Figura 7

### MODELO 6

#### Nucleosoma (figuras 6 y 7)

Se han hecho dos modelos con distinto poder de resolución. El primero de ellos se hizo con hilo eléctrico monopolar rígido de color rojo y con plastilina azul. El hilo rojo representa a la doble hélice del DNA y la plastilina azul a las proteínas histonas. Se hicieron, a intervalos constantes, arrollamientos de dos espiras apretadas, y el interior de estos arrollamientos se relleno con plastilina azul. Luego, a esta serie de arrollamientos de dos espiras se les dio una estructura helicoidal, de modo que representen el superenrollamiento cromosómico y, en resumen, la disposición de histonas y ADN en el cromosoma. (Advertir que hay más histonas, que se disponen fuera de la canilla.) Hay que indicar claramente a los alumnos que el hilo rígido representa a la doble hélice del ADN, por lo que en el modelo se ha hecho una simplificación. También se aclarará que la espiral de nucleosomas es más compacta que lo que se ha

representado en este modelo, aunque aquí se ha realizado a escala distorsionada para poder ver claramente la disposición de la hélice de nucleosomas en el espacio.

Se ha hecho, además, un modelo de nucleosomas de mayor resolución, con una tira de tela metálica de un cuadrado de ancho a la que se ha dado la estructura helicoidal del DNA y luego se ha arrollado en dos espiras alrededor de una canilla de plastilina roja que representa a las histonas. Para evitar un gasto excesivo de plastilina hemos puesto en el interior de la canilla una bola de papel y la plastilina en la parte externa, cubriendo totalmente al papel. Este modelo permite visualizar algo que no es asequible con el modelo de baja resolución: la doble hélice del DNA alrededor de la canilla de histonas. Ambos modelos son, pues, complementarios uno del otro y son adecuados para los niveles de 3.º de BUP y COU.

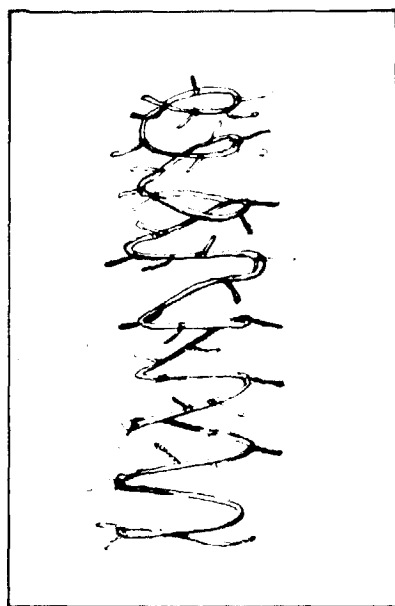


Figura 8

## MODELO 7

### RNA del TMV (figura 8)

La primera etapa de construcción es idéntica que para el m-RNA, usando una tira de tela metálica de un cuadrado de ancho y unos 40 de longitud. Esta tira se corta longitudinalmente por la mitad de los peldaños, con lo cual tendremos, con una de las dos mitades, una representación de las cadenas de ribosa-fosfato (el brazo longitudinal) y de las bases (los medios peldaños transversales). Como el RNA del TMV se dispone helicoidalmente y además con las bases dirigidas hacia la cápside proteica, hay que disponer, pues, esta



tira que hemos obtenido arrollada en hélice y con las bases hacia fuera. Esta hélice se puede construir usando como molde un tubo cilíndrico y quitándolo una vez hayamos terminado. Luego podemos pintar las bases con tempera de cuatro colores (uno para cada tipo de base) o poner tubos plásticos de cuatro colores.

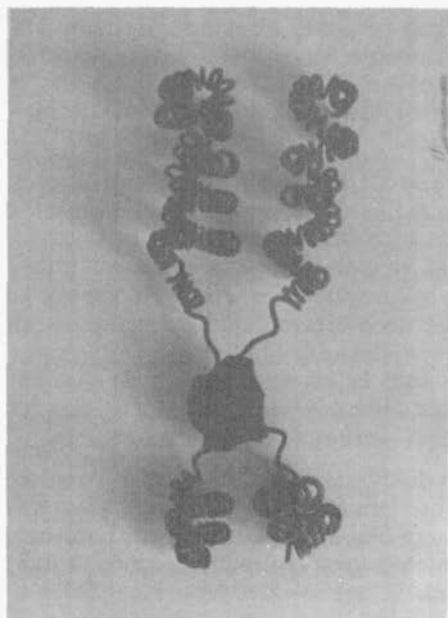


Figura 9



Figura 10

### MODELO 8

#### Condensación cromosómica en la profase (bivalente) (figuras 9 y 10)

Para este modelo tenemos un maravilloso material de construcción en el hilo eléctrico monopolar rígido, ya que unos cuatro metros de este material (el hilo representará a la doble hélice del DNA), podemos arrollarlos en hélice alrededor de un tubo cilíndrico de 1 cm. de diámetro. Esta nueva estructura la cortamos por su parte media para que cada fragmento idéntico represente una cromátida del bivalente. En la parte media de cada uno de estos dos fragmentos idénticos desenrollamos cuatro espiras, dándoles una disposición rectilínea y ahora en este lugar ponemos una bolita de plastilina roja que representará el centrómero de un bivalente metacéntrico. Este bivalente está representado ahora en su forma de espiral menor. Se puede explicar así la visualización óptica de los cromosomas como filamentos delgados debido al considerable aumento en el diámetro de la estructura (el diámetro del hilo rígido representa al diámetro del DNA, ya que el cromosoma se encuentra totalmente desespiralizado, y el diámetro del conjunto de las dos cromátidas en el primer

arrollamiento representa a los alargados y delgados cromosomas que se observan en la profase temprana). La escala se presenta distorsionada, pues la estereometría no es tan importante a estos niveles. Ahora se vuelven a arrollar estos «resortes» en una nueva hélice («hélice de hélices») alrededor del mismo tubo cilíndrico, lo que representará a la espiral mayor o superenrollamiento cromosómico, que constituye el estado de mayor condensación cromosómica y representa al cromosoma tal como aparece en la metafase mitótica. El aumento de diámetro es notorio con respecto al estado de completa desespiralización. Esto nos permite nuevamente insistir en la visualización óptica de los cromosomas únicamente en los estados de espiralización y también en la considerable reducción en longitud que experimentan los filamentos cromáticos durante la espiralización.

Este modelo es perfectamente aplicable en BUP y COU. Se visualiza en él la semejanza entre cromátidas hermanas e incluso la separación cromosómica de éstas a nivel del centrómero durante la anafase mitótica o en la segunda anafase meiótica. Su alcance didáctico es mayor aún: explicará posteriormente la desespiralización progresiva que se produce durante la telofase y la consiguiente reducción en el diámetro del cromosoma, que se visualiza al microscopio óptico, hasta llegar a la no visualización de éstos en el estado totalmente desespiralizado, observándose sólo la «cromatina densa» que representaremos por tramos sin desespiralizar situados entre tramos de mucha mayor longitud totalmente desespiralizados («cromatina difusa»).

Aún podemos sacar mayor rendimiento didáctico a este modelo si tenemos la precaución de hacer otro bivalente, pero ahora con hilo rígido de color distinto al primero (por ejemplo, un bivalente blanco y el otro rojo). Esto nos podrá servir para explicar el entrecruzamiento cromosómico durante la primera profase meiótica y, también, visualizar la anafase de la primera división meiótica.

## **MODELO 9**

### **Operón**

Se corta una tira de 40 cuadrados de largo y uno de ancho, a la que se da forma helicoidal, según se ha indicado en el modelo 1. Representaremos el gen regulador por media vuelta de hélice (se indicará a los alumnos que todos estos genes tienen una dimensión mayor en cuanto a número de pares de bases y, por tanto, por vueltas de hélice), se asignará una longitud de media vuelta de hélice al promotor y al locus operador se le dará la misma longitud. Los genes estructurales del operón quedarán representados en el resto del DNA, y esta región puede pintarse en rojo. La región del operador puede pintarse de amarillo, la del promotor en azul y la del regulador en blanco.

El m-RNA copiado a partir del gen regulador lo construimos según el modelo 3, y el producto proteico de este m-RNA lo podemos representar por plastilina negra, que irá a unirse a la doble hélice del gen operador (en amarillo). Podemos además usar el ribosoma o ribosomas contruidos según el modelo 3, para explicar la fabricación de la proteína represora (plastilina negra) a partir del m-RNA obtenido a partir del gen regulador.

El inductor o el correpresor que alteran la conformación del represor y le impiden o favorecen así unirse al gen operador, se pueden representar con plastilina verde.

Este modelo es aplicable únicamente en biología de COU.

### **Conclusión**

Los modelos expuestos son sólo una muestra de las posibilidades que brinda la genética de COU y también la de Ciencias Naturales de BUP. Pueden construirse muchos más y más variados, todo depende de la imaginación del docente. En conjunto tienen, a nuestro juicio, dos virtudes prácticas: son muy económicos y se construyen en muy poco tiempo. Hay además dos virtudes pedagógicas: nos ayudan a explicar mucho más fácilmente y de una manera más agradable, y además contribuyen enormemente al desarrollo de la imaginación espacial de los alumnos.

### **Bibliografía**

- STRYER, Lubert: *Bioquímica*, Barcelona, Ed. Reverté, 1976.
- KORNBERG, Roger D., y KLUG, Aaron: «El nucleosoma», *Investigación y Ciencia* número 55, abril, 1981.
- LAKE, James A.: «El ribosoma», *Investigación y Ciencia* número 61, octubre 1981.
- JONATHAN, P., BUTLER, G., y KLUG, Aaron: «El ensamblaje de un virus», *Investigación y Ciencia*, número 28, enero 1979.
- RICH, Alexander, y Sung HOU KIN: «La estructura tridimensional del ARN de transferencia», *Investigación y Ciencia* número 18, marzo 1979.



# *La Cristalografía en el Bachillerato: Iniciación al estudio de esta Ciencia*

M. D. RUIZ CRUZ\*  
y G. BARCELÓ SIERRA\*\*

## **Resumen**

En el programa de Ciencias Naturales de 1.º de BUP uno de los capítulos se titula «La materia mineral: Estructura y propiedades». Es evidente que en el título de este capítulo se incluyen dos de las líneas más interesantes de investigación en la Cristalografía reciente: La estructura de los minerales y el análisis de sus propiedades.

Aunque el estudio de las propiedades físicas de los minerales es fácilmente asimilable por los alumnos, dado que en este nivel carecen de los conocimientos necesarios de química, no puede llevarse a cabo el estudio de las estructuras cristalinas. La mayoría de los libros de texto, por ello, limitan el estudio de la Cristalografía al análisis de la simetría externa de los cristales (identificación de elementos de simetría, clases y sistemas cristalinos, etc.).

No obstante, y dado que la Cristalografía morfológica ha perdido gran parte del interés que tuvo al comienzo del desarrollo de esta Ciencia, pensamos que es mucho más interesante, siguiendo el enunciado del capítulo, *iniciar* en este curso el estudio de las estructuras cristalinas, dejando a un lado la simetría externa que, en niveles más avanzados puede deducirse como una consecuencia de la ordenación interna.

En este trabajo exponemos lo que, a nuestro juicio, podría constituir una iniciación a la Cristalografía en 1.º de BUP, que limitamos a la «Teoría reticular». El desarrollo de la lección constaría de los siguientes puntos:

- Concepto de red (parámetros, celda elemental, etc.).
- Deducción de las redes planas.
- Propiedades de las redes (estudio de la simetría de las redes planas).
- Deducción de redes espaciales.

---

\* Catedrático de Ciencias Naturales I.N.B. «Emilio Prados». Málaga.

\*\* Profesor adjunto. Facultad de Ciencias. Málaga.

En 3.º de BUP puede abordarse el estudio de la Cristalografía estructural (especialmente estructuras de coordinación y estructura de silicatos) y en Geología de COU podría pasarse, con la base suficiente, al estudio de las imperfecciones cristalinas y de los fenómenos con éstas relacionados: Isomorfismo y Polimorfismo.

## **Introducción**

Hasta hace algunos años, la Cristalografía se definía como una rama de la Ciencia dedicada a estudiar los *cristales* (cuerpos sólidos limitados por superficies planas). Hoy día el concepto de «cristal» ha evolucionado y es conocido de todos que el hecho de que el cristal presente caras planas es puramente accidental, y que lo realmente importante es la ordenación interna de átomos, iones o moléculas que lo constituyen. La materia que presenta como característica fundamental esta ordenación interna se denomina «materia cristalina» y constituye el objeto de estudio de la Cristalografía.

Es evidente que el estudio de la morfología cristalina ha perdido gran parte de la importancia que tuvo al comienzo del desarrollo de la Cristalografía, por lo cual consideramos secundario el estudio de la simetría externa de los cristales y pensamos que el objetivo fundamental a alcanzar en 1.º de BUP es que el alumno aprenda a deducir los diferentes tipos de ordenaciones que puede presentar la materia cristalina. Es decir, en este primer curso, limitamos el estudio de la Cristalografía a la «teoría reticular».

En 3.º de BUP, como introducción al capítulo de «Génesis y evolución mineral», o si ello fuese posible, como lección independiente, teniendo en cuenta que el alumno cuenta con la base necesaria de química, puede abordarse con facilidad la «Cristalografía estructural». Considerando los tipos de enlace más importantes en el mundo mineral, pueden deducirse algunos de los tipos estructurales más frecuentes (por ejemplo, estructuras de coordinación) y analizar con cierto detalle la estructura de los silicatos, básica para poder comprender las transformaciones mineralógicas que tienen lugar durante el ciclo geológico (cristalización magmática, meteorización, metamorfismo, etc.).

Siguiendo este esquema, en Geología de COU el alumno contará con la base suficiente para iniciar el estudio de otro de los aspectos de la Cristalografía: «El cristal real», el análisis de algunas de las imperfecciones cristalinas y su influencia en una serie de fenómenos: La formación y crecimiento de los cristales (en este momento puede introducirse la morfología cristalina), el isomorfismo, polimorfismo, etc.

A continuación desarrollamos lo que, a nuestro juicio, podría constituir una iniciación a la Cristalografía en 1.º de BUP, que limitaremos a la «teoría reticular». La lección está basada en el trabajo individual del alumno, reduciéndose al máximo las explicaciones. Las láminas incluidas en el texto, por tanto, sólo constituyen una indicación de las que en el cuaderno de prácticas podrán ir realizando los alumnos.

## Teoría reticular

La materia cristalina se extiende, evidentemente, en las tres direcciones del espacio, pero, para comenzar nuestro estudio, nos limitaremos a la ordenación que puede presentarse en un plano (lo que se conoce como redes planas), para pasar después a la ordenación tridimensional (o redes espaciales).

Puede parecer, en principio, que existen muchas posibilidades de ordenar los átomos, iones o moléculas<sup>1</sup>, pero estas posibilidades son, en realidad, muy pocas. Veamos algunos ejemplos:

El oro nativo es un metal conocido de todos y que, químicamente está formado por la unión de una serie de átomos, todos iguales, que se representan por Au. Estos átomos, en primera aproximación, serían esferas muy pequeñas, en contacto entre sí, que podemos representar en un plano mediante circunferencias. El radio de un átomo de oro es de 1,37 Å. Tomemos como radio en nuestra representación una cantidad proporcional a ésta, por ejemplo, 1,37 cm. (o la mitad, si así resulta demasiado grande). Trazando una circunferencia con este radio habremos representado un átomo de Au, evidentemente muy aumentado (átomo 1). Dibujemos otra circunferencia del mismo radio, tangente con la anterior (átomo 2) y una tercera tangente a las dos anteriores (átomo 3). Si seguimos dibujando átomos alrededor del que hemos llamado 1, podremos llegar hasta seis. El átomo 1 está rodeado en un plano por otros seis idénticos. Si, siguiendo este camino continuamos dibujando átomos de Au, obtendremos un esquema como el de la figura 1.1.

La distribución de los átomos de oro es muy fácil de deducir en un plano, ya que todos los átomos son iguales. Tomemos ahora, por ejemplo, el centro de cada átomo y representémoslo por un punto. Obtendremos un esquema como el de la figura 1.2. Esto es una *red*. Para obtenerla, únicamente hemos eliminado los átomos y hemos representado su ordenación.

Cada punto de la red se denomina *nudo*.

Una serie de nudos alineados constituyen una *fila reticular* o *red monodimensional*. Observemos que en cada fila reticular que consideremos, la distancia entre dos nudos se mantiene constante, e igualmente en filas reticulares paralelas. A esta distancia se le denomina *parámetro* o *traslación* de la fila y sirve para definirla.

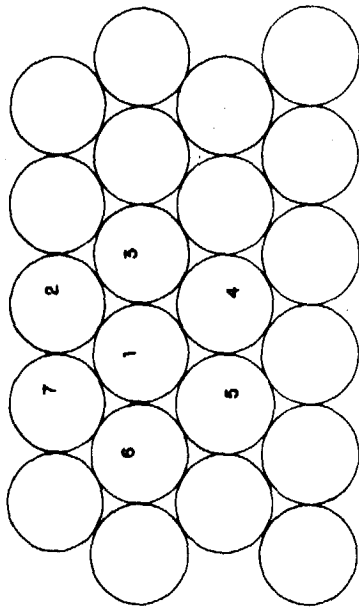
Dos filas reticulares nos definen un plano, tal como el de la figura 1.2, que se denomina *plano reticular* o *red bidimensional* (o plana). En una red plana hay infinitas filas reticulares con traslaciones diferentes. De ellas consideraremos aquellas dos con traslaciones más pequeñas (a y b) para definirla. Estas dos traslaciones y el ángulo que forman entre sí estas filas reticulares nos definen un paralelogramo que se denomina *celda elemental* de la red plana. En el caso de la figura 1.2, el paralelogramo es un rombo.

Consideremos ahora otro metal que llamaremos Me. Este metal está constituido al igual que el oro por átomos esféricos, iguales entre sí, pero en este caso, el radio atómico vale 0,8 Å. Si representamos, igual que en caso del oro, una serie de átomos de metal, tangentes entre sí, obtendremos el es-

---

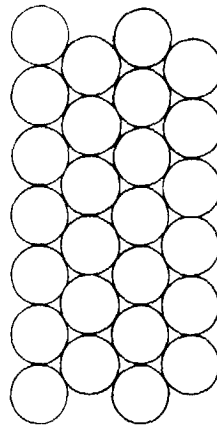
<sup>1</sup> Una breve introducción sobre el concepto de átomo, ión y molécula resulta imprescindible.

LÁMINA 1



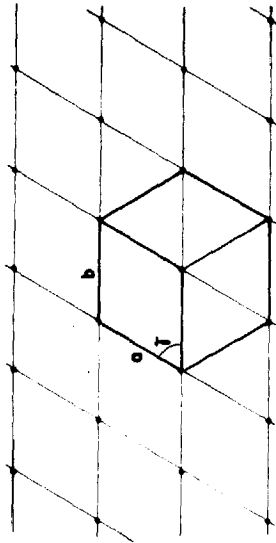
DISPOSICIÓN DE LOS ÁTOMOS DE ORO  
 $r = 1,37 \text{ \AA}$

Fig. 1.1



DISPOSICIÓN DE LOS ÁTOMOS DE UN METAL Me  
 $r = 0,8 \text{ \AA}$

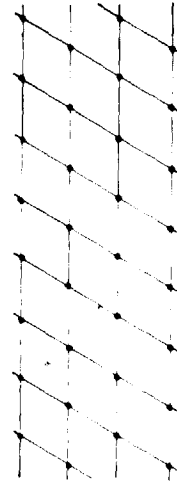
Fig. 1.3



RED DEL ORO



CELDA PLANA ELEMENTAL DEL ORO  
 $a = b$   $\gamma = 60^\circ$



RED DEL METAL Me



CELDA PLANA ELEMENTAL DEL METAL Me  
 $a = b$   $\gamma = 60^\circ$



quema de la figura 1.3. Dibujar la red que representa esta ordenación atómica es muy fácil, así como deducir la forma y dimensiones de la celda elemental. Se trata también (figura 1.4) de una celda rómbica con  $\gamma = 60^\circ$ , que únicamente se diferencia de la del oro por el valor de la traslación.

Una serie de elementos nativos (prácticamente todos los metales) muestran ordenaciones similares en un plano. La red plana que los representa es la misma para todos ellos.

Veamos ahora cómo se distribuyen los iones en el compuesto ClNa (cloruro sódico o sal común). En este caso existen dos elementos químicos diferentes, con diferentes radios, el del  $\text{Cl}^-$  vale 1,81 Å y el del  $\text{Na}^+$ , 0,97 Å. Dibujemos un ión  $\text{Na}^+$  y, alrededor de él y, tangentes con el mismo, iones  $\text{Cl}^-$ . En este caso sólo caben cuatro iones  $\text{Cl}^-$  alrededor de un  $\text{Na}^+$  (figura 2.1). La ordenación de los iones es, en este caso, diferente a las anteriores: el esquema de la figura 2.2 la representa. Para obtenerla tomamos, como antes, puntos equivalentes, el centro de los iones  $\text{Cl}^-$  o el de los iones  $\text{Na}^+$ , por ejemplo. En ambos casos la red obtenida es idéntica, pero diferente a la de los metales. Ahora es una red cuadrada.

### Tipos de redes planas

Hemos deducido dos tipos de redes planas, la *red cuadrada*, definida por  $a = b$  y  $\gamma = 90^\circ$  y la *red rómbica*, definida por  $a = b$  y  $\gamma \neq 90^\circ$ . En el caso de los metales, además, por ser  $\gamma = 60^\circ$  esta red forma hexágonos regulares y se denomina *red hexagonal*. Si comparamos la celda rómbica o cuadrada (lámina III) con la celda hexagonal, veremos que las primeras sólo tienen nudos en los vértices, en tanto que la celda hexagonal posee también un nudo en el interior. Las primeras se denominan «primitivas» y «múltiple» la segunda.

Si  $a = b$  no existen más posibilidades: las redes planas serán cuadradas, rómbicas o hexagonales.

Si  $a \neq b$  surgen dos nuevas redes: *Red rectangular*, definida por  $a \neq b$  y  $\gamma = 90^\circ$  (la celda elemental es un rectángulo) y *red romboidal*, definida por  $a \neq b$  y  $\gamma \neq 90^\circ$  (su celda elemental es un romboide).

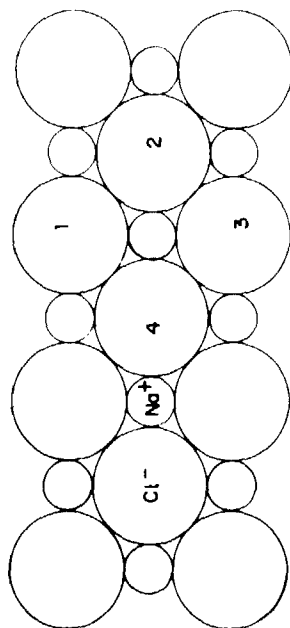
### Propiedades de las redes

Para deducirlas partiremos de la red plana más general, la red romboidal (lámina IV).

- Todos los nudos de una red son idénticos: Esta propiedad se denomina **homogeneidad** (figura 4.1).
- Si a partir de un nudo cualquiera consideramos las diversas filas reticulares que lo contienen ( $a, b, m, n, \dots$ , en figura 4.2), veremos que el valor de las traslaciones es diferente en cada caso, es decir, depende de la dirección. El hecho de que cualquier propiedad en una red dependa de la dirección se denomina **anisotropía**<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Esta propiedad reticular se pone de manifiesto en las propiedades físicas de los minerales. Por ejemplo, los valores de la dureza dependen de la dirección.

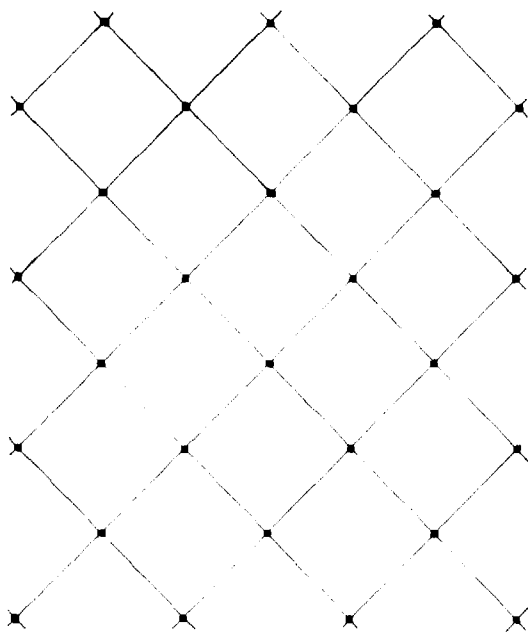


DISPOSICIÓN DE LOS IONES  $\text{Cl}^-$  Y  $\text{Na}^+$  en el  $\text{ClNa}$ .

$$r_{\text{Cl}^-} = 1,81 \text{ \AA}$$

$$r_{\text{Na}^+} = 0,97 \text{ \AA}$$

Fig. 2.1



RED DEL  $\text{ClNa}$

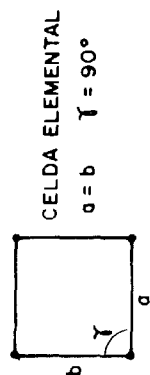
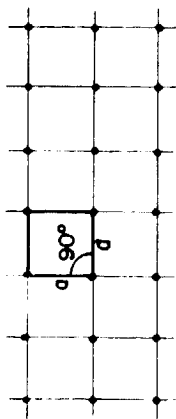
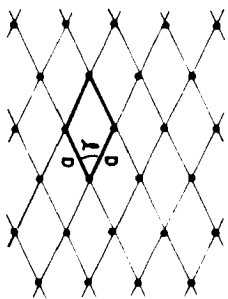


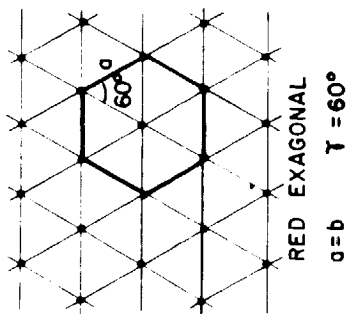
Fig. 2.2



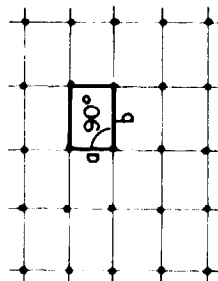
RED CUADRADA  
 $a = b$   $\gamma = 90^\circ$



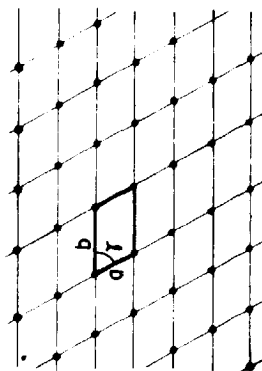
RED RÓMBICA  
 $a = b$   $\gamma \neq 90^\circ$



RED EXAGONAL  
 $a = b$   $\gamma = 60^\circ$



RED RECTANGULAR  
 $a \neq b$   $\gamma = 90^\circ$



RED ROMBODIAL  
 $a \neq b$   $\gamma \neq 90^\circ$

- Mediante ciertas operaciones podemos hacer coincidir unos nudos con otros. Esta propiedad se denomina **simetría**. Veamos cuáles son estas operaciones:

Si en la figura 4.3 tomamos cualquier nudo como origen, 0, observaremos, siguiendo cualquier fila reticular que pase por él, que a un lado y a otro de 0 hay nudos a la misma distancia. Por ejemplo, los nudos 1 y 1' están a la misma distancia,  $c$  de 0, pero son diametralmente opuestos. Igual ocurre con 2 y 2', 3 y 3', etc. Este nudo, 0, es un **centro de simetría**. Por el principio de la homogeneidad, todos los nudos de la red serán centros de simetría.

En la figura 4.4 se representa una red cuadrada. Si tomamos cualquier nudo como origen, 0, de una circunferencia de radio =  $a$  (distancia de 0 a 1, o traslación de la red), veremos que el nudo 1, tras un giro de  $90^\circ$  alrededor del eje del compás, va a coincidir con el nudo 2. Tras otro giro de  $90^\circ$  el nudo 2 coincidirá con el 3 y éste con el 4. Es decir, tomando como eje de giro una línea perpendicular al papel en 0 y girando siempre en el mismo sentido, el nudo 1 origina otros tres equivalentes. Este elemento se llama **eje de giro** y en este caso, por hacer coincidir cuatro nudos de la red, se denomina eje cuaternario o 4. El principio de la homogeneidad hace que en cada nudo de la red cuadrada deban existir ejes 4 perpendiculares al papel.

Es fácil, de este modo, con la ayuda de un compás, deducir los ejes de simetría que presentan los diferentes tipos de redes planas. En la figura 5.1 hemos recogido su denominación, símbolo y ángulo de giro necesario para llevar a coincidencia dos nudos. En la figura 5.2 se han representado los ejes perpendiculares al papel en los diferentes tipos de redes planas<sup>3</sup>.

En los objetos naturales son raros los ejes de simetría, pero, pensemos, por ejemplo, en una estrella de mar. Tiene un eje de simetría, ¿de qué orden?

Observemos, por último, la figura 4.5. Representa una red rectangular. Perpendicularmente al papel, en cada nudo, existe un eje 2. Olvidemos que los ejes existen, por el momento, y supongamos que, perpendicularmente al papel y según la fila reticular  $a$  existiera un espejo. Sólo veríamos en realidad la parte del papel situada del espejo hacia la izquierda, pero cada nudo de esta zona lo veríamos reflejado, a la misma distancia, hacia el otro lado del espejo. Es decir, el nudo 2 aparecería reflejado hacia la derecha, a una distancia =  $b$ , exactamente sobre el nudo 2'. De igual forma, el nudo 1 lo veríamos reflejado a una distancia =  $2b$ , sobre el nudo real 1'.

Este nuevo elemento de simetría que actúa reflejando los nudos como un espejo se denomina **plano de reflexión** y se representa por  $m$ . Al ser la red homogénea, por cada fila reticular de traslación =  $a$  y perpendicularmente al papel, pasarán planos idénticos.

En la figura 5.2 se representan los planos que existen en los diferentes tipos de redes planas.

Entre los objetos naturales son muy frecuentes los planos de simetría. Pensemos en algunos ejemplos.

<sup>3</sup> Existe otra serie de ejes contenidos en el plano del papel, que no han sido representados.

LÁMINA IV

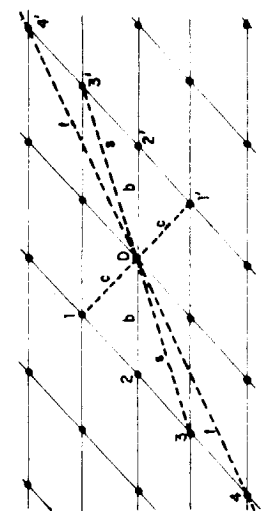


Fig. 4.1

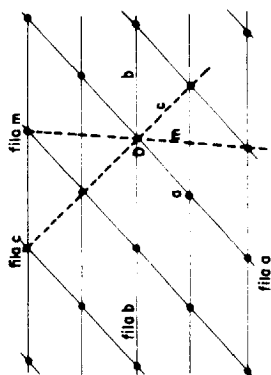


Fig. 4.2

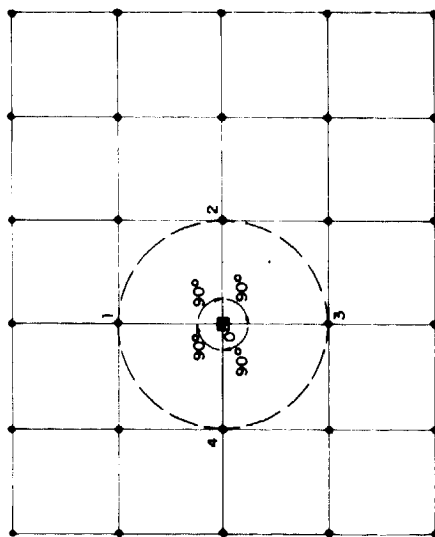


Fig. 4.3

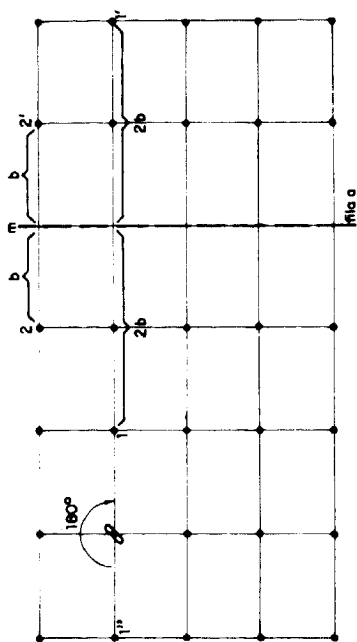


Fig. 4.4

LÁMINA V

EJE BINARIO	0 - 2	GIRO - 180°	NUDOS EQUIVALENTES = 2
EJE TERNARIO	Δ - 3	GIRO - 120°	NUDOS EQUIVALENTES = 3
EJE CUATERNARIO	□ - 4	GIRO - 90°	NUDOS EQUIVALENTES = 4
EJE SENARIO	○ - 6	GIRO - 60°	NUDOS EQUIVALENTES = 6

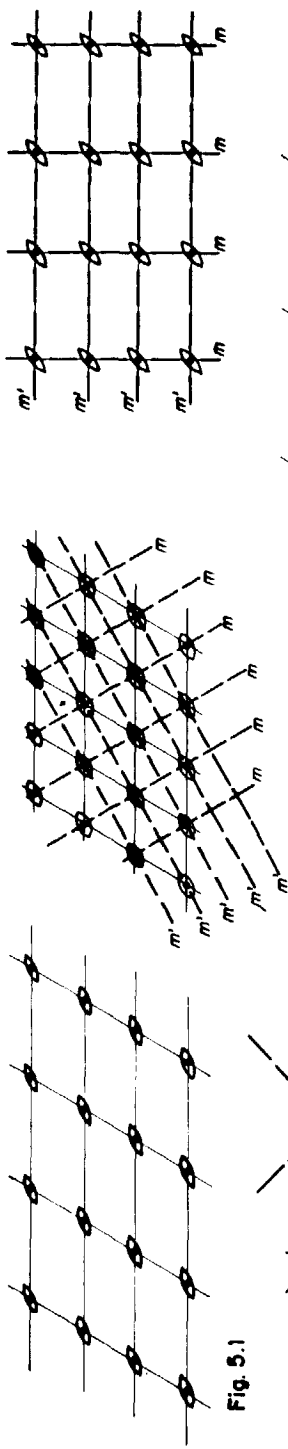


Fig. 5.1

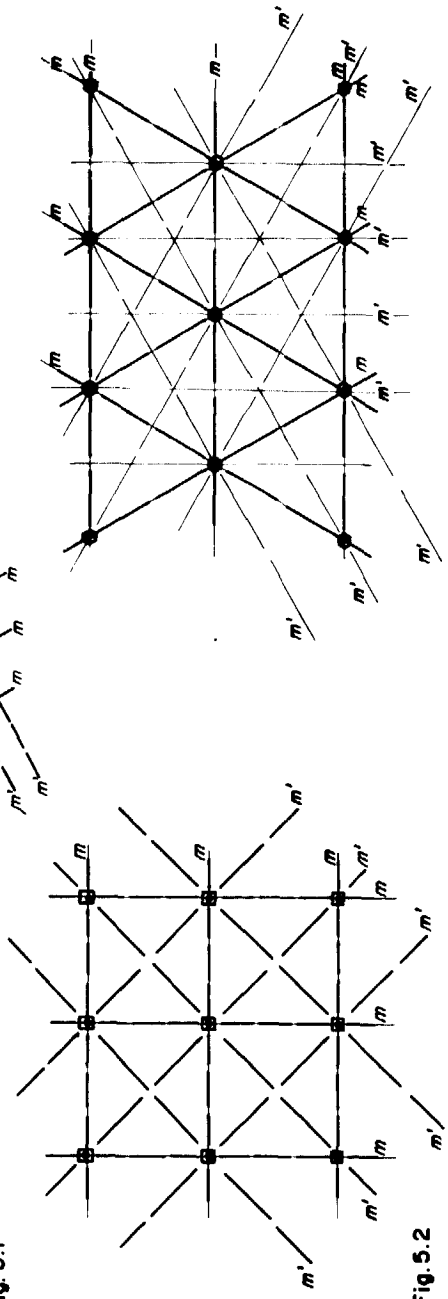


Fig. 5.2

### Las redes espaciales

Una vez deducidos los diferentes tipos de redes planas hemos de pasar al espacio y tratar de deducir las redes tridimensionales.

Para definir una red espacial necesitamos seis parámetros: tres traslaciones y tres ángulos (figura 6.1). Éstos se denominan  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

Una red espacial podemos definirla también mediante las tres redes planas que constituyen su celda elemental. Estas tres redes planas vendrían dadas por  $a$ ,  $b$  y  $\gamma$ ,  $a$ ,  $c$  y  $\beta$  y  $b$ ,  $c$  y  $\alpha$ .

En el caso más general (figura 6.1), las tres redes planas son romboidales, pues  $a \neq b \neq c$  y  $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$  y la red espacial, por tener los tres ángulos diferentes de  $90^\circ$ , se denomina red **triclinica**.

Si  $a \neq b \neq c$  y  $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$ , es decir, sólo uno de los tres ángulos es diferente de  $90^\circ$ , la red se denomina **monoclínica** (figura 6.2) y viene definida por dos redes planas rectangulares y una romboidal.

Si la red plana rectangular  $a$ ,  $b$  ó  $b$ ,  $c$  tienen un nudo en el centro, la red se denomina **monoclínica** de bases centradas (C).

Si  $a \neq b \neq c$  y  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , la red espacial se denomina red **rómbica** primitiva (P) y las redes planas que la constituyen son rectangulares (figura 7.1).

Si una de estas tres redes planas es centrada, la red espacial correspondiente se denomina **rómbica** de bases centradas (C).

Si se centran simultáneamente todas las redes planas, la red se denomina **rómbica** de caras centradas.

Si la red espacial tiene un nudo en el interior, la red se denomina **rómbica** centrada en el interior (I).

Si  $a = b \neq c$  y  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , la red es muy parecida a la rómbica, pero con  $a = b$ ; es decir, la red que constituye la base de la celda es cuadrada. La red espacial se denomina **tetragonal** primitiva (P) (figura 7.2).

Esta red, con un nudo adicional en el interior, se denomina **tetragonal** centrada en el interior (I).

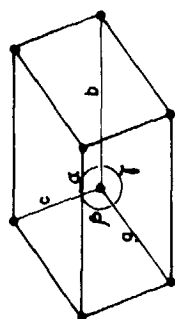
Si  $a = b \neq c$  y  $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ , las tres redes planas son rómbicas y la celda elemental que la define es un romboedro. La red se denomina **romboédrica** (figura 8.1).

Si  $a = b \neq c$  y  $\alpha = \beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$ , la red plana definida por  $a$ ,  $b$  y  $\gamma$  es hexagonal. La red espacial también se denomina **hexagonal** y no es primitiva, ya que tiene nudos en el centro de las bases (figura 8.2).

Por último, si  $a = b = c$  y  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , la red espacial se denomina **cúbica** primitiva (P) y las tres redes planas que la definen son cuadradas (figura 8.3).

Dos nuevas posibilidades surgen con una celda cúbica: Si existen nudos en el centro de todas las caras, la red se denomina **cúbica** de caras centradas (F).

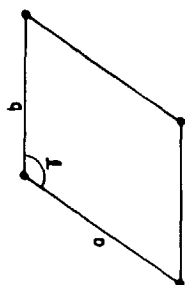
LÁMINA VI



RED TRICLÍNICA

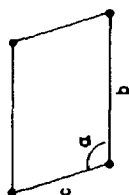
$a \neq b \neq c$   $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

Fig. 6.1

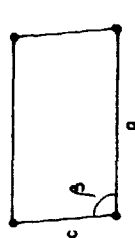


$a = b$   $\gamma \neq 90^\circ$

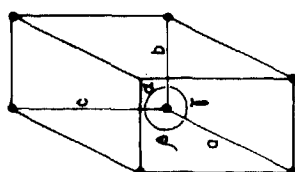
REDES PLANAS ROMBOIDALES



$b \neq c$   $\alpha \neq 90^\circ$



$a \neq c$   $\beta \neq 90^\circ$



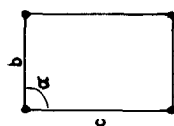
RED MONOCLÍNICA (P)

$a \neq b \neq c$   $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$

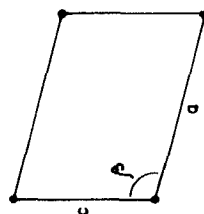


$a \neq b$   $\gamma = 90^\circ$

REDES PLANAS RECTANGULARES

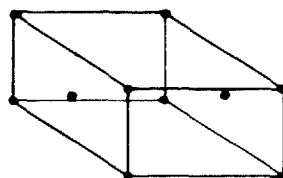


$b \neq c$   $\alpha = 90^\circ$



$a \neq b$   $\beta \neq 90^\circ$

RED PLANA ROMBOIDAL



RED MONOCLÍNICA DE BASES CENTRADAS (C)

Fig. 6.2



LÁMINA VII

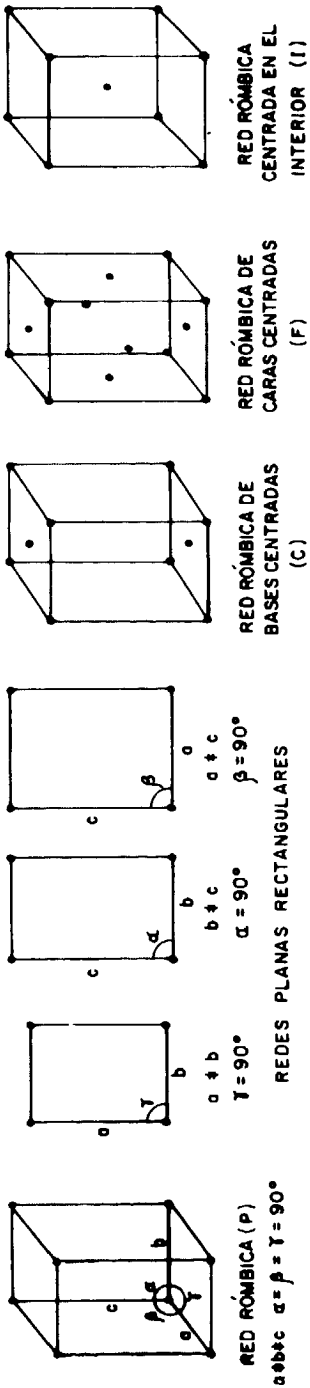


Fig. 7.1

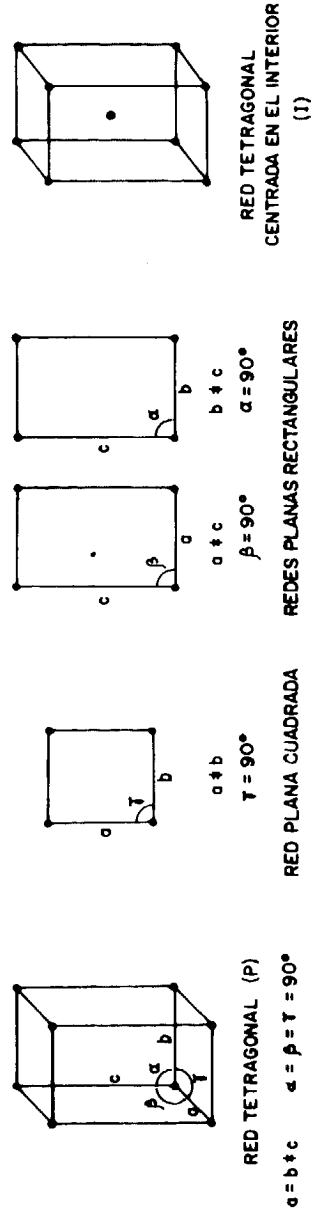


Fig. 7.2

LÁMINA VIII

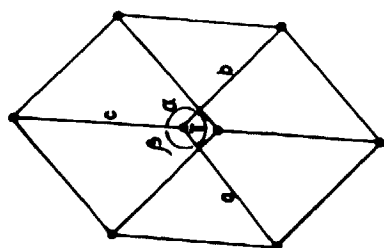
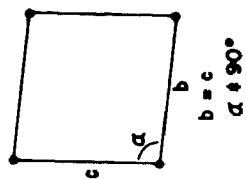
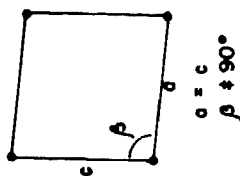
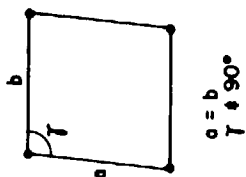


Fig. 8.1

RED ROMBOÉDRICA (R)  
 $a = b = c$   $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$



REDES PLANAS RÓMBICAS

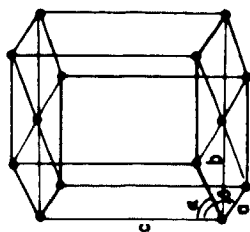
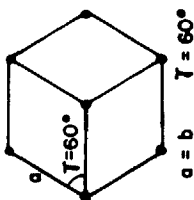


Fig. 8.2

RED EXAGONAL

$a = b \neq c$   $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma = 120^\circ$



RED PLANA EXAGONAL

$a \neq b \neq c$   $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$   
 REDES PLANAS RECTANGULARES

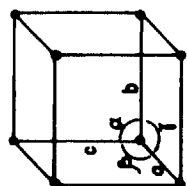
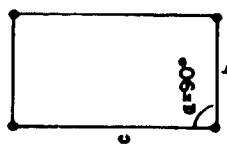
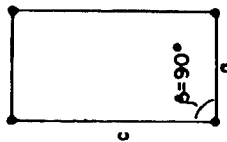
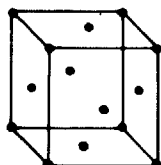


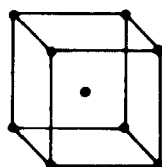
Fig. 8.3

RED CÚBICA (P)

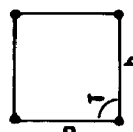
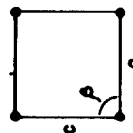
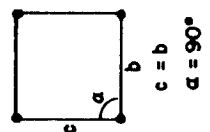
$a = b = c$   $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



RED CÚBICA DE  
 CARAS CENTRADAS (F)



RED CÚBICA CENTRADA  
 EN EL INTERIOR (I)



REDES PLANAS CUADRADAS

Si sólo existe un nudo, en el interior, la red se denomina **cúbica** centrada en el interior (I).

Las redes espaciales poseen evidentemente las mismas propiedades que las redes planas. La deducción de los elementos de simetría existentes en las redes espaciales es más difícil que en el caso de las redes planas, pues hay que trabajar con modelos tridimensionales. Podemos, no obstante, enunciar una serie de principios generales:

- Cada nudo de la red es un centro de simetría.
- Los ejes de simetría coincidirán con filas reticulares.
- Los planos de simetría serán planos reticulares.

### **Bibliografía**

AMORÓS, J. L.: *El Cristal*, Ed. Ucranía, Barcelona, 1975.

BLOSS, F. D.: *Crystallography and Crystalchemistry*, Ed. Holt Rinehart and Winston, Nueva York, 1974.

GAY, P.: *Introducción al estado cristalino*, Ed. Universitaria de Barcelona, Barcelona, 1977.





*Química*



# *Un sencillo experimento en cinética química*

A. CHAMERO FERRER\*  
y M.<sup>a</sup> Alicia PÉREZ DE LIS MARTÍNEZ\*\*

## Introducción

La velocidad con que una reacción química progresa en función, para una temperatura determinada  $T$ , de la concentración de los reactivos  $c$ , según:

$$\frac{dc}{dt} = f(c), \text{ para } T = \text{cte}$$

Para deducir la forma de dicha función se requiere determinar la concentración de uno de los reactivos —o de uno de los productos de reacción— para diferentes tiempos.

De las muchas funciones posibles sólo dos son objeto de interés en los cursos elementales de Química. Por una parte, se tienen las ecuaciones o reacciones de primer orden, que obedecen a una ecuación de velocidad dada por

$$-\frac{dc}{dt} = k \cdot c \quad (1)$$

siendo  $k$  la constante de velocidad y, por otra, las reacciones o ecuaciones de segundo orden, dadas por

$$-\frac{dc}{dt} = k \cdot c^2 \quad (2)$$

El estudio y análisis de los datos experimentales para la determinación de la velocidad de reacción se lleva a cabo por dos métodos. En el primero, llamado de integración, se parte de una supuesta ecuación de velocidad de

---

\* Doctor en Ciencias Químicas, I.B. «Quevedo», Madrid.

\*\* Licenciada en Ciencias Químicas. I.B. «Quevedo», Madrid.

reacción. La integración de dicha ecuación permite obtener una relación de la concentración en función de los tiempos. Mediante esta relación se analizan los datos experimentales y, si el modo es correcto, se obtiene el orden y la constante de reacción.

En el segundo método, llamado diferencial, los valores experimentales se representan directamente en función del tiempo, calculándose, a partir de la pendiente, el orden de reacción.

En cualquier caso, el estudio de la variación de las concentraciones en función del tiempo requiere medios analíticos que, por su complejidad o coste, son a menudo inadecuados en un curso elemental de Cinética.

Por otra parte, la integración de (1) conduce a

$$\lg \frac{c_0}{c} = \frac{k}{2,303} t, \quad (3)$$

siendo  $c_0$  la concentración inicial, por lo que en las reacciones de primer orden, la medida de cualquier magnitud que sea proporcional a la concentración de un reactivo puede utilizarse para el cálculo de la constante.

Siendo  $\alpha$  esa magnitud, se tendrá que

$$c = k' \alpha$$

$$c_0 = k' \alpha_0$$

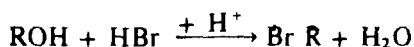
por lo que la ecuación (3) se transforma en

$$\lg \frac{\alpha_0}{\alpha} = \frac{k}{2,303} \cdot t \quad (4)$$

Así, existen numerosos ejemplos en la literatura donde se sigue la evolución de una reacción en fase gaseosa por medio de la medida de las presiones.

## **Cinética estudiada**

En la presente experiencia se estudia la cinética de la reacción entre un alcohol y el ácido bromhídrico, en presencia de ácido sulfúrico, según:



empleándose el método de integración.

El estudio consiste en medir la longitud de la capa insoluble de bromuro formado en función del tiempo. La simplicidad de la experiencia y su desarrollo la hacen idónea en un primer contacto con la cinética química.

En efecto, la cantidad de reactivo que no ha reaccionado en cualquier instante será proporcional a la diferencia  $l_\infty - l_t$ , siendo  $l_\infty$  la longitud final de la capa insoluble de bromuro y  $l_t$  la longitud medida a lo largo de la experiencia. La



representación de  $\log (1_{\infty} - 1_t)$  frente al tiempo dará, si la reacción es de primer orden, una línea recta, de cuya pendiente se deduce el valor de la constante.

La cantidad de ácido sulfúrico influye marcadamente en la cinética.

### Material necesario

1. Tubo de ensayo de 100 cm<sup>3</sup>, aproximadamente.
2. Refrigerante.
3. Vaso de 800 cm<sup>3</sup>.
4. Termómetro, mechero y reloj.
5. Regla graduada en milímetros y papel semilogarítmico.

### Reactivos

- a) Alcohol.
- b) Ácido bromhídrico.
- c) Ácido sulfúrico concentrado.



Figura 1.—Desarrollo de la práctica.

## Desarrollo de la práctica

a) En el tubo de ensayo se añaden 10 ml. del alcohol y 20 ml. de ácido bromhídrico del 40 %. Se refrigera el tubo y se añaden en porciones 10 ml. de ácido sulfúrico concentrado.

b) Se lleva el tubo al vaso con agua en ebullición suave. Se coloca el refrigerante y se observa la aparición de la capa insoluble del bromuro de alquilo.

c) Se van anotando cada tres minutos la longitud de dicha capa, hasta alcanzar  $l_{\infty}$ .

d) Se anota la temperatura y se representa en un papel semilogarítmico  $\lg(l_{\infty} - l_t)$  frente a tiempos.

e) Se calcula la constante de la reacción.

La práctica puede repetirse variando la cantidad de sulfúrico. En la mayoría de los casos, el tiempo total es inferior a la hora.

## Resultados obtenidos

Se ha estudiado la cinética de reacción de los alcoholes iso-amílico, sec-butílico y n-amílico, los dos últimos para diferentes concentraciones de ácido sulfúrico. Los resultados se representan en las figuras 2, 3 y 4. En la Tabla 1 se dan los valores de las constantes. Por último, en la figura 1 se aprecia la sencillez del montaje de la experiencia.

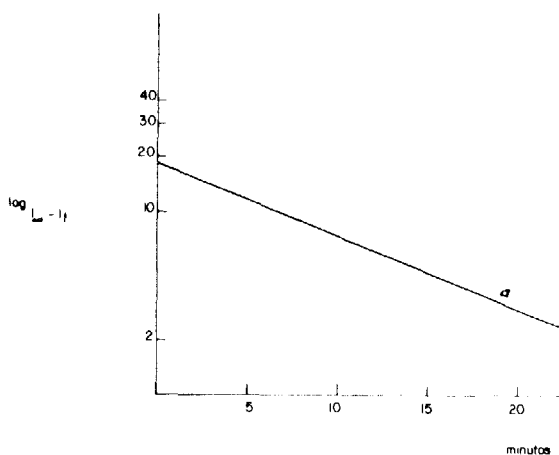


Figura 2.—Cinética del alcohol iso-amílico.

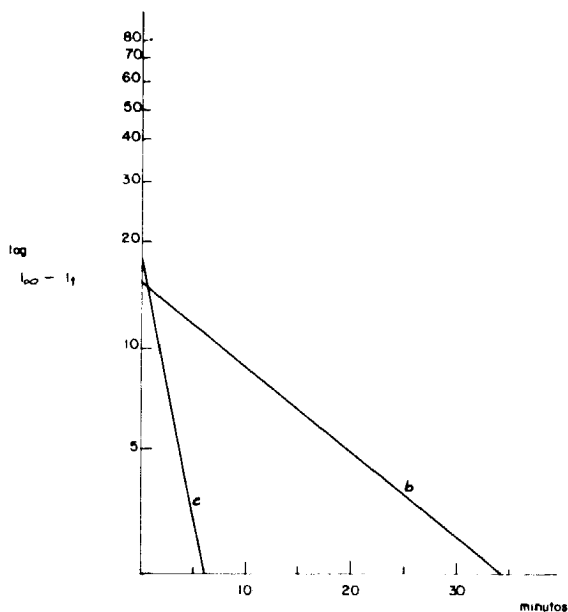


Figura 3.—Cinética del alcohol sec-butílico, variando la cantidad de ácido sulfúrico.

TABLA I

Alcohol	HBr, 40 %	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , conc.	k, m <sup>-1</sup>
(a) iso-amílico, 10 ml. ....	20 ml.	10 ml.	0,050
(b) sec-butílico, 5 ml. ....	10 ml.	—	0,061
(c) sec-butílico, 5 ml. ....	10 ml.	5 ml.	0,36
(d) n-amílico, 10 ml. ....	20 ml.	10 ml.	0,090
(e) n-amílico, 10 ml. ....	20 ml.	15 ml.	0,104

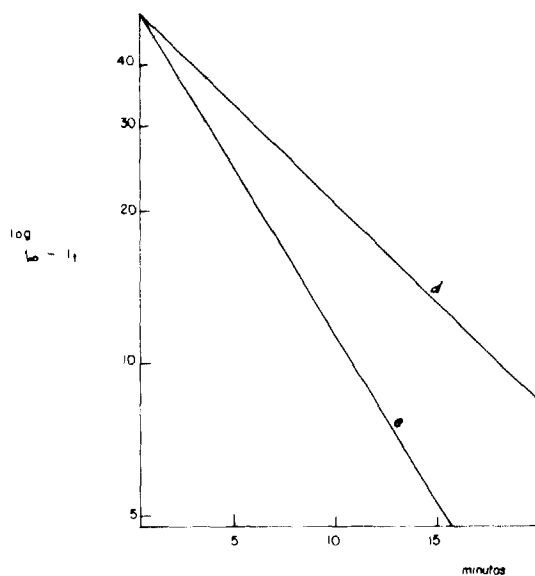


Figura 4.—Cinética del alcohol n-amílico, variando la cantidad de ácido sulfúrico.

# ***Análisis de algunas constantes y adulteraciones de la leche***

Mario GOÑI GARCÍA \*

## **Presentación**

Debo, en principio, manifestar que la redacción de este trabajo viene a estar condicionada por tres hechos que de algún modo, estimo, pueden justificar su publicación.

1. Que normalmente son pocas en realidad las experiencias de este tipo analítico que los alumnos realizan en el laboratorio, dado que, en general, el profesorado de la asignatura se preocupa preferentemente de explicar los temas del programa con vistas a que los discentes, como sólo necesitan la teoría para superar la prueba de suficiencia universitaria, se hallen en mejores condiciones de superarla.

2. El curso académico 80-81 tuve la oportunidad de asistir a un cursillo de «Prácticas de bioquímica para COU», organizado por el ICE y en el programa figuraban una serie de experiencias para este nivel educativo, relacionadas con los alimentos, pero, por diversos motivos no fáciles de comentar aquí, nos fueron solamente anunciadas. El poco tiempo del cursillo, la falta de medios de laboratorio y quizá el número elevado de cursillistas en relación al local donde trabajamos, fueron algunos de esos motivos.

3. Personalmente recogimos, de todos modos, la idea de aquel programa y hemos experimentado y puesto a punto en el propio I. B. donde ejercemos, algunas técnicas analíticas de fácil realización, relacionadas con la leche como producto alimenticio para el hombre.

4. Señalamos también que pueden analizarse los productos lácteos logrados a partir de la leche natural: un queso, el yogur o kéfir, la leche en polvo, la mantequilla, un helado o el requesón, son alimentos cuyas técnicas de análisis se basan en los mismos principios científicos, objetivos, material auxiliar de laboratorio y técnicas, si bien, como es lógico suponer, cada producto de éstos requiere tener en cuenta detalles *sui generis* que no representan complejidad o incremento de tiempo, de duración o de presupuesto económico en la mecánica de las experiencias.

---

\* Catedrático de ciencias naturales. I.B. Carballo (La Coruña).

## Valor didáctico de la experiencia

Los alumnos consiguen, junto a los objetivos específicos de la práctica, perfeccionarse y familiarizarse con el manejo simultáneo de un material de laboratorio que alcanza al de tipo fungible, las sustancias químicas, la preparación de reactivos y determinados aparatos auxiliares como la centrifugadora, la estufa o el butirómetro, que quizá no hayan utilizado con anterioridad.

Y, por supuesto, la experiencia favorece notablemente el desarrollo en los alumnos de una actitud investigadora por llegar a conseguir sus propias conclusiones y demás considerandos referidos en la misma redacción del programa oficial de la asignatura («BOE» de 17 de marzo de 1978).

## Introducción teórica para el profesor

La leche, desde el punto de vista biológico, es el producto natural y temporal elaborado por las glándulas mamarias de las hembras de los animales mamíferos, con el fin de alimentar a sus hijos durante los primeros días o meses de la vida. Físicamente, se trata al mismo tiempo de una mezcla en la que los azúcares están disueltos, en emulsión las grasas y las proteínas en estado coloidal; además de encontrarse en ella fermentos, vitaminas y hormonas, gases, iones del agua y sales, que nos interesa nominar, porque las experiencias tienen su base científica en todos estos considerandos que lógicamente serán comentados cuando al final de la práctica se proceda al coloquio y discusión de los resultados.

Un cuadro general de su composición elemental en algunas hembras es el siguiente, expresado en tantos por ciento de peso para muestras frescas; excepto la de vaca, que la anotamos pasteurizada y con algún dato más, por ser ésta la que utilizamos para la experiencia.

Hembra	Agua	Proteína	Grasa	Lactosa	Densidad	Cenizas
Mujer	88-90	1,2- 1,7	3,5- 3,8	6,2-6,5	1.029-328	0,2 -0,3
Yegua	90-92	1,7- 2,5	0,8- 1	7-8	1.028-031	0,35-0,4
Burra	90-93	1,7- 2,2	1,2- 1,5	6 -6,6	1.029-031	0,3 -0,4
Cabra	87-90	3,5- 3,9	3,9- 4,1	4,2-4,8	1.030-034	0,8 -0,1
Oveja	82-86	5,4- 5,8	6,5-10	4,3-4,7	1.036-040	0,9 -1,2
Camella	87-88	3,3- 3,5	2,5- 3,4	4,8-5	—	0,6 -0,7
Llama	86	3,8- 3,9	3,1- 3,2	5,5-5,6	—	0,75-0,8
Ballena	62-65	11-12	21-22	1,6-1,8	—	0,6 -0,8
Orangutana	88-90	1,3- 1,4	3,3- 3,5	5,5-6	—	0,2 -0,3

## Vaca

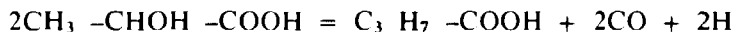
Agua: 86-90; proteínas: 3-3,8; grasa: 3,1-3,3; lactosa: 3,7-5; densidad: 1.030-032; cenizas: 0,7-0,9; cloruros: 1,6-2; pH: 6,2-6,5; calorías: 625-650 por litro; extracto seco magro (ESM, es decir, deshidratado y sin grasa): 8,1-8,5.

**Vitaminas:** Excepto la C, que se destruye con la pasterización, las A, D, E, K y el complejo B existen en la leche.

**Fermentos:** La fosfatasa alcalina se halla en la nata sobre todo y se destruye en las leches pasterizadas (a 65-70° C). La peroxidasa no se destruye en las leches pasterizadas porque precisa para ello más de 70° C. La reducatasa está en razón inversa de la buena calidad higiénica de una leche, de tal modo que sirve para apreciar este índice por medio de la prueba del azul de metileno o del aldehído fórmico en el método de Schandinger. La lipasa se destruye por pasterización. La catalasa tiene valor en las leches frescas sospechosas de contaminación bacteriana aerógena (Mamitis).

En cuanto a los otros tipos de leche de vaca que se hallan hoy día en el mercado, son de consignar la condensada, la descremada, la leche en polvo y la maternizada; no figurando en cambio la leche natural, como hasta hace diez o quince años, por razones sanitarias ligadas a enfermedades que originaba su flora bacteriana. Hoy día todos los tipos precitados y los demás deben ser pasterizados o esterilizados como medida profiláctica y sobre la base de una homogeneización previa, para conseguir mejor el equilibrio físico de todos los componentes, pues ha de considerarse que la «bolsa de leche» es una mezcla de todas las que llegan a la central lechera.

Por lo que se refiere a las alteraciones normales de este producto alimentario, tan completo aun estando pasterizado, señalamos en primer lugar a la producida por la flora microbiana sobre la lactosa, que la transforma en ácido láctico y con ello se acidifica y coagula ( $2C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4CH_3CHOH-COOH$ ); seguidamente este ácido se descompone para originar anhídrido carbónico y ácido butírico, que es el responsable del olor y sabor desagradables.



Finalmente, la concomitancia de otra flora específica de las proteínas da lugar a fermentaciones pútridas.

Y entre los factores físico-químicos que producen los sabores denominados corrientemente «a jabón», «a pescado», «a cartón», «metálico», etc., figuran los que oxidan la materia grasa, como, por ejemplo, la luz con su efecto fotoquímico, debido a las radiaciones ultravioleta; el pH procedente de una lipólisis; el oxígeno del aire disuelto y el procedente de la actividad microbiana normal, que se fija sobre un doble enlace de los ácidos grasos insaturados y luego al liberarse los escinde en moléculas de aldehídos y cetonas, como por ejemplo el aldehído malónico ( $CHO-CH_2-CHO$ ).

Concluyendo esta introducción teórica, se puede citar que la picaresca comercial de quienes hoy día intervienen en la cadena de producción y venta de la leche es extraordinaria. Los organismos oficiales detectan casi a diario alteraciones y adulteraciones de la misma hechas intencionadamente: nitritos, carbonatos, sulfitos, antibióticos, formol, orina, agua oxigenada, aguado, desnatado, leche calostrual, margarina, suero, almidón y ácido bórico, figuran entre esos fraudes.

Nosotros entre las experiencias que describimos aquí, desarrollamos unas técnicas relacionadas con los siguientes factores, sobre la base de cinco equipos de trabajo y en el tiempo de una hora y media. Densidad, acidez, grasa, proteína, fosfatasa, peroxidasa, cloruros, formol. Todas ellas a partir

de un litro de leche comercial, pasterizada y en bolsa de plástico adquirida en el mercado. Para el formol tomamos del litro dos muestras de 50 cm<sup>3</sup>, añadiendo a una de ellas de dos a cuatro gotas de formaldehído al 40 % y la otra nos servirá para testigo <sup>1</sup>.

## **Objetivos**

1. Investigar todas las sustancias y datos que se proponen en el análisis general, sobre la base de trabajar los alumnos distribuidos en cinco equipos de cuatro discentes cada uno y teniendo en cuenta los resultados parciales, por lo que de interrelación tienen todas las experiencias entre sí, al valorar globalmente la práctica.

2. Comprobar la efectividad de algunos cálculos hechos a partir de fórmulas preestablecidas.

3. Valorar el límite de la acción enzimática de la peroxidasa y fosfatasa.

4. Perfeccionarse los alumnos en el manejo del material de laboratorio en cuanto a mediciones exactas con las pipetas, balanza de precisión, bureta, etc.

5. Evidenciar que tanto el material problema como el de laboratorio necesitan ser manejados con conocimiento de causa; por ejemplo, que una pipeta, aunque esté seca, que antes haya sido bien lavada, para evitar tomar muestras o cantidades que se contaminen por ella, o que el ácido sulfúrico es un enérgico corrosivo.

6. Estimar los resultados parciales y globales de todos los grupos, para sacar conclusiones que culminen con la valoración final de la práctica mediante un ejercicio escrito por cada equipo de alumnos, que deberán tener redactado en la semana siguiente, para entregar al profesor.

## **Material**

Pipetas de 1,5 y 10 c.c.

Vasos de precipitado de 50, 100 y 250 c.c.

Buretas de 50 c.c.

Erlenmeyer de 50 y 250 c.c.

Gradillas de tubos de ensayo de diverso diámetro.

Probetas graduadas de 100 y 250 c.c.

Centrifugadora manual o eléctrica.

Lactodensímetro de Quevenne.

Butirómetro de Gerber.

Pera de vacío y succión.

Balanza de precisión.

Baño maría (puede habilitarse un vaso de precipitado de 1 litro).

---

<sup>1</sup> Si bien pudiera estimarse de primera intención que son demasiados datos para ensayar en una sola sesión de laboratorio, la práctica puede reducirse a una sola experiencia por grupo, de acuerdo con los factores que concurren, tanto en el profesor como en los alumnos; mas resaltamos que pueden hacerse todas sin premura, en el tiempo previsto de una hora y media.



### Sustancias químicas y reactivos

Agua destilada.  
Agua oxigenada al 2 %.  
Ácido sulfúrico de densidad 1,82.  
Formol al 40 %.  
Alcohol amílico de densidad 0,815.  
Hidróxido sódico al 0,1/N y 0,25/N y al 10 %.  
Fenolftaleína al 2 %.  
Nitrato de plata en solución acuosa al 0,1/N.  
Cromato potásico al 10 % en solución acuosa.  
Parafenilendiamina al 2 % (es un clorhidrato de la serie del benceno).  
Reactivo «Lactognost».  
Floroglucina al 0,2 %.

### Problema

Un litro de leche pasteurizada, en bolsa de plástico.

### Desarrollo de las técnicas analíticas

Para que los alumnos sepan previamente lo que van hacer, las características normales que debe tener el producto a analizar, las técnicas a seguir y la relación de unos datos con otros, se les habrá proporcionado uno o dos días antes un guión en fotocopia, redactado por el profesor, con las oportunas explicaciones y sugerencias. Por su parte, el profesor debe haber previsto la preparación de los reactivos o su adquisición en el mercado y haber distribuido el material de acuerdo con los cinco equipos de cuatro alumnos cada uno, según el plan general que estimamos en esta ocasión así:

Equipo 1.º Cloruros y fosfatasa.  
Equipo 2.º Densidad y proteínas.  
Equipo 3.º Grasa y acidez.  
Equipo 4.º Peroxidasa y formol.  
Equipo 5.º Densidad y cloruros.

### Determinación de la densidad. Método del lactodensímetro de Quevenne

Se basa este procedimiento en que la densidad de la leche a 15° C es de 1.030.

En una probeta de 250 c.c. se colocan 200 c.c. del problema, evitando hacer espuma para facilitar la lectura luego. Seguidamente se introduce el lactodensímetro y se espera a que flote en equilibrio sin tocar las paredes de la probeta. La densidad será la cifra que figura en el enrase del líquido con la escala numérica. Mas, como el aparato nos da también la temperatura, si ésta es de 15° C, la D ya es la que figura en el enrase; de no ser así, se suman al resultado 0,2 por cada grado que pase o bien se resta por cada grado que falte; este 0,2 es un factor de corrección.

Ejemplo: Lectura directa ..... 29,8 y temperatura 17° C  
Corrección .....  $29,8 + 0,4 = 30,2$  (1.0302)

**Método por aplicación directa de la fórmula física**

$$D = \frac{P(\text{peso})}{V(\text{volumen})}$$

Se pesa un tubo de ensayo corto o una pequeña cápsula y se toma nota de ello; luego se le añade un volumen conocido de leche problema, 5-10 c.c. y se lleva de nuevo a la balanza de precisión para nueva pesada. La diferencia de peso entre ambas lecturas nos da el peso de la leche; aplicando ahora la fórmula precitada se halla la densidad.

**Determinación de la acidez. Método Dornic**

Se basa este procedimiento en el contenido de ácido láctico presente en el problema y en que 1º Dornic equivale en la prueba a 0,1 c.c. de KOH 0,1/N.

Se colocan 10 c.c. de leche exactamente medidos con pipeta o bureta, en un Erlenmeyer o vaso de precipitado de 50 c.c.; se añaden luego otros 10-20 c.c. de agua destilada para aumentar el volumen y poder así observar el viraje posterior mejor (el agua destilada añadida no altera el resultado); se mezcla bien y se agregan una-dos gotas de fenolftaleína para valorar finalmente con KOH 0,1/N, bien con pipeta o con bureta.

Cuando el medio problema vire a rosa persistente, la titulación se da por terminada; para observar bien este momento, con la mano izquierda se agita continuamente el Erlen de forma suave.

*Resultado:* KOH 0,1/N gastado  $\times$  0,09 (que es el factor de aplicación) = acidez en ácido láctico por %.

**Determinación de la grasa. Método Gerber (figura 1)**

*Fundamento de la prueba:* El ácido sulfúrico de densidad 1,82 ataca todas las sustancias de la leche menos la grasa, por lo que ésta persiste al final de las reacciones que se originan en el butirómetro.

1. Se colocan 10 c.c. de ácido sulfúrico en el tubo graduado de Gerber. Para ello nos serviremos de una pipeta prevista de «pera de succión».

2. Se añaden luego, dejándolos resbalar por la pared del tubo, 11 cc. de leche y 1 c.c. de alcohol amílico.

3. Se coloca el tapón de goma, se cubre el tubo con un trapo y se agita fuertemente durante un minuto. Como la reacción es exotérmica, de ahí que se maneje el butirómetro envuelto en un trapo.

4. Finalmente, se lleva a la centrifugadora, colocándolo en posición invertida para que la grasa se acumule en la parte graduada del tubo. Para equilibrar la fuerza centrífuga, se coloca otro butirómetro con agua o bien con otra muestra del problema, en el anillo opuesto. A los cinco-seis minutos se para la rotación, se retira el tubo y se enrasa la grasa al 0 de la escala con el prensor. La lectura de la altura de la grasa en la columna da directamente el porcentaje de ella en la leche que se experimenta.

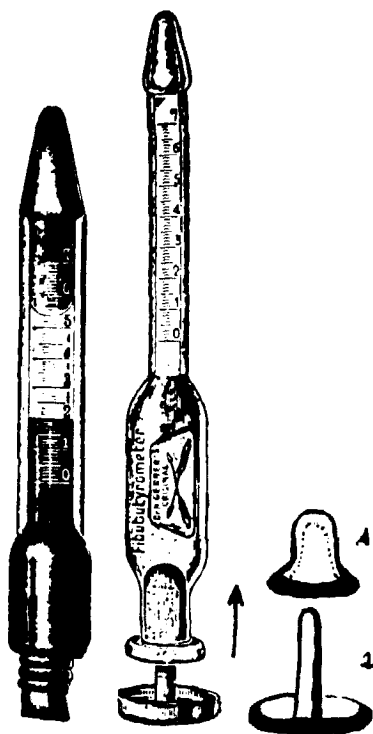


Figura 1.—Utilización del butirómetro.

#### **Determinación de las proteínas. Método Sorensen-Pool**

Se fundamenta en el comportamiento de neutralización de la fenolftaleína frente al formol y su posterior función como indicadora, al titular la mezcla con  $\text{NaOH}$  0,25/N.

La técnica comienza colocando en un Erlen, de 250 c.c., 100 c.c. de leche más dos-tres gotas de fenolftaleína al 2 % y neutralizando con  $\text{NaOH}$  0,25/N hasta obtener un rosa claro persistente. En otro Erlen de 50 c.c. se ponen 20 c.c. de formol bien medidos más dos-tres gotas de fenolftaleína y se neutraliza igualmente que en el caso anterior. Logrados esos dos medios, se mezclan ambos y desaparece la coloración, procediéndose ahora a la titulación de la mezcla con el mismo  $\text{NaOH}$  en bureta. Agitando suavemente, como en el caso de la acidez, se detecta bien el momento final del viraje.

**Resultado**

Proteínas  $\times$  100 c.c. de leche (%) = c.c. de NaOH gastados  $\times$  0,495 (que es el factor de aplicación); los gastados en esta última titulación.

**Determinación de cloruros. Método de Rosell**

Se basa esta prueba en la propiedad que tiene la solución acuosa de Nitrato de plata ( $\text{NO}_3\text{Ag}$ ) como reactivo de iones, originando en nuestro caso un intercambio de cationes entre las dos sales que intervienen:  $\text{NO}_3\text{Ag} + \text{ClNa} \rightarrow \text{ClAg} + \text{NO}_3\text{Na}$ ;  $(\text{NO}_3^- \text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \text{Na}^+)$ .

*Técnica.* Es un vaso de precipitado o Erlen de 50 c.c. se colocan 10 c.c. de leche exactamente medidos y se añaden seguidamente 30 c.c. de agua destilada, para aumentar volumen con el mismo fin que se propone para la determinación de la acidez.

Tras mezclar bien, se añaden 10 gotas de cromato potásico al 10 % y se agita de nuevo; el medio ahora será de tono amarillento y la valoración se lleva a cabo dejando caer de la pipeta o bureta el nitrato de plata decinormal gota a gota. La titulación se da por terminada cuando el medio vire a rojo-naranja; como el cambio es muy sensible, se hace necesario actuar con precisión, siendo oportuno también trabajar con un testigo conocido de agua destilada con cloruro sódico al 1 %.

**Resultado**

Cloruros en gramos por litro = c.c. de nitrato de plata 0,1/N gastados por 0,585 (que es el factor de aplicación).

**Prueba de la enzima fosfatasa. Método «Lactognost»**

*Fundamento:* En la leche pasteurizada la enzima fosfatasa se encuentra inactivada, es decir, se destruye, por lo que el éster fenílico del ácido fosfórico que constituye la base de los reactivos Lactognost I y II no se hidroliza y consecuentemente no aparece el fenol libre, que es la sustancia que se evidencia por la coloración azul que toma la muestra en presencia del reactivo III, cuando la leche tiene fosfatasa, que es el caso de las crudas o mal pasteurizadas.

*Técnica:* Se disuelven en un tubo de ensayo con 10 c.c. de agua destilada y templada, primero una tableta del reactivo I y luego otra del reactivo II; a continuación se agrega 1 c.c. de leche y se mezcla bien, para finalmente añadir 0,1-0,3 grs. del reactivo III (la cantidad a utilizar es similar a un volumen así).

Se lleva el tubo al baño maría o estufa de 35-40°C., durante quince minutos y se observa el resultado, que será, en el caso de la leche problema, que es pasteurizada, negativo, es decir, que no aparece el color azul; un testigo de leche cruda será positivo y consecuentemente de color azul.

### Prueba de la enzima peroxidasa. Método de Storch

Tiene su fundamento en el hecho de que este fermento láctico se inactiva por el calor a  $80^{\circ}\text{C}$  y, por tanto, no puede actuar sobre sustancias oxigenadas, como el  $\text{H}_2\text{O}_2$ , para que se produzca oxígeno naciente, que es quien en el experimento oxida a la amina aromática parafenilendiamina y vira el medio a coloración azul, por tratarse de una leche que no tiene peroxidasa. En resumen, la muestra será positiva y un testigo de leche hervida o esterilizada, negativo (no colorea de azul).

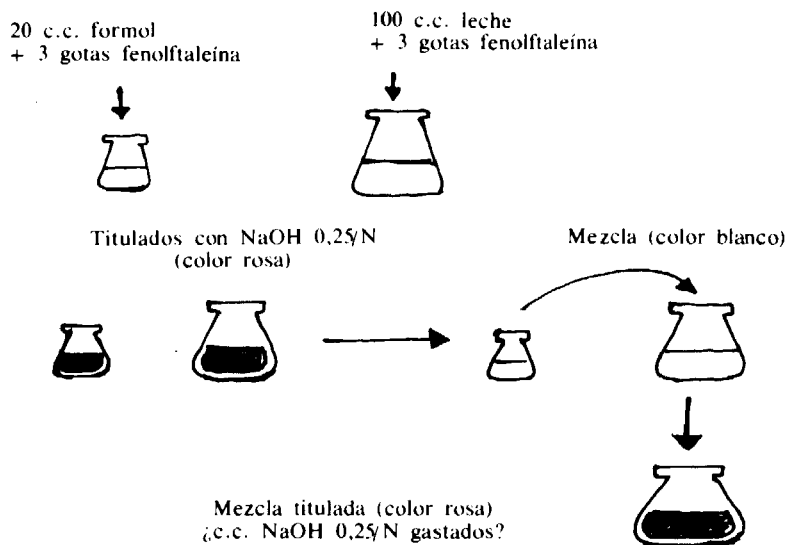
**Técnica:** Como la reacción tiene lugar en medio alcalino, conviene saber antes el pH; si es menos de 6,2 se neutraliza con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al 10 %. A un tubo de ensayo con 10 c.c. de leche problema se le añaden 1-3 gotas de agua oxigenada diluida al 3 %; se mezcla bien y se le agregan dos gotas de parafilendiamina al 2 %; el color azul aparece a los uno-dos minutos.

### Determinación del formol. Método de Jorissen

Es una prueba muy sencilla y eficiente basada en evidenciar esta sustancia por el reactivo fenólico floroglucina ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3$ ) que es un triálcohol de la serie del benceno.

Del Erlen de 100 c.c. que habremos preparado con 50 c.c. de leche y dos-cuatro gotas de formol, se toman 5 c.c. en un tubo y se le agregan una-dos gotas de floroglucina al 0,2 % más 2 c.c. de KOH al 10 %; se mezcla, y como la muestra es positiva, la leche tomará un color salmón. La muestra testigo, sin formol, sigue blanca.

**Gráfica representando las fases seguidas para calcular las proteínas.**



## **Valoración de la práctica**

Desde el punto de vista didáctico, la experiencia tiene un valor positivo muy alto, por cuanto el propio alumnado se interesa por conseguir los objetivos propuestos y en una noble competencia, cada equipo desea hacer sus prácticas mejor que las realizadas por los demás.

Y teniendo en cuenta el profesor que debe evaluar el grado de aprendizaje conseguido por cada alumno, considerará las siguientes observaciones:

- a) El nivel de participación de cada alumno en los análisis de su propio equipo.
- b) Las consultas que le hacen.
- c) La capacidad que tienen para sacar conclusiones lógicas, relacionadas con los productos lácteos y otros alimentos, con los reactivos y el valor de un trabajo metódico en el laboratorio.
- d) La ordenación particular que evidencian en el desarrollo de sus experiencias.
- e) La forma de manejar el material y las sustancias químicas en cuanto a limpieza, cuidado y precauciones que deben tenerse.
- f) Los resultados reales conseguidos por cada equipo en sus pruebas.
- g) Las observaciones o sugerencias hechas a nivel personal por algún alumno y el carácter de las mismas, es decir, la originalidad.
- h) La «calificación» dada a cada alumno sobre un cuestionario tipo «test» de 10-15 preguntas consultadas.
- i) La adjudicada al trabajo redactado por cada equipo, y para la cual se habrá tenido en cuenta, entre los demás considerandos, el relativo al empleo correcto del glosario de palabras utilizadas en la terminología científica.

## **Bibliografía**

- GODET y MUR: *Técnicas modernas aplicadas al análisis de la leche*, Dossat, Madrid, 1966.
- ALAIS, Ch.: *Ciencia de la leche*, Cecsa, Barcelona, 1971.
- WINTON, A. L.: *Análisis de alimentos*, Reverté, Barcelona, 1958.
- BURRIEL-LUCENA: *Química analítica cualitativa*, Paraninfo, Madrid, 1979.
- VILLAR PALASI: *Tratado de bioquímica* (tomo I), Augusta, Barcelona, 1970.
- KARLSON, P.: *Manual de bioquímica*, Omega, Barcelona, 1973.
- RENZO TITONE: *Metodología didáctica*, Rialp, Madrid, 1979.
- Varios autores: *Los objetivos en la práctica educativa*, Anaya, Madrid, 1980.

# *Integración del mundo de la alimentación en el Laboratorio de Química.*

Fructuoso POLO CONDE \*  
y José Antonio LÓPEZ CANCIO \*\*

## **Introducción**

Uno de los problemas principales que tiene la enseñanza de las asignaturas de Ciencias, y en particular la Química, es conseguir motivar al alumno. Es evidente que existen diversos medios para conseguir esta motivación, pero en las asignaturas experimentales, como la Química, uno de los más efectivos es el Laboratorio. El problema inmediato que se nos plantea es ¿qué tipo de Laboratorio? La idea básica que se impone en cuanto a las características del Laboratorio es que el alumno debe relacionar teoría con el Laboratorio, y éste con el mundo en que se desenvuelve normalmente. Así, si el alumno realiza una experiencia en que se desprende dióxido de carbono no sólo debe sacar relaciones con la teoría, sino además debe saber su utilidad en extintores y otros procesos; si trabaja con un colorante, debe utilizar el conocimiento de éste para buscar relaciones con alimentos, tejidos, apogeo de civilizaciones como la fenicia o crisis económicas al producirse las primeras síntesis artificiales de colorantes en las postrimerías del siglo XIX. De esta manera el alumno no verá la asignatura como algo árido y abstracto sino profundamente relacionado con otras materias del programa y su entorno. Lo ya reseñado nos señala las directrices fundamentales a las que ha de responder el Laboratorio:

- 1) Integración en la teoría.
- 2) Integración en el entorno del alumno.
- 3) Conseguir la participación activa y crítica del alumno.

---

\* Profesor agregado del I.B. «Santa Teresa de Jesús», Las Palmas de Gran Canaria.

\*\* Profesor agregado del I.B. «Santa Teresa de Jesús», Las Palmas de Gran Canaria.

¿Cuál ha sido el camino que hemos seguido para conseguir un acercamiento a este patrón de Laboratorio? Todo ha comenzado por encuestas a los alumnos de BUP en las que se les preguntaba sobre productos de cualquier tipo, con los que estaban en contacto o generaban su interés. De estas encuestas se deduce que tienen un gran interés por conocer propiedades y características de productos alimenticios, perfumes, productos de limpieza, drogas, bebidas, etc. Siguiendo estos resultados, hemos programado en el trabajo a realizar en el laboratorio un primer bloque en que integramos pequeños estudios sobre determinados productos alimenticios comunes.

Una de las razones de haber escogido sólo productos alimenticios ha sido que en la encuesta fueron los que más interés despertaron en los alumnos. Pensamos que por medio de estas prácticas podríamos incidir claramente en la educación alimenticia del alumno y su entorno. Los experimentos del laboratorio pueden ampliarse con investigaciones sobre el mundo de la alimentación, valor calórico de los alimentos, visitas a industrias y una serie de charlas sobre problemas de interés relacionados con el tema.

De esta manera queremos hacer nuestra contribución a esa gran demanda entre los profesores de Física y Química de una nueva orientación del laboratorio, de la necesidad de crear nuevos modelos de laboratorio, que, combinados adecuadamente, den una visión más real y completa de la Química al alumno.

### **Cursos donde procedemos y razón de su elección**

El curso ideal para acometer el inicio de este Laboratorio de Alimentación es segundo de BUP, en función de distintas razones que pasamos a exponer. La primera de ellas es que, al ser en este curso la Física y Química obligatoria, y en los siguientes, optativa, es la ocasión más inmediata y quizá única para crear una educación sobre los alimentos en el alumno. También pensamos que una parte del Laboratorio de Química durante el curso dedicado a un tema tan cercano al alumno como son los alimentos, hará que la asignatura sea más sugerente y polarice más su interés.

La continuidad de este Laboratorio será en tercero de BUP, y más tardíamente en COU, aunque con características más cuantitativas que en segundo de BUP y procurando agrandar en el alumno su conciencia crítica sobre los alimentos. De todas maneras, los experimentos que proponemos son flexibles y se pueden combinar según posibilidades y objetivos específicos que se quieran alcanzar.

### **Selección de las prácticas, condiciones que han de reunir y duración**

Esta selección de las prácticas sobre alimentación se ha basado fundamentalmente, aunque con alguna adición, en la encuesta realizada a los alumnos, cuando se había dado parte del programa de Química. Según los temas sobre alimentación de interés para los alumnos reflejados en esta encuesta, tanto a nivel de segundo de BUP como de tercero de BUP, se han agrupado en los



siguientes bloques: A) carnes, pescados y embutidos; B) aceites, leches y bebidas; C) miscelánea.

En cuanto a la naturaleza de estos ensayos sobre alimentación, es totalmente cualitativa o semicualitativa en segundo de BUP, y en el caso de tercero de BUP combinamos las prácticas cualitativas con otras cuantitativas, acordes con la mayor formación química del alumno. Hemos de resaltar que en la elección de los ensayos ha influido la sencillez de éstos operativa y conceptualmente, así como la disponibilidad de los productos a utilizar; fue muy importante la aportación de muestras de los alimentos por parte de los alumnos. A su vez hemos tratado de conseguir el máximo de relación en este Laboratorio sobre alimentación con el programa de la asignatura, subsanando las posibles lagunas en la formación del alumno, mediante el resto de la programación del Laboratorio.

En cuanto a la duración de las prácticas, ha sido de tres sesiones de una hora, tanto para segundo de BUP como tercero de BUP.

### **Descripción de las prácticas realizadas en segundo de BUP**

En este apartado pasamos a la descripción de las prácticas sobre alimentación que fueron realizadas y que se ajustan a los objetivos que ya hemos expuesto en los apartados anteriores.

#### *a) Ensayos sobre carnes, pescados y embutidos.*

1) Diferenciación entre bovina congelada y refrigerada (1). Colocar un trozo de la carne problema en una hoja de papel de filtro (Watmann número 4) y se comprime entre dos láminas de cristal. A la serosidad obtenida (que queda en el papel de filtro) se le añade solución de verde de malaquita al 0,04 %; se deja secar y se trata con una solución de  $H_2O_2$  al 5 %. La reacción se produce de los tres a cinco minutos.

Cuando la carne procede de un canal congelado se observa una mancha verde de límites bien definidos, reacción que no se observa con la carne fresca refrigerada.

2) Prueba de alteración de la carne (2). Desmenuzar unos 5 grs. de carne y pasarlos a un matraz Erlenmeyer que contenga unos 20 c.c. de NaOH al 10 %. Hervir. Los vapores de ebullición no deben azulear el papel rojo de tornasol previamente humedecido, ni han de producir humos blancos en contacto con una varilla de vidrio mojada en HCL.

3) Determinación Pb en conservas enlatadas (3). Hervir el recipiente problema en ácido acético al 5 %. Recoger el líquido. Tomar una muestra en un tubo de ensayo y añadirle KI. En caso positivo aparece color amarillo.

---

(1) *Veterinaria*, tomo 32, n.º 5, mayo 1967.

(2) *Alimentaria*, n.º 27, octubre 1969.

(3) *Anales de la Asociación de Higiene Bromatológica*, volumen 5.º n.º 2, marzo-abril 1957.

4) Ensayo sobre presencia de almidón (4). Tomar 10 grs. de embutido picado finamente con tijera, depositándolos a continuación en un matraz Erlenmeyer con 50 c.c. de agua destilada. Hervir durante dos a cinco minutos y enfriar después al chorro de agua fría. Decantar o filtrar. Añadir al líquido unas gotas de Lugol, una vez frío. La presencia de almidón se manifestará por la aparición de color azul de ioduro de almidón.

Nota: La solución de Lugol se prepara mediante 1 gr. de  $I_2$  y 2 grs. de KI en 300 c.c. de agua.

### **B) Ensayos sobre leches, aceites y bebidas.**

1) Pureza de aceites (5). Colocar en cápsula de porcelana de lado plano unos 5 c.c. de ácido sulfúrico y dejar caer sobre él con pipeta cinco o seis gotas del aceite problema. Al cabo de un poco tiempo las gotas se esparcen en la superficie del ácido, formando a los tres minutos una capa delgadísima. Observar la coloración que se produce en este tiempo en la zona de contacto del ácido y del aceite.

Interpretación: Los aceites de almendra, oliva y cacahuete siguen presentando color amarillo o amarillo claro; el de algodón tiene tono anaranjado subido y el de colza, anaranjado con estrías pardas, especialmente perceptibles si se mueve lentamente la cápsula. Los aceites de semillas, un tono de anaranjado a pardo y los aceites secantes, pardo o negro, cuajándose el aceite.

2) Anormalidad de la leche y reconocimiento de la leche hervida (6). Depositar unas gotas de leche problema en el portaobjetos. Agregar sobre la leche así dispuesta una gota de  $H_2O_2$  de 4 volúmenes. Esperar de dos a cuatro minutos. Las leches anormales forman numerosas burbujas de oxígeno, visibles a la luz del día. Este fenómeno se da en leches calostrales o sanguinolentas.

3) Determinación de sulfatos en vinos (7). Se hierven en un tubo de ensayo 10 c.c. de vino y 2 c.c. de disolución de dicloruro de bario (a 1,40 grs. de  $BaCl_2$ , se añaden 5 c.c. de HCl de densidad 1,1 y se completa con agua a 100 c.c.). Se deja depositar y se filtra. Si el líquido filtrado precipita al añadirle más disolución de  $BaCl_2$ , es prueba de que los 10 c.c. de vino contienen más del 0,02 % de  $H_2SO_4$  y, por consiguiente, más de 2 grs. por 1.000.

Este ensayo fue realizado con vinos de la zona sur de Tenerife, los cuales son ricos en sulfatos.

### **C) Miscelánea.**

1) Ensayo sobre la presencia de harina de maíz (8). Mezclar harina con  $HNO_3$  diluido y añadir después solución de  $K_2CO_3$ . Si se forman copos

---

(4) VILLAVECHIA: *Química Analítica*, tomo 2.º

(5) — *Química Analítica Aplicada*, tomo I.

(6) *La Lait*, volumen I, 1945.

(7) GODET MUR, A.: *Análisis de los vinos*, 1.ª edición, 1964.

amarillentos, que después de la expulsión del  $\text{CO}_2$  aparecen rodeados de puntos anaranjados, es señal de presencia de harina de maíz.

A este ensayo fueron sometidos diferentes variedades de «gofio», producto autóctono de las islas Canarias que era utilizado por sus primitivos pobladores, los guanches.

2) Identificación de azafrán (9). Colocar en cápsula de porcelana de poco fondo una solución que tenga 20 c.c. de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y 0,1 gr. de difenilamina. Poner a continuación un poco de azafrán. Si el azafrán es puro se produce inmediatamente una coloración azul, que pasa rápidamente a rojo pardo. En presencia de nitratos persiste coloración azul. Los colorantes artificiales dan una coloración intensa y persistente generalmente roja.

### Breve comentario sobre las prácticas realizadas en segundo de BUP

Como puede observarse, en los experimentos realizados en segundo de BUP el alumno adquiere soltura en una serie de operaciones básicas en Química y preparaciones. Dentro del grupo de los experimentos seleccionados son evidentes fenómenos de precipitación, ácido-base, redox, etc. Es muy conveniente que los alumnos formulen a su nivel de conocimientos los procesos que tienen lugar.

### Descripción de la prácticas realizadas en tercero de BUP

Los experimentos sobre alimentación realizados en este curso se diferencian de los realizados en segundo de BUP únicamente en la mayor incidencia en lo cuantitativo. Se mantienen los mismos bloques o agrupaciones de prácticas, tratando de dar una continuidad a las realizadas en segundo de BUP.

#### A) Ensayos sobre carnes, pescados y embutidos.

1) Ensayo sobre pH de la carne (10). Viértase la solución indicadora (amarillo de nitracina en agua al 1‰), en un recipiente poco profundo de porcelana blanca. Colóquese en ella un pequeño trozo de tejido muscular. Comprímase el tejido contra el fondo del recipiente, con la hoja de un bisturí o similar, para que se desprenda un poco del líquido que contiene y se mezcle con la solución. Si la solución toma un color violeta oscuro, es que el pH será superior a 6,5, mientras que si es inferior a esta cifra no aparecerá ningún color.

---

(8) CLEVERA ARMENTEROS: *Los problemas de la alimentación*, 1947.

(9) *Manual de la FAO, Normas de identidad y de pureza para los aditivos alimenticios*, volumen II, 1963.

(10) *Manual de la FAO, Higiene de la carne*, Roma, 1959.

Un pH superior a 6,5 (inconfundible color violeta) se considera como prueba de que las condiciones de conservación son deficientes.

2) Determinación de sal en harina de pescado (11). Pesar alrededor de 3 grs. de la muestra y diluirlos en agua destilada hasta unos 50 c.c. Déjese a temperatura ambiente por espacio de veinticuatro horas o a ebullición durante una hora. Tómense 20 c.c. del filtrado, agréguese como indicador unas gotas de solución acuosa de  $K_2CrO_4$  al 10 % y valórese con disolución 0,1 N de  $AgNO_3$ , hasta color amarillo-rojo persistente.

#### B) Ensayos sobre aceites, leches y bebidas.

1) Impurezas en aceites (12). Poner en matraz 20 grs. de aceite. Añadir 200 c.c. de éter de petróleo. Tapar. Filtrar sobre filtro tarado.

Lavar cuantas veces sea necesario, con el mínimo necesario de éter de petróleo hasta que el filtrado esté exento de grasa. Llevar a estufa a 105° C. hasta peso constante. El aumento de peso del filtro dará las impurezas presentes. Multiplicadas por 5 obtendremos el tanto por ciento de impurezas.

2) Proteínas en leche (13). Poner en matraz 9 c.c. de leche y 1 c.c. de fenolftaleína al 10 %. Neutralizar con NaOH 0,1 N. Añadir 2-3 c.c. de formalina neutra. Valorar de nuevo con NaOH 0,1 N hasta neutralización. Anotar los centímetros cúbicos gastados en esta neutralización. Multiplicados por 1,63 obtendremos los gramos de proteínas por ciento.

4) Colorantes artificiales en vino tinto o clarete (14). Preparar tres probetas con tapón esmerilado y colocar en ellas: a) vino natural; b) vino alcalinizado con un poco de  $NH_3$ ; c) vino acidulado con  $H_2SO_4$ .

De vino se echan en cada probeta (a, b y c) 20 c.c., y de alcohol amílico, 7 c.c. Agitar (se hace despacio poniendo la probeta horizontal y agitación lateral). Dejar las mezclas en reposo y observar las capas superiores de alcohol amílico.

Tomar con pipetas dichas capas y colocarlas en tres tubos de ensayo. Tubo con vino (de la probeta a): tiene color rojo. Se añaden unas gotas de  $NH_3$ . Si persiste el color rojo es señal de presencia de colorantes artificiales.

Tubo con vino (de la probeta b): si tiene color rojo, denota la presencia de colorantes artificiales.

Tubo con vino (de la probeta c): tiene color rojo. Agitar con un poco de agua y añadir después un poco de amoníaco. Si persiste el color rojo indica presencia de colorantes.

Nota: el ensayo de la mezcla de la probeta b es el de resultados más seguro.

(11) WINTON: *Análisis de alimentos*, 1972.

(12) BOE n.º 98, 23 de abril de 1964.

(13) ROSSELL DOS SANTOS: *Manual de Análisis Lactológicos*, volumen I.

(14) CASARES GIL: *Análisis Químico*, tomo III.

### C) *Miscelánea.*

1) Acidez de mermeladas (15). Se toman 25 grs. de la muestra y se mezclan con 150 c.c. de agua destilada. Agitar bien y filtrar. Lavar y filtrar de nuevo recogiendo todos los líquidos. Valorar con sosa normal. Varía bastante la acidez de las mermeladas.

2) Investigación de dextrina en leches (16). Tomar 10 c.c. de leche. Añadir 2 c.c. de tintura de iodo. Agitar momentáneamente. Si existe dextrina (que ha podido añadirse a las leches aguadas para darles cuerpo), aparecerá color violáceo. Aun cuando esta prueba puede realizarse directamente sobre la leche, es preferible realizarla sobre el suero.

### **Breve comentario sobre las prácticas realizadas en tercero de BUP**

Destacamos en este curso las determinaciones volumétricas y por pesada, que tanta importancia tuvieron en el desarrollo de la Química. Así se realizan determinaciones mediante volumetrías ácido-base y de precipitación, con el fin de introducir al alumno en la medida exacta de características específicas de los productos químicos. Todo esto lo combinamos con experimentos eminentemente cualitativos. En ambos casos tratamos de mantener una cierta continuidad respecto a segundo de BUP.

### **Tareas realizadas por los alumnos, conferencias y visitas a industrias alimenticias**

El Laboratorio ha tenido una serie de complementos, a fin de conseguir una mayor integración del alumno en la asignatura y con otras del programa. Así, éstos han realizado una serie de tareas que han abarcado los siguientes aspectos:

- 1) Elaboración de una tabla sobre el valor energético de los alimentos y relación de ésta con la dieta alimenticia en su hogar.
- 2) Breve estudio sobre los recursos alimenticios del mar en el área de Canarias.
- 3) Elaboración de una miscelánea sobre el mundo de la alimentación a través de periódicos y revistas.
- 4) Dietas alimenticias para diabéticos y enfermos del riñón.

Todos estos estudios, que han realizado grupos reducidos de alumnos, han sido expuestos en la clase en pequeños resúmenes de unos veinte minutos.

Junto a lo ya dicho, se les ha programado una serie de conferencias por profesores del Centro o especialistas que pasamos a enumerar:

- 1) Reacciones químicas conocidas desde la antigüedad, relacionadas con la elaboración de productos alimenticios.

---

(15) *Métodos oficiales*, Ministerio de Agricultura, 1970.

(16) AJENJO, CECILIA: *Enciclopedia de la leche*.

- 2) Fines de la OCU.
- 3) Crisis alimenticia en Canarias y emigraciones a América.
- 4) Comida «basura», dieta alimenticia y multinacionales.

El tiempo de duración de estas conferencias fue similar al de las realizadas por los alumnos. Todo esto se ha completado con visitas a diversas industrias alimenticias.

## **Conclusiones**

Realmente cuando se propone un nuevo bloque de prácticas es necesaria una perspectiva de años (17) para calibrar exactamente los resultados. Habría que constatar mediante modelos estadísticos los rendimientos, ya que una práctica ha de ser modificada de un año a otro, aunque sólo sea mediante matices para obtener resultados óptimos y lo que hemos realizado con nuestra experiencia en un primer esquema. De todas maneras, siempre, sin el conocimiento de todos estos factores, que sólo la continuidad dará, podemos dar unas primeras impresiones.

Hemos de resaltar que al alumno le ha entusiasmado el encontrar utilidad y relaciones inmediatas a lo que se ha hecho en el Laboratorio. Le ha interesado mucho las profundas relaciones de algo tan cotidiano como la alimentación con la asignatura de Química.

De modo básico hemos cumplido con tres objetivos que eran inherentes a toda esta experiencia:

- 1) Motivar al alumno por la asignatura.
- 2) Darle una educación sobre alimentación.
- 3) Relacionar la Química con su entorno y otras asignaturas del programa.

Por tanto, consideramos el resultado global como satisfactorio y a partir de él, es nuestra intención extender este Laboratorio de alimentación a los niveles de EGB y COU.

---

(17) HARRIS, W. E.: *Analytical Chemistry*, volumen 47, n.º 12, octubre 1975.

# ***Experiencias sobre contaminación atmosférica***

Jorge MOLERO FERNÁNDEZ \*  
José SÁEZ MERCADER \*\*  
y Antonio SOLER ANDRÉS \*\*\*

## **Experiencias sobre contaminación atmosférica**

Tal y como se anunciaba en nuestra anterior publicación (*Revista de Bachillerato*, n.º 11), finalizamos la serie presentando algunas experiencias de laboratorio que permiten la aproximación práctica del alumno a los fenómenos de contaminación atmosférica, y que han sido especialmente adaptados a los medios al alcance de la mayoría de los centros de Bachillerato.

Esta última circunstancia limita acusadamente el campo de actuación, sobre todo si se compara con las posibilidades que ofrecimos en cuanto a los fenómenos de contaminación del agua. Ello es algo que está generalmente reconocido.

### **1. Determinación del tanto por ciento en volumen del oxígeno contenido en el aire**

#### **Material**

- Probeta graduada de 250 ml.
- Cristalizador o vaso de precipitados.
- Lana de acero.
- Varilla de vidrio maciza.

---

\* Profesor agregado del I.B. «Saavedra Fajardo» y profesor encargado de curso en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Murcia.

\*\* Profesor agregado interino de la Facultad de Ciencias de Murcia.

\*\*\* Catedrático de Química Técnica de la Facultad de Ciencias de Murcia.

- Pie, nuez y aro soporte.
- Rotulador o papel adhesivo.

### Procedimiento

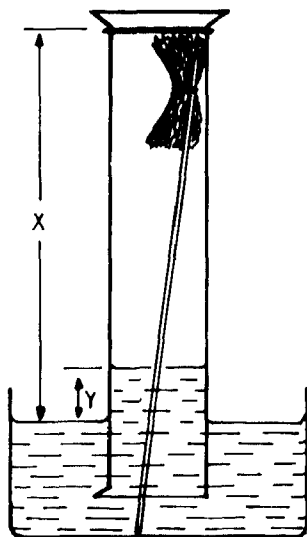
Mediante un hilo o goma átese un poco de lana de acero humedecida a un extremo de la varilla de vidrio. Póngase agua suficiente en el cristalizador o vaso de precipitados y colóquese debajo del aro soporte, situado previamente en el pie y a la altura correspondiente. Introdúzcase la probeta invertida por el aro, cubriendo la varilla, con el extremo de la lana hacia arriba, que se encuentra sobre el cristalizador.

Márquese la posición del nivel del agua sobre el lateral de la probeta, controlando los niveles correspondientes a intervalos diarios.

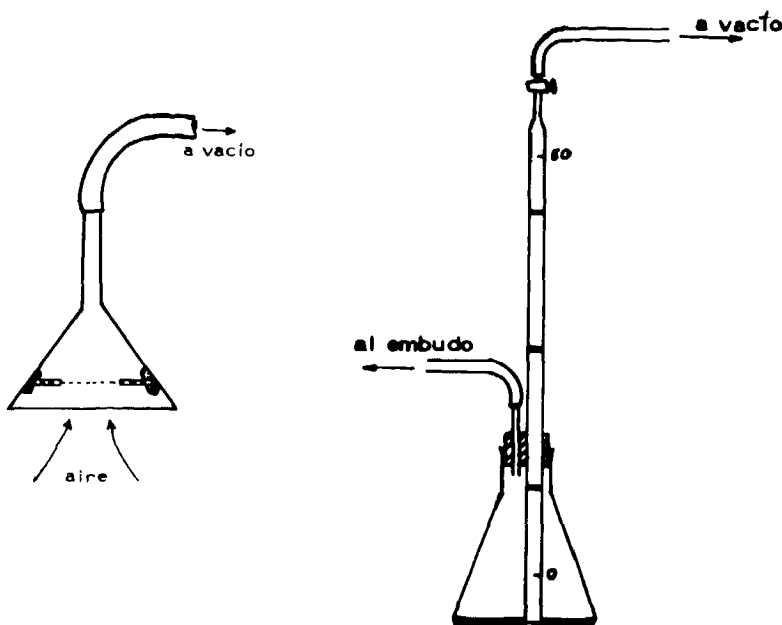
Como la lana de acero se oxida, el oxígeno contenido en la columna de aire del interior de la probeta se consume, por lo que el agua lo reemplaza, elevándose por ella. Cuando todo el oxígeno se ha consumido, el nivel del agua permanecerá constante. Se puede, a partir de ese momento, calcular el porcentaje en volumen del oxígeno en el aire mediante la expresión:

$$\% \text{ oxígeno (vol.)} = \frac{\text{subida del nivel de agua}}{\text{altura inicial de la columna de aire}} \times 100 = \frac{Y}{X} \times 100$$

En una experiencia realizada con las alumnas de segundo de BUP, el porcentaje obtenido fue del 21,7 %, valor que puede considerarse bastante aceptable si se tienen en cuenta los errores cometidos en las medidas.







## 2. Determinación de materia particulada atmosférica

### Material

- Embudo de vidrio o de plástico.
- Trompa de agua para vacío.
- Cartulina.
- Papel de filtro.
- Varios metros de goma.
- Plastilina.
- Lente o lupa binocular.
- Medidor de flujo de aire o medidor de burbuja.

### Procedimiento

Dibújense, con la ayuda de un compás, dos círculos de 10 cm. de diámetro en la cartulina. Hágase lo mismo con el papel de filtro. Córtense los círculos, y hágase un agujero de unos 8 cm. de diámetro en las cartulinas.

Póngase un aro de plastilina en el interior del embudo (de diámetro mayor de 10 cm.) y colóquense los anillos de cartulina, entre los cuales se ha introducido el papel de filtro sobre este soporte, sujetándolos con otro aro de plastilina exterior.

Unir con una goma lo suficientemente larga la trompa de agua con el tubo del embudo, que ha de colocarse en el exterior del edificio, e invertido.

Ábrase el grifo del agua y hágase pasar aire por el filtro durante cuarenta y ocho horas como mínimo. Al cabo de este tiempo quítense las cartulinas y el papel de filtro, pasando a examinar este último con una lupa o lente binocular. Se pueden observar un gran número de fragmentos de partículas materiales.

Si se quiere hacer una determinación cuantitativa (cantidad de materia particulada por metro cúbico de aire), es necesario secar el papel de filtro en una estufa a 105° C y pesarlo antes de colocarlo entre las cartulinas, y después de pasar el aire a su través.

Debe medirse la cantidad de aire que ha atravesado el filtro durante el tiempo de aspiración. Para ello es necesario un medidor de flujo de laboratorio, o un sistema de fácil construcción y que podemos denominar medidor de burbuja de jabón. Éste se puede construir con una bureta de 50 ml. o varilla de vidrio hueca lo suficientemente larga y ancha para proporcionar este volumen u otro mayor determinado, que se marcará entre dos enrasas. Introdúzcase la bureta o el tubo por uno de los huecos de un tapón bihoradado que lleva una varilla hueca en el otro orificio. Colóquese el tapón en un erlenmeyer conteniendo una solución jabonosa, cuidando que el extremo inferior de la bureta o tubo se introduzca en ella.

Si intercalamos uno de estos sistemas entre la trompa y el filtro, cuando el aire fluya por la bureta o tubo, las burbujas de jabón ascenderán y, midiendo el tiempo invertido en, por ejemplo, ir de la división 0 a la 50, podremos calcular el caudal en ml/s.

Al finalizar la experiencia se podrá conocer la materia particulada existente en el aire si dividimos el aumento de peso experimentado por el filtro entre el volumen de aire que ha pasado por él, expresando el resultado en mg/m<sup>3</sup>.

Aun cuando no disponíamos de estufa de secado, se determinó la cantidad de materia particulada colocando el papel de filtro en un desecador durante doce horas, antes y después de la experiencia. El valor obtenido por pesada fue de  $0,1765 \pm 0,0002$  grs. al cabo de setenta y dos horas (un fin de semana), con una velocidad de flujo de aire de aproximadamente 2.500 cm<sup>3</sup>/min. (150 l/h.), lo que indica que 10,8 m<sup>3</sup> de aire atravesaron el filtro. Por tanto, cada metro cúbico de aire contenía 0,0163 grs. de materia particulada o polvo.

### **3. Determinación cualitativa de dióxido de azufre contenido en el aire**

#### **Material**

- Embudo.
- Frasco lavador.
- Trompa de agua para vacío.

- Disolución diluida de peróxido de hidrógeno (10 vol.).
- Disolución de cloruro de bario (1 gr. en 500 ml. de agua).
- Ácido acético diluido.

### Procedimiento

Conéctese la trompa de agua al frasco lavador que contiene el peróxido de hidrógeno; únase mediante una goma el extremo de la varilla más largo al embudo y sáquese éste al exterior (montaje análogo al de determinación de materia particulada). Hágase pasar aire por el frasco lavador de cuatro a seis días y, al cabo de este tiempo, tómense 50 ml. de la disolución de peróxido, y acidificar con ácido acético; tras añadir 50 ml. de disolución de cloruro de bario, se observa si aparece precipitado blanco. En caso afirmativo se deduce que el aire atmosférico contenía dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ).

En algunos casos (como suponemos que ocurrirá en aquellos centros rurales o ciudades poco industrializadas, en donde la pureza del aire es elevada) será imposible alcanzar ese precipitado blanco de sulfato de bario. No obstante, puede realizarse la experiencia previa consecución de una atmósfera artificial. Para ello, puede quemarse una pequeña cantidad de azufre en una cápsula de porcelana dentro de la vitrina, o seguir la receta que para la producción de este gas presenta el *Manual de Prácticas de Química* del equipo modelo EN 0901.

## 4. Determinación cualitativa de los óxidos de nitrógeno producidos por los motores de combustión.

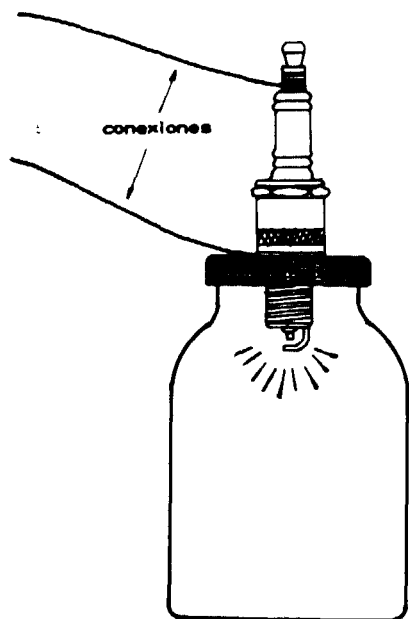
### Material

- Una bujía de automóvil.
- Un frasco de aproximadamente 250 ml. con tapa de baquelita (pueden servir los de café instantáneo o de mermelada).
- Carrete de Rumkorff (o bobina de inducción de automóvil).
- Cables de conexión.
- Papel de tornasol.

### Procedimiento

Hágase un agujero en la tapa de baquelita del frasco del tamaño de la rosca de la bujía y déjese encajada ésta.

Únase la bujía mediante los cables y según el diagrama a los polos del carrete. Al conectar el carrete a la fuente de alimentación se observa cómo salta la chispa en los bornes de la bujía.



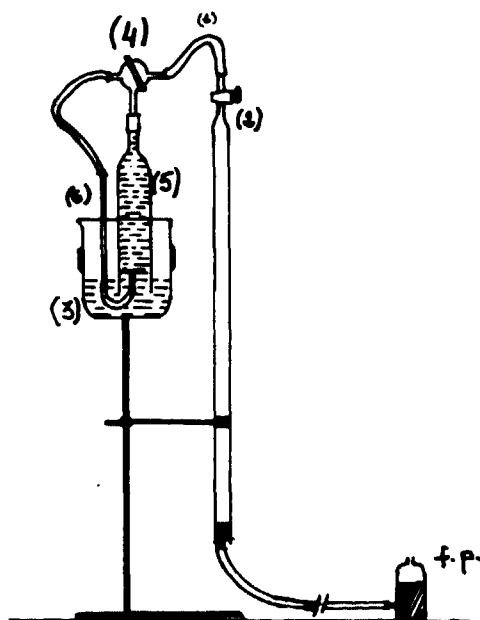
Después de unos minutos de funcionamiento, el aire contenido en el frasco comenzará a tener una ligera tonalidad marrón característica del dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), el cual puede reconocerse, aparte de por este color, por su olor (con precaución), y porque vira el papel de tornasol humedecido que previamente se habrá introducido en el frasco.

Si no se dispone del carrete de Rumkorff puede utilizarse una bobina de inducción de automóvil. En este caso se hace necesario instalar una toma a tierra desde el chasis del coche al lateral de la bujía. El tiempo necesario para la aparición del color marrón es ahora mucho menor.

## **5. Determinación cuantitativa del dióxido de carbono, oxígeno y monóxido de carbono en los gases de escape de automóviles**

### **Material**

- Bureta de 50 ml.
- Vaso de precipitados.
- Llave de tres vías.
- Pie soporte, nueces y pinzas.
- Frasco de plástico con salida lateral inferior.



- Un tubo de vidrio de 2 cm. de  $\varnothing$  y 10 cm. de longitud, terminado en un estrechamiento.
- Una varilla capilar larga y acodada por un extremo.
- Globo.
- Disolución de potasa cáustica al 30 %.
- Disolución de cloruro cuproso en medio clorhídrico (125 grs. de  $\text{CuCl}$  en 1 litro de  $\text{HCl}_{(\text{ac})}$  al 25 %).
- Disolución alcalina de ácido pirogálico (180 grs. de ácido disueltos en 1 litro de potasa al 30 %).

### Procedimiento

Móntese el dispositivo analítico tal y como se indica en la figura, uniendo el extremo abierto de la bureta, mediante un tapón y tubo de goma de, aproximadamente, 1 m. de longitud y diámetro adecuado, al frasco de plástico (f. p. en la figura) lleno con agua acidulada y unas gotas de anaranjado de metilo.

La toma de muestras de los tubos de escape de automóviles se ha de realizar después de un breve período de funcionamiento del motor, adaptando al extremo del tubo un globo cuya boca pueda posteriormente ajustarse a un tapón horadado en el que se acopla una varilla de vidrio terminada en un pequeño trozo de goma, obturable por una pinza de Hoffman.

Una vez realizada la toma de muestra, y ya en el laboratorio, previa desconexión del tubo de goma (1), vacíese de aire la bureta poniendo el frasco de plástico (f. p.) a un nivel superior al de la llave (2) abierta ésta. Cíérrese la llave (2) cuando toda la bureta se llene de líquido coloreado.

Introduciendo ahora en el extremo libre de la bureta la goma del tapón del globo, ábrase la llave (2) y succiónense gases de escape, mediante la apertura de la pinza de Hoffman, hasta un nivel inferior a la división 0 (cero) de la bureta, lo que se consigue llevando el frasco de plástico hasta una posición más baja. Enrasar la bureta a 0, ajustando los niveles de frasco y bureta.

Póngase suficiente disolución de potasa en el vaso (3) y aspirese, mediante una pera de goma, por el extremo abierto —goma (1)— de la llave de tres vías (4), hasta llenar completamente el tubo de vidrio (5) con la disolución. Colóquese la llave (4) en posición tal que una solamente los dos extremos laterales y conéctese la goma (1) a la bureta. Ábrase la llave (2) y póngase el frasco de plástico a una altura superior al extremo abierto. En este momento empezarán a burbujear los gases en la disolución, a través del extremo acodado de la varilla (6), gases que irán haciendo bajar el nivel del líquido en el tubo de vidrio (5).

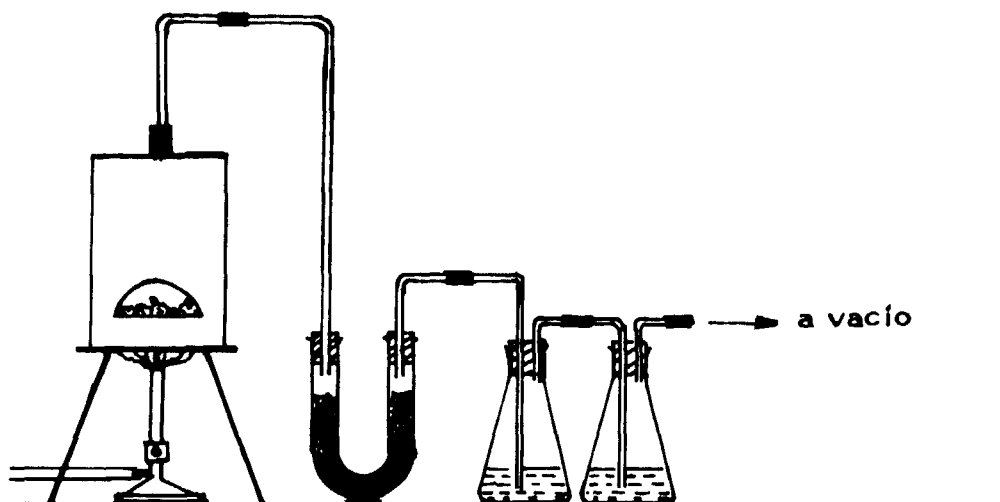
Cuando el líquido coloreado llene la bureta, cíérrese ésta y cámbiase la posición de la llave (4) para que una, ahora, la bureta con el tubo de vidrio (5). Abriendo la llave (2) se consigue que los gases retomen de nuevo a la bureta, bajando el frasco de plástico hasta que la disolución de potasa alcance el nivel que inicialmente tenía en el tubo de vidrio (5). Una vez que se ha puesto el frasco al mismo nivel del líquido de la bureta (para evitar sobrepresiones o depresiones) se pueden determinar los mililitros de  $\text{CO}_2$  absorbidos por diferencia de niveles y, conociendo el volumen total de los gases contenidos en la bureta, el porcentaje de  $\text{CO}_2$  existente en la muestra. Para una mayor exactitud debe realizarse la operación de borboteo dos o tres veces a fin de asegurar la total absorción del  $\text{CO}_2$ .

Con el mismo montaje y procedimiento experimental, pero con disoluciones de ácido pirogálico y cloruro cuproso, se pueden conocer los porcentajes de oxígeno y monóxido de carbono, respectivamente y por este orden, en la misma muestra de gas. La diferencia hasta 100 nos dará el porcentaje de gases inertes ( $\text{N}_2$ ) e hidrocarburos inquemados existentes en los gases de escape.

Nuestras medidas se realizaron en un Seat, modelo 127, que gasta gasolina super. Con el motor a ralentí y en frío se hizo la toma de muestras y en los análisis se encontraron los siguientes valores:

	% en volumen
Dióxido de carbono .....	10,8
Monóxido de carbono .....	4,2
Oxígeno .....	7,9

Suponiendo que no existan otras sustancias en los gases de escape, la diferencia hasta 100 nos da el tanto por ciento de nitrógeno: 77,1.



**6. Demostración de la presencia de alquitrán, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono en la combustión de carbón**

**Material**

- Un bote de hojalata vacío (de los de 5 kg. de conserva).
- Una chapa plana de hojalata.
- Tubo en U.
- Frascos lavadores y embudo.
- Tapones.
- Lana de vidrio.
- Trípode.
- Goma.
- Trompa de agua.
- Mechero.
- Carbón animal.

### Procedimiento

Trácese un círculo de igual diámetro que la boca del bote en la chapa de hojalata, y háganse varios agujeros en su interior con ayuda de una púa y un martillo. Mediante unas tijeras de chapa, córtese una portezuela en el lateral del bote de unos 3 cm<sup>2</sup>, aproximadamente, y sobre unos 3 cm. por encima del extremo. Hágase un agujero lo suficientemente grande en la chapa del otro extremo del bote como para introducir el tubo del embudo que se colocará invertido (con la campana en el interior del bote). Únase una de las ramas del tubo en U (que previamente ha sido llenado de lana de vidrio), con el tubo del embudo y la otra con el sistema de dos frascos lavadores que contengan disolución de nitrato de plata y disolución de hidróxido cálcico, por este orden. Todo el sistema se conecta a la trompa. Un esquema puede ser el de la figura.

Colocar el carbón sobre la chapa de hojalata y ésta sobre el trípode, colóquese el mechero debajo de él y cúbrase el carbón con el bote.

Cuando el carbón esté ardiendo ábrase el grifo de la trompa de agua que está unida al último frasco lavador. Los gases pasarán entonces por el tubo en U y los dos frascos lavadores.

La presencia de alquitrán queda demostrada por el pardeamiento que sufre la lana de vidrio. La existencia de sulfuro de hidrógeno se detecta por el precipitado negro de sulfuro de plata que aparece en el primer frasco lavador. El precipitado blanco de carbonato cálcico que aparecerá en el segundo frasco nos indicará la presencia de dióxido de carbono en los gases (el existente en el aire más el que corresponde al proceso de combustión).

El monóxido de carbono, así como el dióxido, puede detectarse realizando una recogida de gases y analizándola posteriormente como en el caso de los procedentes del escape de automóviles, o colocando entre la trompa de agua y el frasco lavador un tubito de análisis de gas que la casa Draeger Hispania, S. A. (Capitán Haya, 40, Madrid-20) suministra en cajas de 10 y que contienen pentóxido de diyodo absorbido en pumita.

### Bibliografía

- FERNÁNDEZ CASTRO, J., y otros: *Métodos de análisis de contaminantes atmosféricos*, Ayuntamiento de Madrid, Madrid, 1970.
- WARNER, P. O.: *Análisis de los contaminantes del aire*, Ed. Paraninfo, Madrid, 1981.
- WILLIAMS, D. I., y ANGLESEA, D.: *Experiments on Air Pollution*, Wayland Publishers Limite, Hove (England), 1978.
- SPEDDING, D. I.: *Contaminación atmosférica*, Ed. Reverté, S. A., Barcelona, 1981.



# ***La enología en el laboratorio***

**Sagrario REMACHA GONZÁLEZ\***

## **Introducción**

**S**abemos que una de las metas importantes en la enseñanza para motivar al alumno, fomentando la atención por el aprendizaje, es relacionar la asignatura en cuestión con el entorno cotidiano. En el caso de la química, esto se confirma plenamente. Puede así el alumno establecer la gran relación que tiene la ciencia con la vida diaria y, por tanto, con otras materias que también han de ser estudiadas.

Los experimentos que propongo son sencillos, han sido utilizados pocos productos, y pocos pasos aunque bien delimitados. Todos ellos tienen en común los procesos por los que puede pasar el vino o la determinación de alguno de los productos que puede contener.

Esta elección ha sido hecha sencillamente porque mi medio ambiente, así como el de los niños de mi entorno didáctico, pertenece a una de las zonas en las que el cultivo de la vid y la elaboración del vino son comunes.

## **Estudio físico-químico de la uva:**

España ocupa un papel muy importante dentro del campo vitivinícola mundial, ya que es el tercer país en producción de vino después de Francia y Alemania; contando con un total de 1.700.000 Ha. de viñedo en producción.

Los racimos de uva se componen de raspón o escobajo y granos de uva, la proporción de uno y otro puede oscilar según las variedades, clima, suelo, cultivo, etc.

---

\* Agregada I. B. «Padre Sarmiento», Villafranca del Bierzo (León).

Por término medio se considera un 5 % de escobajo y un 95 % grano de uva. A su vez el grano de uva consta de hollejo, pulpa y pepitas; también en proporciones variables, según los factores vistos anteriormente (suelo, clima, cultivo, variedad), etc.

### *Hollejo:*

Es la piel del grano de uva y existe una proporción muy variable según variedades, así en las variedades Malvasía y Pedro Ximénez representa del orden de un 4-5 %, en cambio en otros como el Moscatel Romano puede llegar hasta un 10 %.

### *Pepitas:*

Comprende el resto del grano de uva, que está casi en su totalidad formado por el mosto, ya que también existen fibrillas que son el armazón del grano.

Por término medio consideramos las siguientes cifras:

Raspón .....	5 %
Hollejo .....	7 %
Pepitas .....	4 %
Pulpa .....	84 %

Estos datos en bodega suelen ser algo variables y los rendimientos oscilan entre el 62 y el 70 % de mosto.

El mosto está formado por una serie de sustancias entre las cuales destacan la glucosa y la levulosa o fructosa, como azúcares más importantes del mosto, aunque también existen algunas pentosas como la xilosa, ribosa y arabinosa que pueden oscilar entre 0,5-1 gr/l y al ser atacadas por la «botritis cinerea» o podredumbre gris, pueden llegar a representar 2 gr/l.

Otro compuesto importante del mosto son los ácidos; fundamentalmente son tres: málico, tartárico y cítrico.

Málico,  $\text{COOH-CH}_2\text{-CHOH-COOH}$ :

Es muy abundante en las uvas verdes; a medida que madura la uva va desapareciendo hasta llegar a ser poco abundante y a veces inexistente. Oscila entre 0 a 5 gr/l.

Tartárico,  $\text{COOH-CHOH-CHOH-COOH}$ .

Es el más abundante; en las uvas verdes está en forma libre y en las maduras se encuentra en forma combinada, formando el bitartrato potásico, su contenido oscila de 2 a 5 gr/l.

Cítrico,  $\text{COOH-CH}_2\text{-COH-CH}_2\text{-COOH}$ .



Es poco abundante, 0,5 gr/l. como máximo, pero en uvas atacadas de «botritis cinerea» (podredumbre noble), aumenta su porcentaje llegando a cifras de hasta 2 gr/l.

Existen a su vez otros muchos ácidos, como el ascórbico, fumárico, oxálico y también sales ácidas, como el mencionado bitartrato potásico, algunos fosfatos y malatos. El pH en el mosto suele estar comprendido entre 3 y 4,5.

Entre las sustancias existentes están también los llamados taninos, que son compuestos no nitrogenados procedentes de los vegetales y que son solubles en el vino; materias colorantes que son las que dan el color a las uvas dependiendo de la variedad; materias pécticas, son las llamadas gomas y mucílagos, sustancias nitrogenadas entre 0,3 a 1,5 gr/l.; compuestos minerales, como los sulfatos, fosfatos, cloruros y elementos químicos: magnesio, potasio, calcio, sodio, etc.; gases disueltos, oxígeno, nitrógeno y CO<sub>2</sub>.

Por último levaduras, que son las causantes de la fermentación alcohólica, entre las más frecuentes tenemos las *Sacharomices* (la *kloekera apiculata* y la *torulopsis bacillaris*).

También existen otras que ayudan a las principales a desdoblar el azúcar.

La *kloekera apiculata* es la que inicia la fermentación ayudada por la *torulopsis bacillaris*, llegando a transformar azúcar hasta los 4° de alcohol, a partir de ahí, siguen las *sacharomices* elipsoideos ayudando en la desdoblación del azúcar.

Otros cuerpos no menos importantes son las encimas, tales como la tirocinasa y lacasa, éstas son oxidasas, también existen encimas que facilitarán el proceso de clarificación del vino.

Las sustancias aromáticas se forman en el transcurso de la maduración de la uva, posteriormente pasa del mosto al vino mediante el proceso de fermentación.

Podemos, pues, dividir la evolución de la uva en cuatro períodos:

### A) *Período herbáceo:*

En este período la uva es verde, dura, con clorofila, la cantidad existente de azúcar es muy pequeña, menos de 20 gr/l., y los contenidos de ácidos tartárico y málico son muy altos.

### B) *Envero:*

Es un período muy corto, en grano de uva suele durar un día; en una viña, dura aproximadamente unos diez o quince días y es el período en que se produce la coloración de la uva.

### C) *Maduración:*

Comprende desde el envero hasta el estado de madurez; durante este proceso se suceden los siguientes fenómenos:

- Engrosamiento del grano de uva.
- Acumulación de azúcares.
- Disminución de ácidos.
- Formación de taninos y coloración del fruto.
- Formación de aromas.

Debemos hacer una distinción entre madurez industrial y madurez fisiológica. La industrial es cuando debemos comenzar la vendimia, y la fisiológica, cuando las pepitas son aptas para la reproducción; ésta última se da aproximadamente de siete a diez días después del envero.

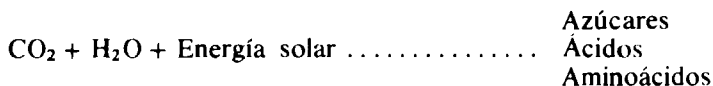
#### *Engrosamiento del grano:*

Desde que se forma el grano, éste va aumentando de tamaño hasta la madurez, influenciado por el clima; en el envero, su consistencia es dura, y a partir de aquí, la piel se hace elástica.

#### *Acumulación de azúcares:*

Es un proceso comprobado en laboratorio, además evidente, pues simplemente probando la uva notamos que se vuelve más azucarada al ir aumentando el índice de madurez.

Los azúcares pueden proceder de la madera de la vid (raíces, troncos, etc.) y también de las hojas; son formados mediante la fotosíntesis:



En el gráfico de referencia 1 podemos observar cómo van evolucionando los azúcares a medida que transcurre el tiempo. Sobre un eje de coordenadas, representamos en ordenadas la concentración de azúcar en gr/l., y los tiempos en abscisas, expresados en días y meses.

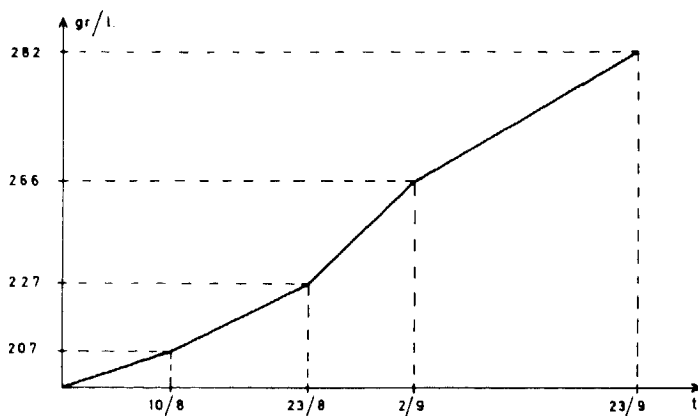
#### *Evolución de los ácidos:*

Los ácidos fundamentales son el tartárico y el málico; son quemados por la respiración de la uva y no evolucionan de la misma manera. El málico desaparece mucho antes que el tartárico, disminuyendo éste lentamente.

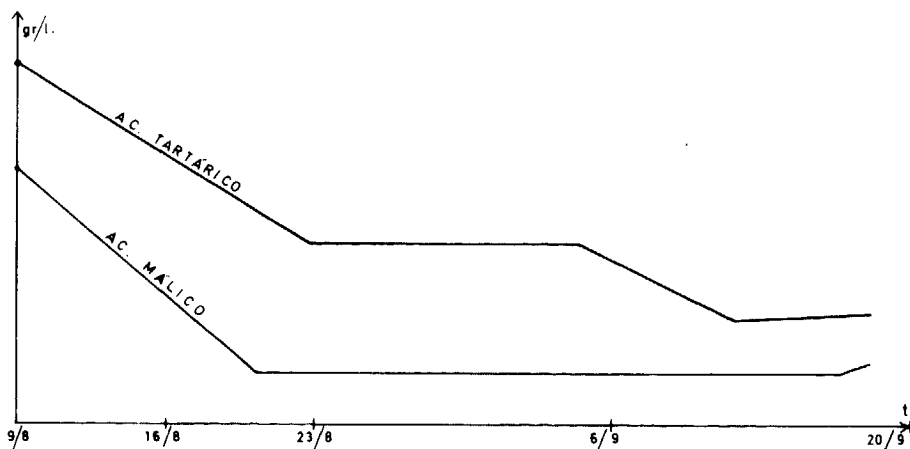
En el gráfico de referencia 2 podemos ver la evolución de estos ácidos:

#### *Formación de taninos y materias colorantes:*

A medida que avanza la maduración, las células del hollejo van coloreando en profundidad gracias a los antocianos que contienen; esta coloración viene influenciada por la energía solar, así en climas cálidos se obtiene mayor intensidad colorante.



Referencia 1



Referencia 2

### Formación de aromas:

Están diversamente repartidos en el grano de uva, se forman durante la maduración y van aumentando en el transcurso de ésta. Influye en este proceso la variedad de uva y el tipo de clima, generalmente poseen más aroma los vinos procedentes de uvas de zonas frías.

### Índice de madurez:

Es el que nos indica el estado de maduración de la uva; nos viene dado por una fórmula sencilla y que es muy utilizada para poder calcular el momento óptimo de la vendimia: cuando la relación azúcar-acidez se mantenga constante.

$$I = \frac{\text{azúcar gr/l.}}{\text{acidez gr/l. expresada en tartárico}}$$

Pasemos ahora a comentar concretamente qué es el vino; es un compuesto orgánico y consta de múltiples componentes, entre los más importantes podemos destacar:

H <sub>2</sub> O .....	agua
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> OH .....	etanol
CH <sub>3</sub> - OH .....	metanol
COOH - CHOH - CHOH - COOH .....	tartárico
COOH - CH <sub>2</sub> - CHOH - COOH .....	málico
$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{COOH} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$	cítrico
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{COOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$	succínico
CH <sub>3</sub> - COOH .....	acético
CO <sub>2</sub> .....	dióxido de carbono
SO <sub>2</sub> .....	dióxido de azufre

Así como la relación de elementos químicos enumerados al principio.

De todos estos compuestos, los de carácter ácido determinan la acidez total, que es la suma de todos ellos.

Dada la importancia que tiene esta acidez en los vinos, vamos a ver la forma de determinarla en el laboratorio.

Su *fundamento* es un proceso de neutralización de los ácidos por medio de un hidróxido y la posterior valoración (ref. 3).

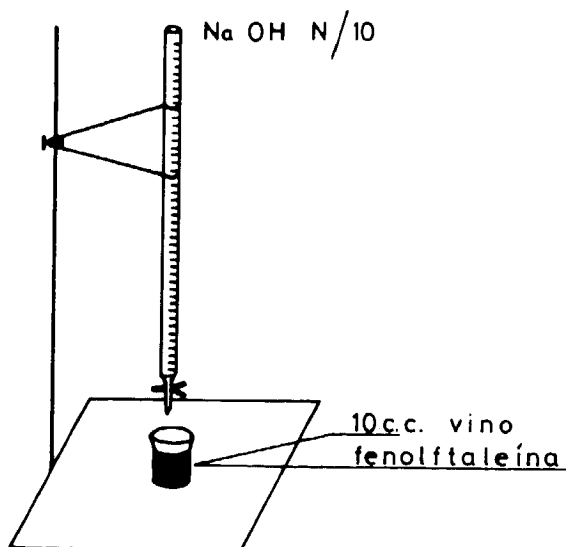
### Material necesario

- Bureta.
- Pipeta de 10 c.c.
- Vaso de precipitados.

### Reactivos

- Disolución de NaOH N/10 o licor acidimétrico.
- Fenolftaleína.

En los laboratorios enológicos se usa con bastante frecuencia el licor acidimétrico.



Referencia 3

### Procedimiento

Se enrasa la bureta con NaOH N/10, y un vaso de precipitados, ponemos 10 c.c. de vino problema y unas gotas del indicador.

Dejamos caer de la bureta unas gotas, agitamos y seguimos dejando caer gota a gota de la bureta. La primera gota con la que se mantiene el color rosado de la fenolftaleína nos indica el fin del proceso.

### Valoración:

Expresamos la acidez en sulfúrico y tartárico.

Acidez total en  $\text{SO}_4\text{H}_2$ : En la práctica realizada hemos gastado 4,6 c.c. de NaOH N/10.

$$\begin{aligned}\text{SO}_4\text{H}_2\text{Eq} &= 49; 49 \text{ N/10} = 4,9 \text{ gr/l} = 0,0049 \text{ gr/c.c.} \\ 4,6 \times 0,0049 \text{ gr.}, &\text{ referidos a los 10 c.c.}\end{aligned}$$

Pero hemos de expresarlo en gr/l.:

$$4,6 \times 0,0049 \times \frac{1.000}{10} = 4,6 \times 0,0049 \times 100$$

$4,6 \times 0,49 =$  gr/l. expresada en  $\text{SO}_4\text{H}_2$ .

Acidez total en  $\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$ .

$$\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6\text{Pm} = 150$$

$$\text{Eq} = \frac{150}{2} = 75; 75 \times \frac{N}{10} \times \frac{1}{1.000} = 0,0075 \text{ gr/c.c.}$$

$$4,6 \times 0,0075 \times \frac{1.000}{10} = 4,6 \times 0,0075 \times 100$$

$4,6 \times 0,75 =$  gr/l. expresado en  $\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$ .

Si se opera con el licor acidimétrico para acidez total, el número de centímetros cúbicos gastados nos da la acidez total expresada en  $\text{SO}_4\text{H}_2$  y para pasarla a  $\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$  debemos multiplicar por 1,53 que es la relación de equivalentes.

$$\text{SO}_4\text{H}_2\text{Eq} = 49$$

$$\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6\text{Eq} = 75$$

$$\frac{75}{49} = 1,53$$

## El sulfuroso en los vinos

Es el más importante de los antisépticos legales que se pueden utilizar en los vinos y en los mostos; existen otros como son el ácido sórbico y el ascórbico.

Se encuentra en los vinos en forma de  $\text{SO}_2$  libre y  $\text{SO}_2$  combinado; el  $\text{SO}_2$  libre es el que ejerce la acción antiséptica y antioxidante; el  $\text{SO}_2$  combinado produce combinaciones orgánicas inestables con los componentes del vino como son los azúcares, ácidos, aminoácidos, polifenoles, acetato de etilo, acetaldehído, etc.

El  $\text{SO}_2$  libre ejerce las siguientes propiedades:

*Antiséptico:*

Produce una acción inhibidora sobre las levaduras y bacterias.

*Antioxidante:*

Hace de barrera protectora en el vino, evitando oxidaciones, ya que posee un efecto reductor sobre el oxígeno.



### *Antioxidásico:*

Destruye las oxidasas y, por tanto, estas enzimas no actúan, evitando así la quiebra oxidásica y la pérdida de frescura del vino.

### *Efecto disolvente:*

El SO<sub>2</sub> total activa el proceso de maceración en vinos tintos, facilitando la disolución y la extracción de la materia colorante.

### *Efecto estimulante:*

El SO<sub>2</sub> produce un efecto estimulante sobre las levaduras y activa la transformación de los azúcares.

### *Efecto selectivo:*

Realiza una selección de levaduras, favoreciendo aquéllas que ayudan a la fermentación.

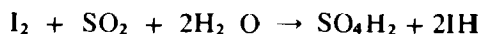
El pH del vino tiene mucha importancia en las dosis de SO<sub>2</sub> a emplear; a pH bajo, la cantidad de SO<sub>2</sub> libre es mayor que a pH alto, luego a vinos con pH altos tendremos que aplicar mayor cantidad de SO<sub>2</sub> para tener la misma cantidad de SO<sub>2</sub> libre.

Para la dosificación de SO<sub>2</sub> en los mostos hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Sanidad de la uva.
- Tipo de vinificación que vamos a realizar.
- Temperatura del mosto (1º alcohólico - 1º C de temperatura).
- Vitalidad de las levaduras.
- Riqueza glucométrica del mosto.
- Volumen del mosto.

La adición de SO<sub>2</sub> se realiza en forma líquida o gaseosa, mediante un sulfitómetro, o bien mediante un dosificador automático incorporado a la bomba de vendimia.

Para determinar el SO<sub>2</sub> que contiene un vino en forma de SO<sub>2</sub> libre, nos podemos basar en el método cuyo *fundamento* es el proceso de oxidación del SO<sub>2</sub> mediante yodo; se crea un medio fuertemente ácido mineral, que evite que el SO<sub>2</sub> combinado pase a forma libre:



### — Material necesario:

- Pipeta de 50 c.c.
- Bureta con llave de vidrio.
- Matraz Erlenmeyer.

— **Reactivos:**

- Disolución de yodo N/50.
- $\text{SO}_4\text{H}_2$  diluido.
- Disolución de almidón.

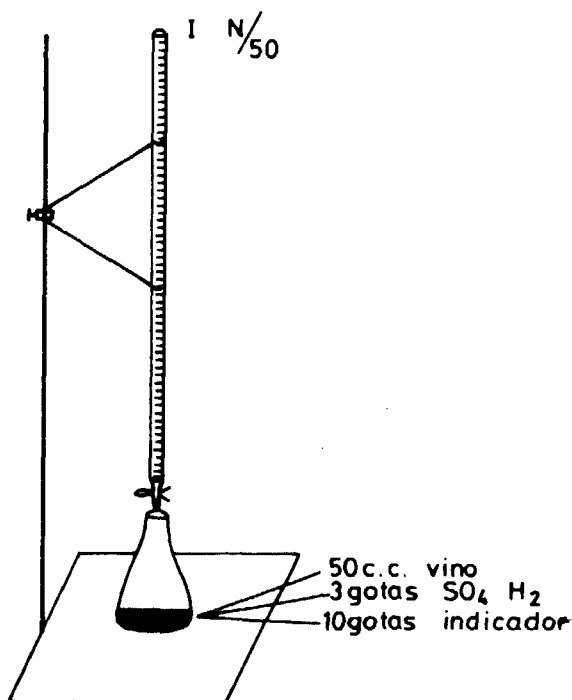
— **Procedimiento:**

Se enrasa la bureta con la disolución de yodo N/50.

Se depositan en el matraz 50 c.c. de vino.

Adicionamos dos o tres gotas de  $\text{SO}_4\text{H}_2$  para crear el medio ácido necesario y después ponemos ocho o diez gotas del indicador de almidón.

Dejamos caer en el matraz unas gotas del yodo N/50 de la bureta y agitamos, y continuamos dejando caer gotas de la bureta y agitando el matraz hasta que persista el color azulado del indicador. Vemos este procedimiento en la referencia 4.



Los cálculos están condicionados a la reacción química.

$$Pm \text{ SO}_2 = 64; Eq = \frac{64}{2} = 32 \text{ gr.};$$

$$32 \times \frac{N}{50} = 0,64 \text{ gr./l.} = 0,00064 \text{ gr./c.c.}$$

Ejemplo: gastamos en la oxidación de 50 c.c. de vino 2,1 c.c. de I N/50.

$$2,1 \times 0,00064 \times \frac{1.000}{50} = 2,1 \times 0,00064 \times 20 = 2,1 \times 0,0128 \text{ gr/l.}$$

En general:

$$\text{SO}_2 \text{ libre gr/l.} = N.^{\circ} \text{ c.c. de I N/50} \times 0,0128$$

### — Observaciones:

En vinos tintos, el color resultante al terminar la oxidación es violeta (mezcla del azul del almidón y el rojo del vino).

Al operar con tintos hemos de hacerlo sólo con 25 c.c. para observar mejor el viraje del indicador.

Además del SO<sub>2</sub> libre nos interesa conocer el SO<sub>2</sub> total.

Para determinarlo, hemos de crear un medio fuertemente alcalino, con objeto de que todo el SO<sub>2</sub> combinado pase a libre y así valorar todo el SO<sub>2</sub>.

El *fundamento* es un proceso de oxidación (igual que para la determinación del SO<sub>2</sub> libre).

### — Material necesario:

- Matraz erlenmeyer de 500 c.c.
- Bureta con llave de vidrio.
- Pipeta.

### — Reactivos:

- Disolución de yodo N/50.
- SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> diluido.
- NaOH o KOH N/1.
- Disolución de almidón.

### — Procedimiento:

Depositamos en el matraz 25 c.c. de NaOH o KOH N/1 para crear el medio alcalino.

Sobre él ponemos 50 c.c. del vino problema.

Taponamos el matraz y lo dejamos en reposo durante quince minutos; en este tiempo se pone en libertad todo el  $\text{SO}_2$ , quedando en forma de sulfito sódico.



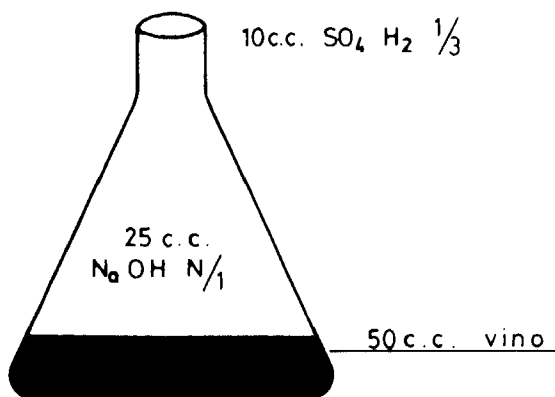
Pasados los quince minutos, procedemos a variar el medio adicionando 10 c.c. de  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , para crear el medio ácido necesario; así evitamos la oxidación de los taninos que sería valorada como si de  $\text{SO}_2$  se tratara.

Una vez puesto el  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , adicionamos ocho o diez gotas del indicador y procedemos a la oxidación de la misma forma que hemos actuado en la determinación del  $\text{SO}_2$  libre. Esta práctica la vemos en la referencia 5.

Los cálculos se hacen igual que para el  $\text{SO}_2$  libre, es decir, los centímetros cúbicos de yodo gastados, multiplicados por 0,0128 nos darán el  $\text{SO}_2$  total expresado en gramos por litro.

El  $\text{SO}_2$  combinado =  $\text{SO}_2$  total - el  $\text{SO}_2$  libre.

El  $\text{SO}_2$  total es el  $\text{SO}_2$  combinado + el  $\text{SO}_2$  libre.



Referencia 5

## La acidez volátil

La acidez volátil está constituida por los ácidos pertenecientes a la parte acética que se encuentra en los vinos.

Se determina mediante la separación de los ácidos volátiles por arrastre, con vapor de agua y rectificación de los vapores.

Se debe evitar con precaución la presencia de gas carbónico en el destilado. La acidez debida al  $\text{SO}_2$  libre y combinado, y arrastrados por el destilado no forman parte de lo que se conoce como acidez volátil.

El método utilizado para esta determinación es el **García Tena**, y se fundamenta en que cada compuesto tiene un punto fijo de vaporización.

En primer lugar, destilan el  $\text{SO}_2$  y  $\text{CO}_2$  y por último el acético. Se ha podido comprobar experimentalmente que poniendo en el matraz 11 c.c. de vino recogiendo en la primera probeta 5,1 c.c., han destilado el  $\text{SO}_2$  y el  $\text{CO}_2$  y a continuación en una segunda probeta destilaron 3,2 c.c. de ácido acético.

El aumento de la acidez volátil puede ser debido a fermentaciones accidentales y también al desarrollo de la fermentación maloláctica.

Para realizar la valoración de dicha acidez necesitamos:

### — Material:

- Matraz de 60 c.c.
- Refrigerante.
- Probetas de recogida de destilado de 5,1 y 3,2 c.c. de capacidad.
- Mechero de alcohol.

### — Reactivos:

- Indicador, fenoltaleína.
- Licor acidimétrico para acidez volátil.

### — Procedimiento:

Ponemos 11 c.c. del vino problema en el matraz, y la probeta de 5,1 c.c. en la salida del refrigerante. Comenzamos la destilación hasta llenar enrasando la probeta con el destilado. Sin interrumpir la destilación, cambiamos la probeta y recogemos los otros 3,2 c.c. de destilado, dando ya por finalizada la destilación; según la referencia n.º 6.

Pasamos el contenido de las probetas a sendos vasos y procedemos a la valoración con licor acidimétrico para acidez volátil utilizado en los laboratorios enológicos.

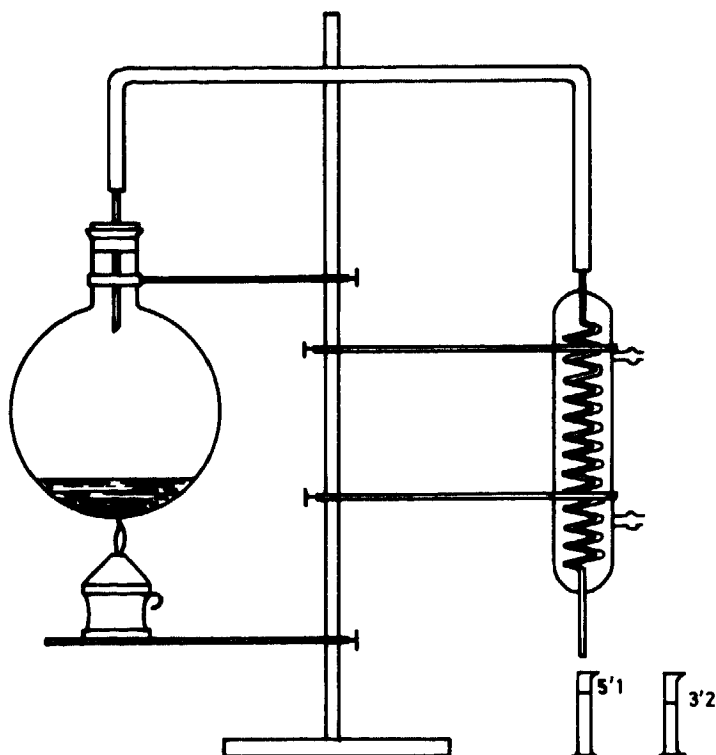
Ponemos en los vasos unas gotas del indicador de fenoltaleína y dejamos caer gotas de la bureta hasta que se produzca el color rosado.

Hemos gastado en la neutralización:

1.º probeta – 2,3 c.c.

2.º probeta – 1,9 c.c.  $\times 3 = 5,7$

$5,7 : 10 = 0,57 \text{ gr/l. } \text{SO}_4\text{H}_2 \text{ (acidez volátil real)}$



Referencia 6

$$2,3 - 1,9 = 0,4$$

$$0,4 + 5,7 = 6,1; 6,1 : 10 = 0,61 \text{ gr/l. SO}_4\text{H}_2 \text{ (acidez volátil aparente).}$$

Pero hemos de representarla en  $\text{CH}_3 - \text{COOH}$

$$\frac{60}{49} = 1,23; 0,57 \times 1,23 = 0,70 \text{ gr/l. CH}_3 - \text{COOH (Ac. volátil real).}$$

$$0,61 \times 1,23 = 0,75 \text{ gr/l. CH}_3 - \text{COOH (Ac. vol. aparente).}$$

— **Definición de acidez volátil aparente:**

Es la suma de todos los compuestos volátiles de carácter ácido que contiene un vino.

— **Definición de acidez fija:**

Es la suma de todos los compuestos no volátiles de carácter ácido que contiene un vino. Luego la acidez fija será igual a la diferencia entre la acidez total y la acidez volátil aparente.

**— Acidez total:**

Es la suma de todos los cuerpos de carácter ácido que contiene un vino.

$$A. \text{ total} = A. \text{ fija} + A. \text{ volátil aparente}$$

$$A. \text{ fija} = A. \text{ total} - A. \text{ volátil aparente}$$

**El hierro en los vinos:**

Un elemento de vital importancia es el hierro; éste se encuentra en los vinos por diversos motivos:

**— Hierro de origen exógeno:**

Es aportado por las maquinarias, depósitos, cisternas, etc.

**— Hierro de origen endógeno:**

Lo metaboliza la planta y procede del propio terreno de cultivo, teniendo en cuenta las características del suelo.

Generalmente está disuelto en el vino y se combina con otras sustancias formando complejos.

El hierro realiza un papel importante en los procesos de envejecimiento, ya que es un magnífico catalizador de la oxidación y se encuentra también formando complejos con los ácidos orgánicos.

Un exceso de hierro en el vino puede favorecer una precipitación; esta precipitación aparece en los vinos de tres formas:

- a) Quiebra blanca ..... fosfato férrica.
- b) Quiebra azul ..... tanato férrica.
- c) Quiebra negra ..... con la materia colorante.

Estas quiebras férricas, aparecen con el Fe III en forma férrica y en ambiente oxidante.

**— Descripción de las quiebras férricas:**

**a) Quiebra fosfato férrica o blanca:**

Se debe a la precipitación del fosfato férrico que se encuentra en los vinos en forma coloidal, pero con ciertas proteínas forma una coagulación y un precipitado blanco o nube blanca.

**b) Quiebra tanato férrica o azul:**

Se forma por la unión del hierro con los compuestos polifenólicos, da lugar a precipitaciones de color azulado, generalmente se presenta en vinos poco ácidos.

Son más propensos a estas quiebras los vinos tintos, por poseer más componentes polifenólicos.

El color de los precipitados es tanto más azul cuanto más hierro contengan éstos.

**c) Quiebra negra:**

El hierro se combina con los antocianos y aparece un color negruzco, dado por la unión de dichos componentes; para que se produzca esta quiebra es imprescindible que exista un medio oxidante.

La presencia de hierro en el vino es de dos formas; Fe II y Fe III.

La encargada de producir las quiebras es la forma Fe III, por tanto el peligro lo supone esta forma; aunque el Fe II momentáneamente no representa peligro, hemos de saber que con la presencia de un oxidante el Fe II pasa a Fe III según la ecuación:



Debemos evitar cualquier aportación que pudiera ocasionar un aumento de dicho metal en el vino.

Con lo que respecta a la precaución que debemos tener para que no aumente el hierro en el vino, debemos proceder a mantener los accesorios de bodega, tales como tornillos sinfín, estrujadores, griferías y recipientes, recubiertos convenientemente con una capa de pintura «exposi», para así evitar que el vino al estar en contacto con el hierro, aumente su contenido del mismo.

Como temas relacionados con lo ya expuesto aquí e interdisciplinarios, proponemos el debate coloquio o charla coloquio entre los alumnos, sobre:

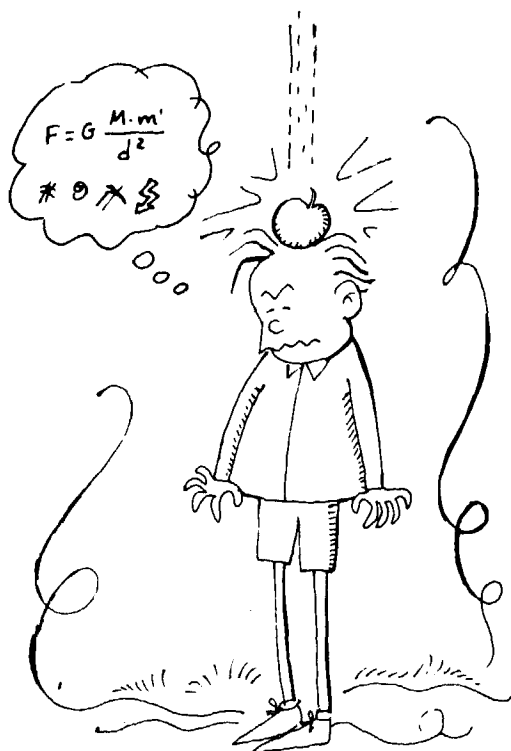
- a) Producción de vino en la comarca y su influencia en la economía.
- b) Posibles fertilizantes utilizables.
- c) Utilización de los alcoholes vínicos como carburantes y su relación con el comercio y el petróleo.

## **Bibliografía**

- RIBÉRAUN-GAYÓN, J.: *Transformaciones y tratamiento de los vinos*, 1954.  
MORCILLA ARRAZOLA, JUAN: *Tratado práctico de Viticultura y Enología Españolas*, 1974.  
HIDALGO, L., y CARCELA, J. A.: *Vinerías*, 1973.  
CARBONEL, MATEO: *Tratado de vinicultura*, 1970.  
BONDIAC, ENRIQUE: *Elaboración de vinos*, 1972.  
VOGT, E.: *La fabricación de vinos*, 1972.  
DURÁN, LUIS: *Vinos*. Barcelona.  
PEINAUD, EMILE: *Enología práctica*, 1971.



***Física***



# *Análisis Físico-Matemático de datos experimentales*

M.<sup>a</sup> José PASCUAL BURGOS \*  
Carlos SÁNCHEZ JIMÉNEZ \*\*

## 1. Introducción

Es un hecho que los enfoques interdisciplinares son fundamentales en los niveles primario y medio de la enseñanza. Al tema se dedican libros (1), artículos (2), simposios (3), etc., a pesar de lo cual dichos enfoques no cristalizan en los programas, que siguen siendo de asignaturas independientes entre sí y prácticamente cerradas.

En el presente artículo aportamos una colaboración llevada a cabo entre el profesor de Matemáticas y el de Física de un grupo de 3.º de BUP. Es un enfoque que va más lejos de una «correlación didáctica» (4) pero que no llega a ser una relación interdisciplinar total: se limita a unos pocos casos y a un solo grupo y no es seguida de momento por la totalidad de los miembros de ambos seminarios.

Uno de los fines que pretendemos es el de que el profesor de Matemáticas trabaje con datos reales obtenidos de experiencias físicas y el de Física

- 
- (1) FERNÁNDEZ URÍA, E.: *Estructura y didáctica de las Ciencias*, Madrid, Servicio de Publicaciones del MEC, 1979, págs. 113 y ss. Cita abundante bibliografía sobre el tema.
  - (2) UNESCO. *New trends in physics teaching*, vol. III, París 1976. (Hay traducción española.) Es muy interesante el documento «La interfase entre la Física y la Matemática», pág. 203 de la ed. española.
  - (3) Simposio sobre la didáctica de la Física y las Matemáticas, celebrado en Madrid, junio de 1980. El material aún no ha sido publicado.
  - (4) FERNÁNDEZ URÍA, E.: «Interrelaciones didácticas de la Física y de la Biología», *Revista de Bachillerato*, n.º 14. Madrid, abril-junio 1980.

\* Profesora Agregada de matemáticas del I. B. mixto de Zaidín, Granada.

\*\* Catedrático de física y química del I. B. mixto de Zaidín, Granada.

interprete las funciones obtenidas en Matemáticas, unificando al mismo tiempo terminologías a veces distintas según su campo de utilización (5). Otro de los fines es hacer comprender al alumno el valor de los modelos matemáticos en la Física y otras ciencias.

## 2. Metodología y objetivos

La metodología utilizada es en todos los casos la siguiente: se realiza un experimento de Física con objeto de obtener una relación entre dos magnitudes y se indica a los alumnos que los datos se van a tratar en clase de Matemáticas. La función obtenida se interpretará después físicamente.

Hemos introducido tres variantes en el enfoque de los problemas:

1. No se conoce inicialmente nada sobre la relación entre las dos variables: son los casos de la relación T-m y T-l en la oscilación de un muelle y de un péndulo simple, respectivamente.
2. Se conoce previamente el tipo de función. Se trata de determinar la relación concreta entre las magnitudes: carga y descarga de un condensador a través de una resistencia.
3. No se conoce el tipo de función, pero se puede hacer una hipótesis previa y comprobar si los datos experimentales concuerdan con ella: resistencia variable de una bombilla.

Tratamos de situar de esta manera al alumno ante diversas circunstancias que se presentan en el tratamiento de datos experimentales y hacerle ver el papel de las hipótesis, intuición, aproximaciones, etc. en el desarrollo de la Ciencia (7).

En cuanto al principal objetivo de estas experiencias podríamos expresarlo de la siguiente forma: a partir de una serie de datos experimentales que relacionan dos magnitudes físicas, el alumno obtendrá la expresión matemática (de alguno de estos tipos:  $y = kx + C$ ,  $y = kx^{2/2} + C$ ,  $y = ke^{-mx}$ ) que las liga, pudiendo hacer uso del material incluido en el presente artículo (8).

Esperamos poder publicar en breve tipos de pruebas para evaluar la consecución del objetivo y el análisis de los resultados.

- (5) UNESCO, *op. cit.*, pág. 210.
- (6) BELL, M. S.: Una enseñanza utilitaria de las Matemáticas. París, *Revista Perspectivas*, 1979, vol. IX, n.º 3.
- (7) KLINE, M.: *Why Johnny can't add: The failure of the New Mathematics*. (Hay traducción española), Madrid, 1976. New York, 1973.  
En relación con el cálculo matemático dice: «Cabía esperar que el cálculo en el s. XVIII entraría en crisis, en vista de lo incierta, falta de claridad e incluso incorrecta que era su fundamentación»... «¿Cómo lograron los matemáticos esos enormes avances? Está claro que pensaron intuitivamente. Los argumentos físicos, las generalizaciones apoyadas en casos sencillos conocidos y la experiencia matemática contribuyeron a llegar a conclusiones correctas», pág. 47. (El libro es clarificador en torno al tema.)
- (8) MAGER, R. F.: *Formulación operativa de objetivos didácticos*, 5.ª ed., Editorial Marova. Madrid, 1980.

### 3. Experiencias

#### 3.1.1. Oscilación de un muelle del que cuelga una masa

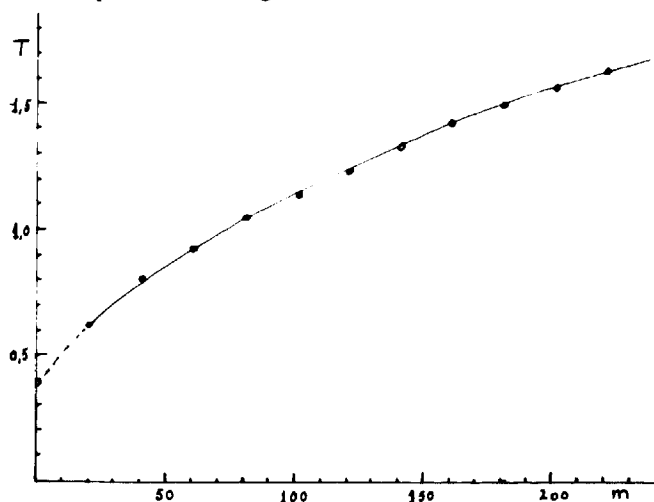
##### A) Física

Se trata de medir el período de oscilación de un muelle para distintos valores de la masa colgada en su extremo (en este y en los demás ejemplos no describimos las experiencias por ser éstas suficientemente conocidas. Recordamos que el objeto de este trabajo es mostrar cómo puede comenzarse una interacción entre seminarios). Los datos obtenidos se recogen en la tabla I. La representación gráfica corresponde a la figura 1.

TABLA I

T(s)	m(g)
0,63	20
0,82	40
0,94	60
1,06	80
1,16	100
1,24	120
1,34	140
1,43	160
1,50	180
1,58	200
1,63	220

Figura 1



##### B) Matemáticas

Intentamos calcular  $T = f(m)$  con la tabla de valores. En principio el problema es el cálculo de la curva de regresión de la experiencia. La gráfica nos indica que se trata de una función positiva, creciente y cóncava, lo que nos hace pensar que sea una parábola. Intentamos acercarnos a esa intuición.

La función puede ser del tipo  $y = kx^m + k_0$ . Para  $x = 0$ ,  $y > 0 \Rightarrow k_0 > 0$ . Al estar orientada la concavidad hacia la parte positiva del eje  $OX$ ,  $k > 0$ .

Al ser la función creciente, su derivada debe ser positiva:

$$y' = kmx^{(m-1)} > 0 \quad \forall x > 0 \Rightarrow km > 0 \Rightarrow m > 0$$

Al ser cóncava, su segunda derivada ha de ser negativa, luego

$$y'' = km(m-1)x^{(m-2)} < 0 \quad \forall x > 0 \Rightarrow km(m-1) < 0 \Rightarrow m < 1$$

Luego algo de lo que íbamos buscando intuitivamente es cierto:  $0 < m < 1$ .

A partir de aquí, confiando en las gráficas que conocemos, vamos a suponer que  $m$  es un número racional y, concretamente,  $m = 1/2$ . Para el cálculo de las constantes de la función vamos a «linealizar» el problema haciendo el cambio de variable  $\sqrt{m} = t$ , con lo cual se queda reducido a un simple ejercicio de cálculo de la recta de regresión. Obtenemos los valores de la tabla II y la representación de la gráfica (figura 2) nos hace afirmarnos en el camino de nuestro método intuitivo, que si bien no es muy riguroso, es eficaz en la consecución de que nuestros alumnos se interesen por la asignatura viendo aplicada la teoría de representación de curvas y estadística que se da en el curso.

TABLA II

T	$\sqrt{m}$
0,63	4,5
0,82	6,3
0,94	7,7
1,06	8,9
1,16	10,0
1,24	10,9
1,34	11,8
1,43	12,6
1,50	13,4
1,58	14,1
1,63	14,8

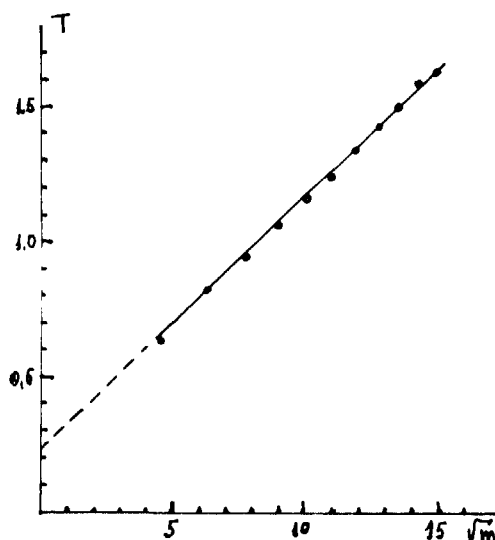


Figura 2

*Cálculo de la línea de regresión.* La ecuación de la recta es

$$T - \bar{T} = \frac{S_{Tt}}{S_{t^2}} (t - \bar{t})$$

donde  $\bar{T} = 1,21$  es la media del período;  $\bar{t} = 10,45$  es la media de  $\sqrt{m}$ ;

$$S_{Tt} = \frac{\sum T_i t_i}{N} - \bar{T}\bar{t} = 1$$

es la covarianza y

$$S_{t^2} = \frac{\sum t_i^2}{N} - \bar{t}^2 = 10,8$$

es la varianza marginal.

Los datos se recogen en la tabla III. A partir de ahí,

$\Sigma$	13,33	115	150,1	1.320
$\Sigma/N$	1,21	10,45	13,65	120

$$\bar{T} = 12,65; \bar{t}^2 = 109,2$$

y la recta de regresión es  $T - 1,21 = 1/10,8 (t - 10,45)$ , es decir,

$$T = 0,09\sqrt{m} + 0,25$$

## C) Física

La función obtenida debe interpretarse desde el punto de vista de una teoría comprensiva, es decir, en nuestro caso de las leyes de Newton. Deducimos (no incluimos aquí el razonamiento por ser suficientemente conocido) la ecuación

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

que justifica el resultado obtenido matemáticamente. La ordenada en el origen debe corresponder a un período inicial debido a la masa del muelle. Los datos dinámicos pueden comprobarse midiendo la constante elástica del muelle por aplicación de la ley de Hooke.

TABLA III

$T_i$	$t_i$	$T_i t_i$	$t_i^2$
0,63	4,5	2,835	20
0,82	6,3	5,166	40
0,94	7,7	7,238	60
1,06	8,9	9,434	80
1,16	10,0	11,600	100
1,24	10,9	13,516	120
1,34	11,8	15,810	140
1,43	12,6	18,018	160
1,50	13,4	20,100	180
1,58	14,1	22,278	200
1,63	14,8	24,124	220

## 3.1.2. Péndulo simple

## A) Física

Se trata en este caso de medir el período de un péndulo simple para distintos valores de su longitud. Hemos obtenido los valores correspondientes a las dos primeras columnas de la tabla IV y la representación gráfica de la figura 3. (Hemos realizado 10 medidas para simplificar el cálculo numérico. De todas formas, pensamos que aunque se tome ese número es conveniente tomar longitudes menores que la mínima de las nuestras con objeto de que la curva pueda dibujarse con más nitidez. La extrapolación gráfica la hacemos de acuerdo con la ordenada en el origen obtenida en el cálculo matemático. Naturalmente, en una primera representación no nos atrevemos a pasar del punto 56, 1.50).

TABLA IV

T(s)	l(cm)	$\sqrt{l}$	$T\sqrt{l}$
2.42	146	12.08	29.23
2.33	136	11.66	27.16
2.25	126	11.22	25.24
2.15	116	10.77	23.15
2.05	106	10.29	21.09
1.96	96	9.79	19.18
1.85	86	9.27	17.14
1.74	76	8.71	15.15
1.66	66	8.12	13.47
1.50	56	7.48	11.22
$\Sigma$	19.91	1.010	99.39
$\Sigma/N$	1.991	101	9.939
			20.203

## B) Matemáticas

Nos encontramos con una función parecida a la del caso anterior (nuestra idea se refuerza por el hecho de que el tipo de movimiento es semejante) para la que valen las mismas consideraciones que antes hicimos. La función puede ser, pues, del tipo

$$T = k\sqrt{l} + k_0$$

Al ser la función positiva, creciente y convexa, si la función es  $T = kl^m + k_0 \Rightarrow 0 < m < 1$  y al hacer el cambio de variable  $\sqrt{l} = t$  nos encontramos con una gráfica T-t lineal. Vamos entonces a calcular la recta de regresión a partir de la tabla IV:

$$\overline{T\sqrt{l}} = 19,788; (\overline{\sqrt{l}})^2 = 98,784;$$

$$S^2_{T\sqrt{l}} = 20,203 - 19,788 = 0,415;$$

$$S^2_{\sqrt{l}} = 101 - 98,784 = 2,216.$$

La ecuación de la recta de regresión es  $T - 1,99 = 0,187(\sqrt{l} - 9,939)$ .



Con lo que nuestra función será  $T = 0,187\sqrt{l} + 0,129$ .

(Por el método de mínimos cuadrados podríamos aproximar mejor las constantes, tanto en este como en el caso anterior, pero los alumnos no conocen su fundamento y el método de la varianza es mucho más asequible para ellos.)

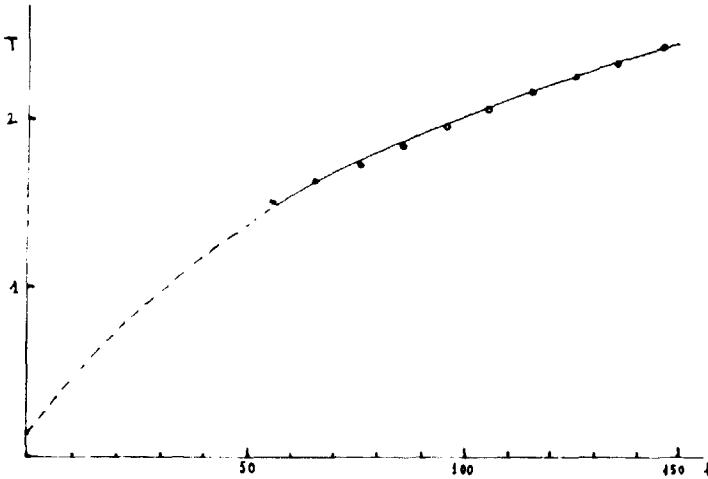


Figura 3

### C) Física

A partir de la dinámica del movimiento deducimos la ecuación

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Sin embargo, en la ecuación real aparece un período inicial (ordenada en el origen) que puede deberse a dos causas: a) una desviación del comportamiento del péndulo de su carácter ideal; b) a que hemos obtenido la ecuación a partir de un número reducido de datos. Nos inclinamos por esta segunda interpretación porque al obtener el valor de g aparece un error considerable. Pensamos que el hecho debe tenerse en cuenta y tomar medidas para valores de l que se aproximen más a cero.

## 3.2. Descarga de un condensador a través de una resistencia

### A) Física

Montamos el circuito de la figura 4 con el interruptor en la posición 1 para la carga y en la posición 2 para la descarga. Usamos un generador de fem 15 V, un condensador de 50 microfaradios y una resistencia de  $6 \cdot 10^5$  ohmios. (La experiencia puede realizarse en el osciloscopio, en cuyo caso haremos una fotografía del desplazamiento del punto luminoso para distintos valores de C y

de R y trabajaremos sobre las fotografías. Incluimos dos de ellas como muestra, figura 5). Obtenemos los datos de la tabla V.

TABLA V

t (s)	V
0	15,0
10	10,7
20	7,7
30	5,5
40	4,0
50	2,8
60	2,0
90	0,8

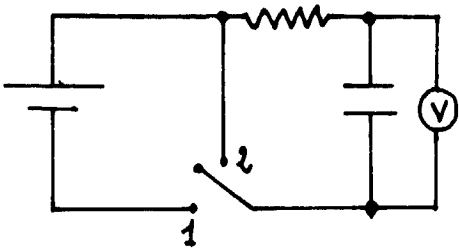


Figura 4

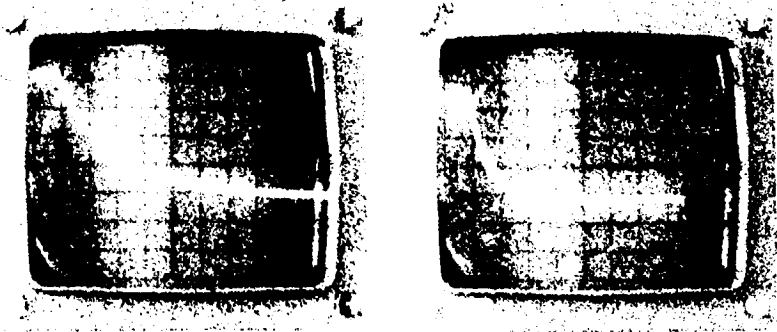


Figura 5

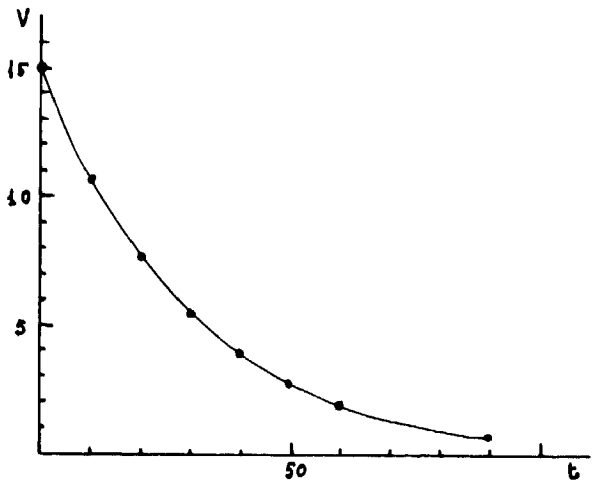


Figura 6

## B) Matemáticas

Nos indican de Física que la función  $V = f(t)$  es exponencial. Las figuras 5 y 6 dejan pocas dudas al respecto. La función es positiva, decreciente y convexa. Será, pues, de la forma  $V = ka^{-mt}$ , con  $a > 1$ .

Esto lleva consigo  $k = 15$ , ya que para  $t = 0$ ,  $V = 15$ . Es decir,  $V = 15 a^{-mt}$ . Puesto que en Física la base utilizada normalmente es el número e, determinaremos para ella el valor de m. Bien entendido que la base podría ser cualquiera (con la condición  $a > 1$ ) y que un cambio de base sólo nos hace cambiar el valor de m.

Formamos el cuadro de valores de la tabla VI.

TABLA VI

t	V	$\Delta t$	$\Delta V$	$\frac{\Delta V}{\Delta t}$	$\frac{\Delta V}{\Delta t} / \bar{V}$	$\frac{V}{15}$	$\ln \frac{V}{15}$	$\ln \frac{V}{15} / t$
0	15	—	—	—	—	1,0	0	0
10	10,7	10	- 4,3	- 0,43	- 3,3 · 10 <sup>-2</sup>	0,71	- 0,34	- 3,4 · 10 <sup>-2</sup>
20	7,7	10	- 3,0	- 0,30	- 3,4 · 10 <sup>-2</sup>	0,51	- 0,67	- 3,3 · 10 <sup>-2</sup>
30	5,5	10	- 2,2	- 0,22	- 3,3 · 10 <sup>-2</sup>	0,36	- 1,02	- 3,4 · 10 <sup>-2</sup>
40	4,0	10	- 1,5	- 0,15	- 3,4 · 10 <sup>-2</sup>	0,26	- 1,34	- 3,3 · 10 <sup>-2</sup>
50	2,8	10	- 1,3	- 0,13	- 3,5 · 10 <sup>-2</sup>	0,18	- 1,71	- 3,4 · 10 <sup>-2</sup>
60	2,0	10	- 0,8	- 0,08	- 3,3 · 10 <sup>-2</sup>	0,13	- 2,04	- 3,4 · 10 <sup>-2</sup>
90	0,8	30	- 1,2	- 0,04	- 4,0 · 10 <sup>-2</sup>	0,05	- 2,99	- 3,3 · 10 <sup>-2</sup>

Para intervalos de tiempo pequeños  $\frac{\Delta V}{\Delta t}$  será aproximadamente el valor de la derivada en la mitad del intervalo. Si la función es  $V = 15 e^{-mt}$ ,  $V' = -15 m \cdot e^{-mt}$ ,  $V' / V = -m$ . Luego:  $m = 3,4 \cdot 10^{-2}$ . Observemos cómo el último de los valores, correspondiente a un  $\Delta t = 30$  s., excesivamente amplio, se desvía considerablemente del valor medio.

Reafirmandonos en el valor obtenido, utilizamos otro método:

$$V = 15 e^{-mt}; \quad \ln \frac{V}{15} = \ln e^{-mt}; \quad -m = \frac{\ln V / 15}{t}; \quad m = 3,4 \cdot 10^{-2}.$$

La función buscada será:  $V = 15 e^{-3,4 \cdot 10^{-2}t}$ .

## C) Física

Interpretemos la función obtenida:

a)  $V_0 = 15$  V es la tensión inicial, correspondiente a la fem de la fuente. Podemos escribir, por tanto, la función en general como  $V = V_0 e^{-mt}$ .

b) m tiene el siguiente significado: hemos visto anteriormente como  $V' / V = -m$ , es decir:

$$\frac{dV}{dt} / V = -m$$

y  $dV = -mVdt$  es la ecuación escrita en forma diferencial:

$$m = - \frac{dV}{Vdt}$$

y significa por tanto la variación de potencial por unidad de potencial y por unidad de tiempo (aclaramos que la constante tiene distintos significados según el fenómeno: ley de las desintegraciones radiactivas, absorción de la luz por la materia, etc.).

c) Podemos tomar logaritmos y  $\ln V/V_0 = -mt$ . Si hacemos  $V = V_0/2$ ,  $\ln 2 = mT_{1/2}$  y  $T_{1/2} = \ln 2/m$ , independiente de la tensión inicial. Recibe el nombre de período de semidescarga (en otros casos: período de semidesintegración, espesor de semiabsorción, etc.), y es una magnitud de gran importancia en Física.

d) Como la descarga y la carga son procesos inversos, la curva de ésta será simétrica con la de descarga y  $V = V_0 (1 - e^{-mt})$ .

### 3.3. Resistencia de una bombilla

Para una bombilla la función  $I = f(V)$  no es lineal porque la resistencia varía con la temperatura.

Sin embargo, podemos hacer la hipótesis de que  $R$  crece linealmente con la potencia suministrada, ya que  $R = R_0 (1 + \alpha t)$  y pensamos que la potencia se invierte en aumentar la temperatura. Si nuestra predicción se cumple, la representación de  $R$  en función de  $V \cdot I$  será lineal y podremos deducir un coeficiente de variación de la resistencia con la potencia.

Montamos el experimento de medida de una resistencia modificando  $V$  a través de un potenciómetro y obtenemos las dos primeras columnas de la tabla VII. La representación de  $R$  en función de  $V \cdot I$  se recoge en la figura 7.

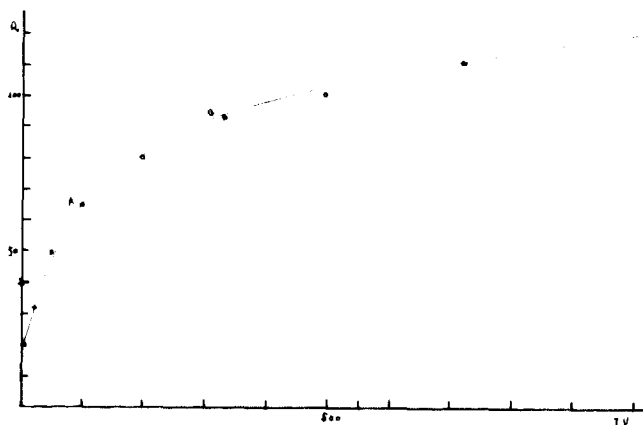


Figura 7

TABLA VII

V (V)	I (mA)	R (ohm.)	V.I (mw)
0,1	5	20	0,5
0,2	10	20	2
0,3	15	20	4,5
0,4	20	20	8
0,8	25	32	20
1,5	30	50	45
2,6	40	65	104
4,0	50	80	200
5,6	60	93	336
7,0	70	100	490
9,0	80	112	720
12,5	100	125	1.250
14,5	110	132	1.600

Podemos interpretar los resultados de la siguiente forma: hasta una potencia suministrada muy baja (unos 8 mw) ésta no modifica la resistencia, posiblemente porque el aumento de temperatura es despreciable. Hasta A (ver figura 7) hay un aumento aproximadamente lineal de R con P y podría determinarse (no vamos a hacerlo) el coeficiente correspondiente y a partir de B el aumento de R es muy pequeño frente a P. Esto puede deberse:

a) A que a partir de B gran parte de la potencia se disipa fundamentalmente en forma de radiación y una fracción muy pequeña se emplea para aumentar t, mientras que en el primer tramo se utilizaría casi totalmente en aumentar la temperatura.

b) A que para temperaturas elevadas la función  $R = f(t)$  deje de ser lineal y haya que introducir factores correctores, por ejemplo del tipo  $R = R_0 (1 + at - bt^2 \dots)$ .

De todas formas, la única forma de dilucidar entre estas u otras posibilidades sería disponer de un método para medir la temperatura del filamento, lo que de momento está lejos de nuestras posibilidades.

(En este caso, el problema no pasa a Matemáticas. Lo hemos incluido por las razones metodológicas indicadas al principio.)

---



# *Análisis de un termistor*

Agustín ARAGÓN CANALES \*  
Consuelo CAGIGAS DE LAFUENTE \*\*

## **Introducción**

Este trabajo ha sido realizado en colaboración con los alumnos de 3.º de BUP del I. B. mixto de Galdácano, en la asignatura de Electricidad (EATP).

Evidentemente se ha omitido la compleja teoría que explica los fenómenos de conducción en los semiconductores, aunque sí ha sido necesario explicar unos mínimos conceptos sobre conductividad, estructura de bandas, portadores de carga...

La colaboración de los alumnos ha sido útil sobre todo en el montaje de los distintos dispositivos y análisis de los resultados. Ellos mismos han ajustado la distribución de puntos a una recta mediante el método de mínimos cuadrados, método que han utilizado en anteriores prácticas.

## **Conducción en un semiconductor**

Las propiedades semiconductoras son debidas a distintos factores: la agitación térmica, defectos de la red, impurezas...

En general, los semiconductores tienen una conductividad ( $\sigma$ ) comprendida entre los buenos conductores y los aislantes; a temperatura ambiente la conductividad está comprendida entre  $10^2$  y  $10^{-9} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ .

La conducción que nos interesa es la debida a la agitación térmica (denominada intrínseca); si la temperatura en el semiconductor se eleva, la agitación térmica crece, causando la ruptura de los enlaces de valencia y esto hace que

---

\* Profesor agregado de física y química. Instituto de Galdácano (Vizcaya).

\*\* Licenciada en Ciencias Químicas.

algún  $e^-$  de valencia quede libre. Debido a esto algún enlace queda no saturado y en ese lugar parece concentrarse una carga positiva, es decir, que la vacante que deja el  $e^-$  liberado por el átomo se comporta como si fuera una partícula libre, este enlace no saturado se denomina hueco (o laguna).

El enlace de valencia incompleto puede ser llenado por un  $e^-$  que pasa a éste desde el enlace saturado contiguo y, por tanto, el mismo se desplazará por el cristal a consecuencia del intercambio de  $e^-$  entre átomos.

El hueco se comporta como una partícula positiva (igual en magnitud a la del  $e^-$ ) que se mueve en la dirección del campo eléctrico  $\vec{E}$  que se aplique.

Según esto, cabe esperar que la conductividad en un semiconductor aumente con la temperatura, la dependencia entre ambas variables viene regida por la siguiente ecuación:

$$\sigma \propto E^{-E_g / 2kT}$$

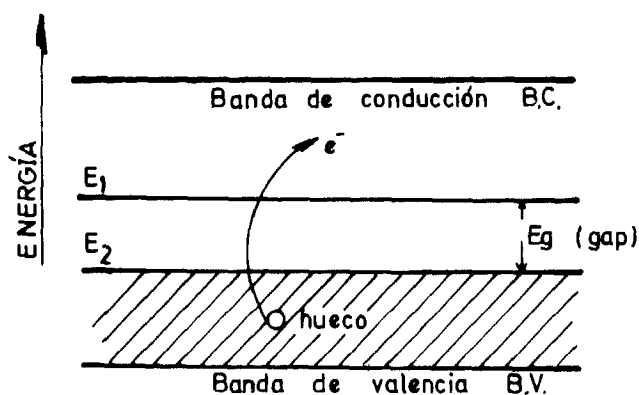
La deducción de esta expresión se puede encontrar en cualquier tratado de Física del Estado Sólido. Como la intensidad de la corriente es proporcional a la conductividad se deduce que:

$$I = C \cdot e^{-E_g / 2kT} \quad (1)$$

donde  $C$  depende de la temperatura, pero el factor exponencial es el dominante.

Según la teoría de bandas de energía (figura 1),  $E_g$  representa la anchura de la banda prohibida (esta banda contiene un conjunto de niveles energéticos que no puede ocupar el  $e^-$ ).

Si la temperatura es de  $0^\circ \text{K}$  la BV está totalmente llena y la BC vacía.  $E_1$  representa la mínima energía que debe tener un  $e^-$  libre y  $E_2$  la máxima energía que debe tener un  $e^-$  del enlace completo; la BV comprende el espectro de energías de todos los  $e^-$  de valencia ligados.



ESQUEMA DE BANDAS DE ENERGÍA

Figura 1



Tomando  $\ln$  en (1):

$$\ln I = \ln C - \frac{E_g}{2 K} \cdot \frac{1}{T} \quad (2)$$

Representando  $\ln I$  frente a  $1/T$  se obtiene una pendiente:

$$\operatorname{tg} \theta = - \frac{E_g}{2 K} \quad (\text{figura 2}) \text{ para la recta.}$$

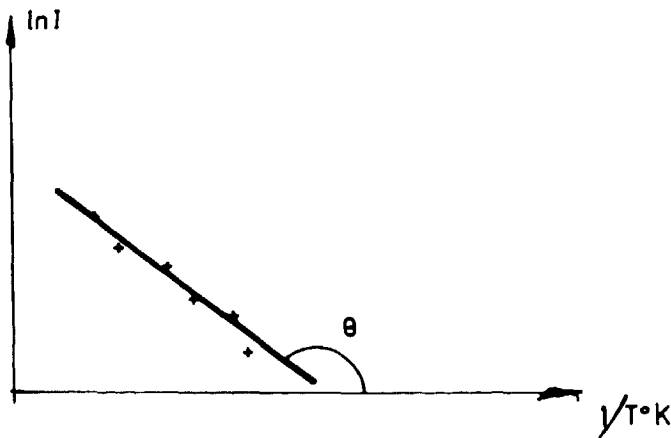


Figura 2

### **Práctica: Determinación de las características de un termistor**

Cuando un semiconductor se utiliza teniendo en cuenta la propiedad de que su conductividad varía con la temperatura, se denomina termistor. Existen dos tipos:

PTC (Positive temperature coefficient).

NTC (Negative temperature coefficient).

En nuestro trabajo hemos utilizado un NTC (en forma de disco con dos terminales).

### **Material**

Fuente de alimentación c.c., Shunt (30 mA), Resistencia de voltímetro (6 V), Resistencia óhmica (470  $\Omega$ ), 2 polímetros (equipo electricidad ENOSA), cables de conexión, vaso de precipitados (1.000 c.c.), rejilla de

amianto, termómetro ( $0,2^{\circ}\text{C}$ ), mechero Bunsen y soporte, nueces dobles, varillas (equipo de mecánica de ENOSA).

El termistor fue montado (figuras 3 y 4) sobre el soporte de una regleta, y quedó sumergido en el agua.

Ésta se calienta lentamente, y antes de tomar la medida se retira el mechero agitando el agua para conseguir una temperatura homogénea y a la vez estacionaria; los intervalos de temperatura entre dos medidas consecutivas oscilan entre  $4$  y  $10^{\circ}\text{C}$ .

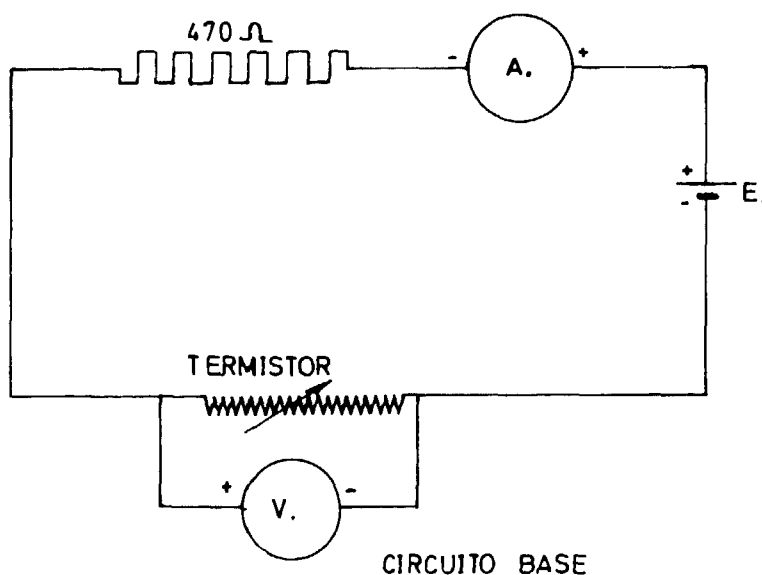


Figura 3

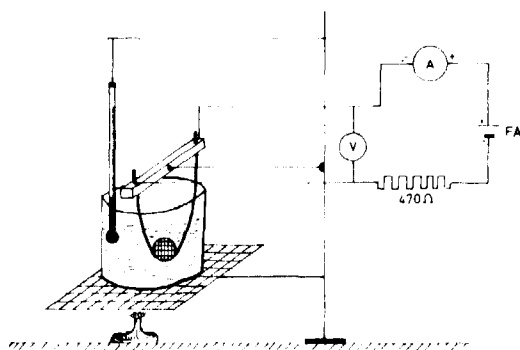


Figura 4

Los valores obtenidos en este caso por uno de los grupos de alumnos quedan reflejados en la tabla siguiente:

t °C	V (voltios)	I (mA)	V/I = R (Ω)	1/T °K <sup>-1</sup>	Ln I	(1/T) <sup>2</sup>	1/T · Ln I
13,5	5	8	625	3,49 · 10 <sup>-3</sup>	2,08	—	—
21,5	4,5	10	450	3,39 · 10 <sup>-3</sup>	2,30	—	—
25,5	4,3	11,5	374	3,35 · 10 <sup>-3</sup>	2,44	—	—
35	4	14	286	3,24 · 10 <sup>-3</sup>	2,64	—	—
44	3,5	16	219	3,15 · 10 <sup>-3</sup>	2,77	—	—
52	3	18	166	3,07 · 10 <sup>-3</sup>	2,89	—	—
59	2,6	19,5	133	3,01 · 10 <sup>-3</sup>	2,97	9,06 · 10 <sup>-6</sup>	8,94 · 10 <sup>-3</sup>
65	2,3	21	109	2,95 · 10 <sup>-3</sup>	3,04	8,70 · 10 <sup>-6</sup>	8,97 · 10 <sup>-3</sup>
70	2	22	91	2,91 · 10 <sup>-3</sup>	3,09	8,46 · 10 <sup>-6</sup>	8,99 · 10 <sup>-3</sup>
75	1,8	23	78	2,87 · 10 <sup>-3</sup>	3,13	8,23 · 10 <sup>-6</sup>	8,98 · 10 <sup>-3</sup>
85	1,4	24	58	2,79 · 10 <sup>-3</sup>	3,17	7,78 · 10 <sup>-6</sup>	8,84 · 10 <sup>-3</sup>
92	1,2	25	48	2,74 · 10 <sup>-3</sup>	3,21	7,50 · 10 <sup>-6</sup>	8,79 · 10 <sup>-3</sup>
100	1	26	38	2,68 · 10 <sup>-3</sup>	3,25	7,18 · 10 <sup>-6</sup>	8,71 · 10 <sup>-3</sup>

El análisis de los datos obtenidos, para estudiar la dependencia de la intensidad de corriente con la temperatura, lo realizamos para el intervalo correspondiente a las temperaturas más altas (correspondiente al intervalo de temperatura donde domina la conducción intrínseca). Los puntos correspondientes a este intervalo de temperaturas son los que se han ajustado (figura 5); la pendiente de la recta de ajuste es:

$$\operatorname{tg} \theta \simeq -1.000 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

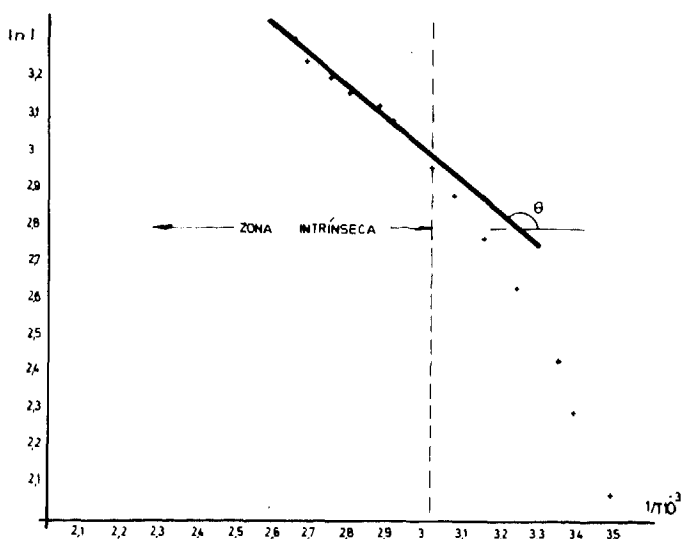


Gráfico del logaritmo de la intensidad en función de la inversa de la temperatura ( $^{\circ}\text{K}$ )

Figura 5

Sustituyendo en la expresión  $\lg \theta = -E_g/2K$ , donde:  $K = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot ^\circ\text{K}^{-1}$  es la constante de Boltzmann, obtenemos para  $E_g = 0,17 \text{ eV}$ .

Respecto a la resistencia del termistor, vemos que el comportamiento de la misma respecto a la temperatura es diferente a la de un metal puro (figura 6). En este último la resistencia es función lineal de la temperatura (para un intervalo amplio de la misma):

$$R = R_0 (1 + \delta t)$$

Para un termistor la dependencia es de la forma:  $R = R_0 e^{B/T}$  (no lineal); el cálculo de los parámetros  $R_0$  y  $\beta$  se hizo ajustando los puntos de la gráfica a la ecuación anterior. Los valores obtenidos son:

$$R_0 \approx 3,3 \cdot 10^{-3} \Omega, \quad \beta \approx 3.500 ^\circ\text{K}$$

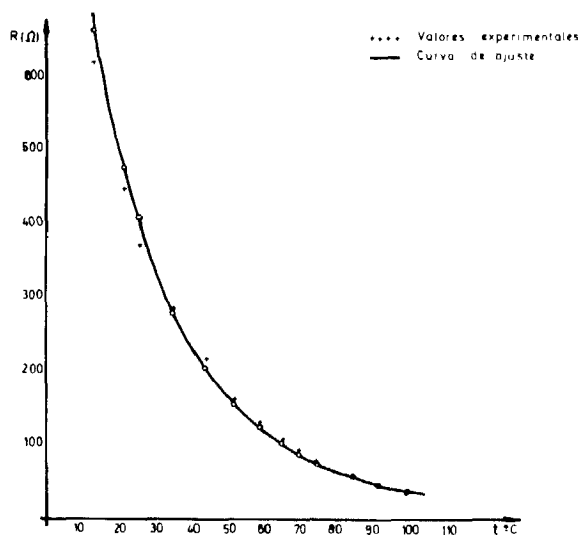


Figura 6

Gráfica  $R = f(t)$  para el termistor (NTC) Comportamiento no lineal

## Complemento

### Aplicaciones

La aplicación más común del termistor es la de detector en instrumentos de medición de temperaturas. También se utiliza en instrumentos eléctricos y electrónicos como potencia en microondas, detección de nivel de líquidos, etc.

## Bibliografía

- KITEL, CHARLES: *Introducción a la física del estado sólido*. Editorial Reverté, 1975.  
 MILLMAN, JACOB; HALKIAS, CHRISTOS C.: *Dispositivos y circuitos electrónicos*. Anaya, 1972.  
 SHALIMOVA, K. V.: *Física de los semiconductores* (MIR, Moscú).

# *Construcción de un fotómetro elemental*

José BASSOLS SADURNÍ \*  
José Luis ALOS CORTÉS \*\*  
Soledad HORTA MARTÍ \*\*\*  
Carmen PERIS ORTEGA \*\*\*\*

Teniendo como guía el poder conseguir que los alumnos «vean» por sí mismos aquello que el encerado y la explicación del profesor no consigue dejar en claro, o que por su naturaleza exige a los alumnos un esfuerzo considerable de imaginación, se planteó la construcción de un aparato que dentro de la sencillez que precisa toda experiencia realizada por los alumnos, permita la observación y posible medición de la absorción de ondas, concretamente de las ondas luminosas.

Se planteó asimismo que el aparato permitiera la obtención de unos datos con los que poder realizar la representación gráfica del fenómeno.

Si una onda alcanza la sección  $S_1$  de un medio material en el que la onda se propaga, se trata de ver cuál es la intensidad de la onda en la sección  $S_2$ , después de haber recorrido una distancia  $r$  en el medio y siendo  $I_0$  la intensidad al alcanzar la sección  $S_1$ .

Consideremos para ello (figura 1) una sección  $S$ , intermedia entre  $S_1$  y  $S_2$  y otra infinitamente próxima  $S'$  separada de  $S$  una distancia  $dx$ . La pérdida de intensidad debida a la absorción al atravesar la longitud  $dx$  es proporcional al espesor y a la intensidad de la onda al alcanzar la sección  $S$ , siendo la constante de proporcionalidad un coeficiente llamado coeficiente de absorción que depende del medio. Esta relación de proporcionalidad se podrá expresar mediante la igualdad

$$-dI = I \cdot b \cdot dx$$

---

\* Profesor Agregado de física y química del I. B. «Ramón Berenguer IV», Amposta.

\*\* PNN del I.B. «Ramón Berenguer IV», Amposta.

\*\*\* PNN del I.B. «Ramón Berenguer IV», Amposta.

\*\*\*\* Catedrática de dibujo del I. B. «Ramón Berenguer IV», Amposta.

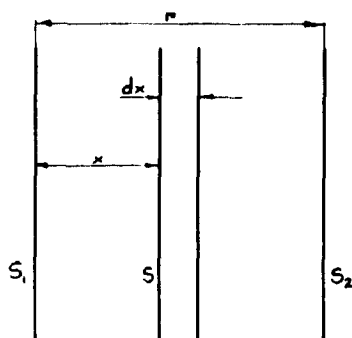


Figura 1

siendo  $b$  el coeficiente de absorción. El signo negativo es debido a que la intensidad disminuye al aumentar la distancia.

Separando las variables,

$$\frac{dI}{I} = -b \cdot dx$$

e integrando entre las secciones  $S_1$  y  $S_2$  donde las intensidades son, respectivamente,  $I_0$  e  $I$  se tendrá:

$$\frac{dI}{I} = -b \, dx; \ln \frac{I}{I_0} = -br \quad \text{y operando}$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-br}; I = I_0 \cdot e^{-br} \quad (1)$$

La ecuación (1) da la variación de la intensidad de la onda a medida que ésta penetra en el medio absorbente. Se observa que a medida que la onda recorre el medio pierde intensidad de modo exponencial.

Para el caso de ondas luminosas, al atravesar un líquido coloreado, el coeficiente de absorción es proporcional a la concentración de la disolución, pudiéndose escribir:

$$b = k \cdot c$$

siendo  $c$  la concentración molar de la disolución. Entonces la ecuación (1) se podrá escribir:

$$I = I_0 \cdot e^{-k \cdot c \cdot l}$$

que se conoce con el nombre de ley de Beer-Lambert.

Para la posible comprobación de la ecuación anterior se construyó el aparato cuyo croquis se muestra en la figura 2 y que actúa a modo de fotómetro.

El elemento activo es una fotorresistencia Philips que se encuentra en cualquier tienda de artículos de electrónica a un precio muy asequible (150 pesetas unidad). La fotorresistencia es un elemento que tiene la propiedad de variar su resistencia eléctrica en función de la intensidad luminosa que le alcanza, por lo cual la intensidad eléctrica del circuito gobernado por el fotorresistor será proporcional a la intensidad de la luz.

El aparato no permite calcular valores absolutos de las intensidades luminosas, pues para ello haría falta una calibración precisa del aparato frente a un fotómetro, pero para el estudio de la ecuación de Beer-Lambert sólo se necesitan medir variaciones de la intensidad luminosa y ello sí es posible.

El aparato se construyó en madera y para evitar en lo posible las interferencias debidas a la luz ambiental se pintó con pintura negra, cerrándose asimismo con masilla negra las uniones entre los distintos elementos.

El circuito eléctrico es de gran sencillez y su esquema se muestra en la figura 3. La resistencia  $R$  es el fotorresistor y la fuente de alimentación es una pila de 1,5 V. Para la medida de las intensidades de corriente se empleó un Tester tipo ICE, que proporciona gran exactitud y permite medir intensidades del orden de pocos microamperios; sin embargo, se puede emplear un amperímetro de ENOSA (polímetro) conectado directamente a la corriente, es decir, sin Shunt, o bien con el Shunt de 3 miliamperios.

Como fuente de alimentación se puede emplear una bombilla corriente de 40 vatios. La luz se introduce en la fotorresistencia mediante uno de los diafragmas del equipo ENOSA de óptica de abertura circular de 5 mm. de diámetro, acoplado a un filtro obscuro del mismo equipo de color verdoso. El objeto de limitar la cantidad de luz que entra en la fotorresistencia es protegerla de una sobreintensidad que pudiera dañarla. El máximo de intensidad está alrededor de los 0,25 A. Por otra parte, las variaciones de intensidad se registran mejor si la luz es débil.

La experiencia se puede realizar en dos partes:

1. Medir la intensidad de corriente que registra el amperímetro en función de la concentración de la disolución coloreada, a espesor constante de líquido. Ello se logra empleando siempre el mismo volumen de disolución en tubos de ensayo iguales.

Después de varios tanteos, buscando una sustancia que fuera fuertemente coloreada, con una elevada dependencia del color en relación a la concentración, y que además su peligrosidad fuera lo más reducida posible, teniendo en cuenta que la manejan los alumnos, se escogió el complejo  $(SCNFe)^{++}$

obtenido al saturar con disolución 0,5 molar de cloruro férrico disoluciones de KSCN muy diluidas y de concentración conocida.

Si bien la reacción:

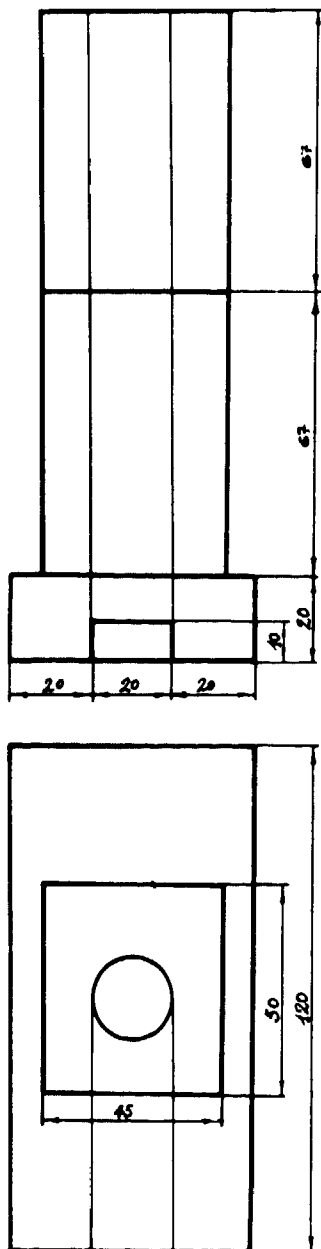
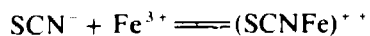
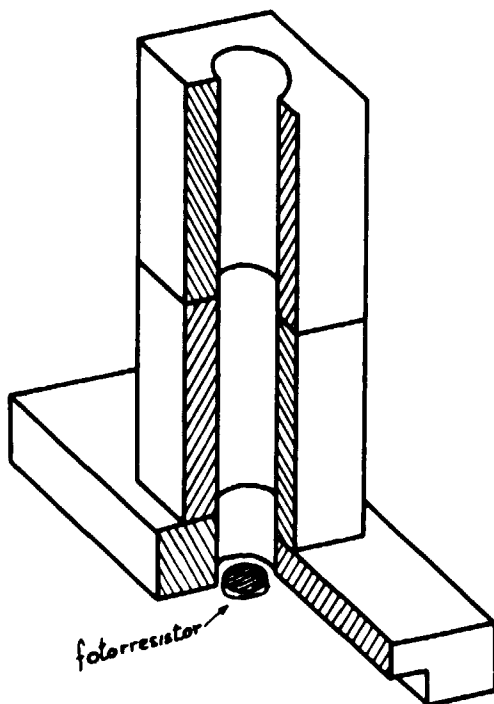


Figura 2.—Croquis del fotómetro.





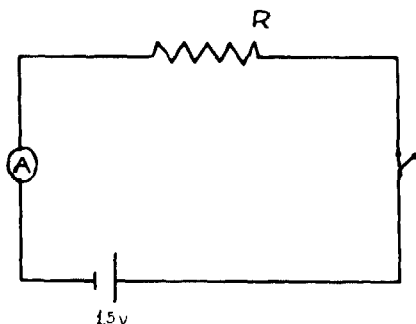


Figura 3

es un proceso en equilibrio, el empleo de una elevada concentración de ión férrico en relación a la del ión tiosulfato desplaza por completo el equilibrio hacia la formación del complejo coloreado, de modo que su concentración se puede tomar como la del ión tiosulfato.

Para proceder a las mediciones se preparan las disoluciones de tiosulfato potásico (no se pueden preparar las disoluciones del complejo porque su coloración varía con el tiempo, hay que prepararlas en el momento de usarlas) de concentración conocida y se vierten en tubos de ensayo iguales, siempre en la misma cantidad. Se añade a cada tubo la misma cantidad de disolución de cloruro férrico, y se observa la intensidad de corriente que circula por el circuito para cada una de las disoluciones. Los resultados se tabulan y se representan gráficamente. Si la representación se efectúa sobre papel milimetrado se obtiene una curva exponencial, como corresponde a la ecuación (1). Por otra parte, es también interesante que los alumnos aprendan el manejo del papel semilogarítmico, en el que la curva exponencial se convierte en una recta de más fácil representación. En efecto, si en la ecuación (1) tomamos logaritmos se tiene:

$$\ln I = \ln I_0 - kcr$$

y al pasar de logaritmos neperianos a logaritmos decimales queda:

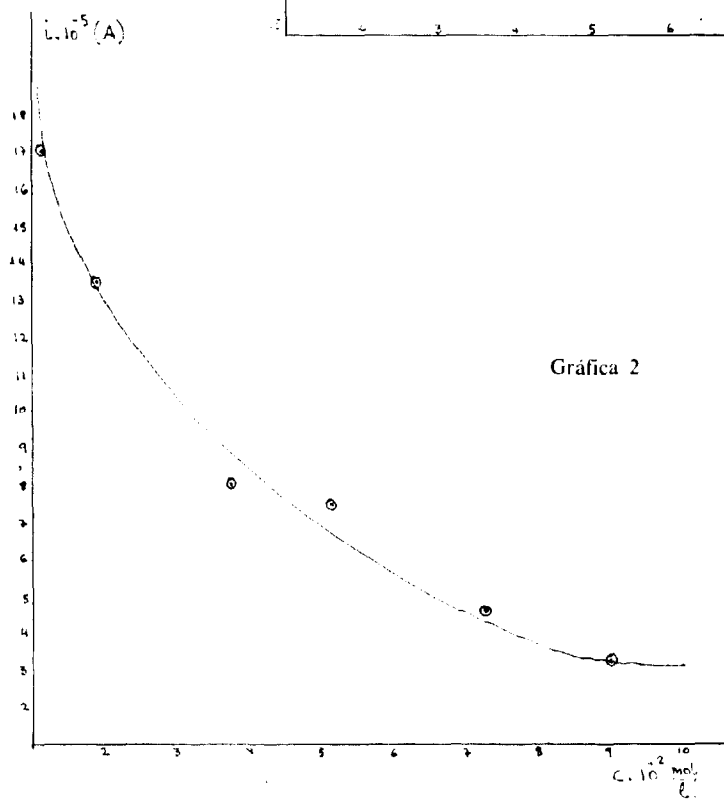
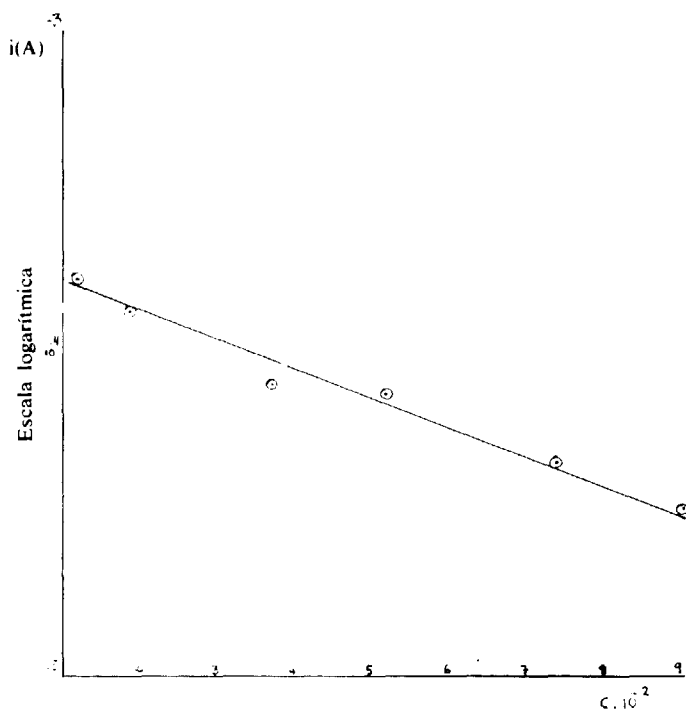
$$\log I = \log I_0 - k'cr \quad (2)$$

donde en la constante  $k'$  se ha englobado el factor de conversión  $\log e$

La ecuación (2) es la de una recta de cuya pendiente se podría calcular el coeficiente de absorción.

Los resultados que se reseñan en la tabla 1, así como los gráficos 1 y 2 que representan en papel semilogarítmico y milimetrado normal los datos mencionados, fueron obtenidos por un grupo de alumnos de COU del Instituto en una sesión de prácticas de dos horas de duración.

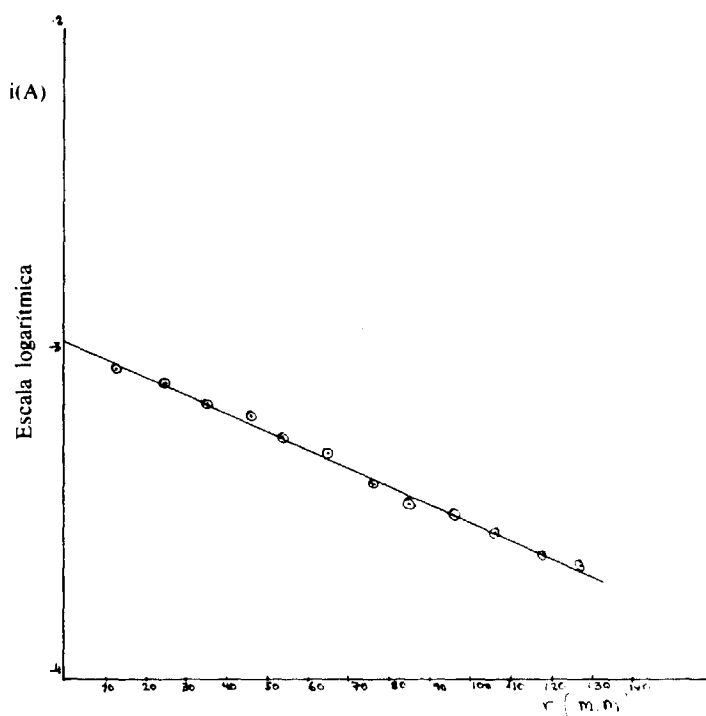
Gráfica 1



2. La segunda parte de la experiencia consiste en la medición de la intensidad de corriente que circula por el circuito en función del espesor del líquido coloreado empleando siempre la misma disolución.

Dado que la medición mínimamente precisa del nivel de líquido en un tubo de ensayo puede revestir alguna dificultad, se puede realizar la medida de la intensidad de corriente en función del volumen de disolución contenida en el tubo de ensayo. Para ello se prepara una disolución del complejo coloreado de concentración cualquiera y en varios tubos de ensayo iguales se vierten volúmenes conocidos de la misma, procediéndose a la medición de la intensidad de corriente que circula en cada caso. Los resultados se tabulan y representan como en el caso anterior.

Los resultados que se exponen en la tabla 2, así como las gráficas 3 y 4, han sido también obtenidos por un grupo de alumnos de COU del Instituto en una sesión de prácticas de Física de una hora de duración.



Gráfica 3

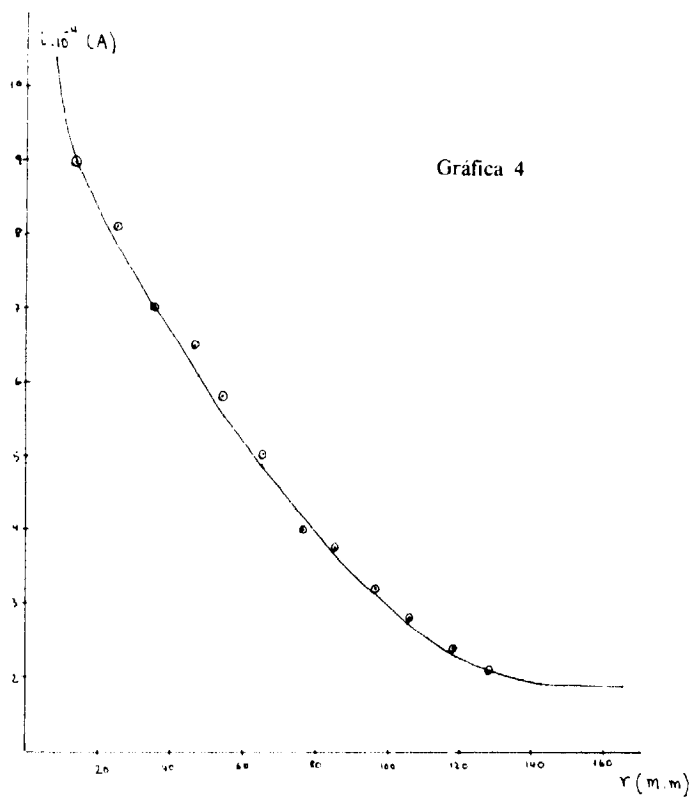


TABLA 1

Variación de la intensidad con la concentración

$c \cdot 10^{-2}$ (mol/litro)	$i$ (Amperios)
1,10	$1,70 \cdot 10^{-4}$
1,86	$1,35 \cdot 10^{-4}$
3,70	$8,00 \cdot 10^{-5}$
5,20	$7,50 \cdot 10^{-5}$
7,40	$4,60 \cdot 10^{-5}$
9,00	$3,30 \cdot 10^{-5}$

**TABLA 2****Variación de la intensidad con el espesor**

$i \cdot 10^{-4}$ (Amperios)	espesor, $r$ (mm)
9,00	13
8,10	25
7,00	35
6,50	46
5,80	54
5,00	65
4,00	76
3,75	85
3,20	96
2,80	106
2,40	118
2,20	128

---



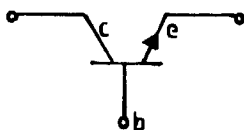
# *Diseño de un amplificador con emisor común*

José Ramón BLASCO FERNANDEZ\*

## **1. Introducción**

A grandes rasgos el transistor de unión NPN es un dispositivo electrónico de tres terminales compuesto por tres capas de semiconductores N, P y N, formadas por cristal de silicio, como el utilizado en esta experiencia, o de germanio, impurificadas con átomos que sustituyen a los primarios de la red cristalina y que tienen en su capa externa un número de electrones superior (N) o inferior (P) al de la capa externa del silicio, dejando electrones libres o huecos, respectivamente.

Las tres regiones de un transistor se denominan emisor (e), base (b) y colector (c). En el símbolo gráfico del transistor se pone una flecha en el terminal emisor, indicando el sentido de circulación de la corriente, cuando la unión emisor-base se polariza directamente.



---

\* Profesor agregado de física y química del I. B. «Goya», Zaragoza.

La aplicación fundamental del transistor es como amplificador de señales eléctricas (tensiones) pequeñas.

Cada dispositivo electrónico presenta unas curvas características que relacionan sus diversas magnitudes por las que se puede saber su comportamiento. Al transistor se le hace trabajar en un punto de esas curvas, llamado punto Q o de reposo, aplicando tensiones y corrientes continuas adecuadas. Una señal de entrada, por ejemplo la tensión entre base y emisor, dará origen a una señal de salida, tensión entre colector y emisor. Una señal lleva un mensaje en su forma. Si se modifica esencialmente ésta en una amplificación, la información se desvirtúa. Esta es la razón general de la exigencia de que la señal de salida tenga la misma forma que la de entrada.

El objetivo de este trabajo es la determinación de las corrientes y tensiones en continua, así como de los valores de las resistencias, que definen el punto Q, de manera que dada una señal alterna en la entrada  $v_i(t)$  entre base y emisor, se pudiera tener una señal en la salida  $v_o(t)$ , entre colector y emisor, amplificada en un determinado factor (ganancia de tensión).

El circuito utilizado fue el de la figura adjunta

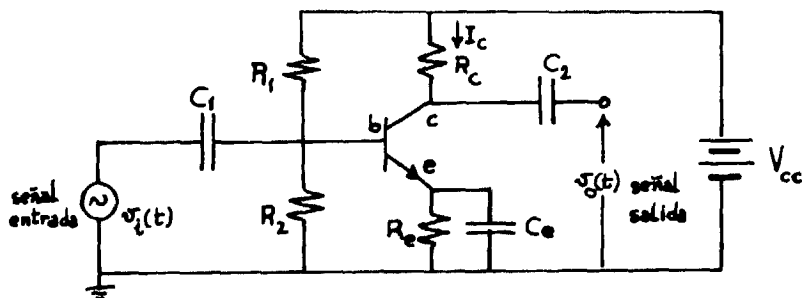


Fig. 2.—Etapa amplificadora en emisor común de un transistor NPN.

## 2. Polarización y punto de reposo

Los transistores tienen unas limitaciones de empleo dadas por el fabricante:  $V_{ce\ max}$ ,  $I_{c\ max}$ ,  $P_{c\ max} = I_{c\ lim} \cdot V_{ce\ lim}$ ; que son tensión colector-emisor, intensidad de colector y potencia máxima disipativa del colector, respectivamente. Se plantea ahora el problema de hallar el punto Q de reposo ( $V_{ce\ Q}$ ,  $I_{c\ Q}$ ), teniendo en cuenta las limitaciones anteriores, la forma de la señal respuesta y la ganancia en tensión.

Para el análisis en c.c. del circuito anterior conviene tener en cuenta que la frecuencia angular  $\omega$  es cero y que, en consecuencia, los condensadores abren el circuito ( $Z_C = 1/\omega C = 1/0 = \infty$ ).



Conviene obtener las ecuaciones que relacionan los grupos de magnitudes  $\{V_{be}, I_e, V_{ce}\}$  y  $\{V_{ce}, I_c, V_{cc}\}$ . Realizando la reducción que permite el razonamiento del apartado anterior, se puede obtener el circuito de la figura 3. Si en éste se hace una transformación de equivalencia física, se obtiene el de la figura 4.

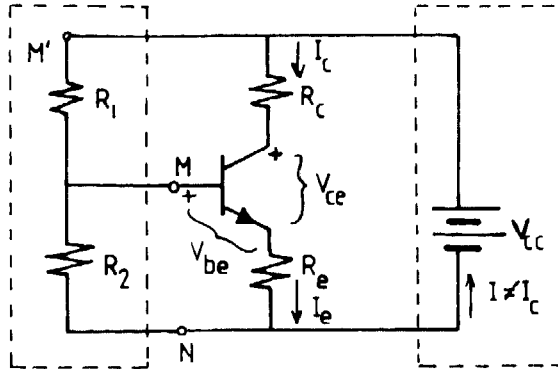


Fig. 3.—Circuito equivalente al de la Fig. 2 para el análisis en corriente continua.

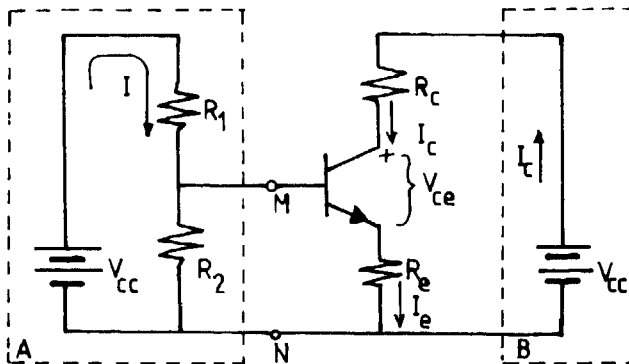


Fig. 4.—Circuito equivalente al de la Fig. 3, habiendo aplicado el Teorema de Thevenin

Los rectángulos a trazos de la figura 4 delimitan zonas físicamente equivalentes a los de la 3.

Por el teorema de Thevenin se puede hallar el circuito equivalente de la caja «A» entre M y N. Este teorema establece que un dipolo activo, circuito con dos terminales M y N y fuentes internas de tensión, es equivalente a un generador de tensión ideal, cuya tensión es la diferencia de potencial en circuito abierto entre M y N, en serie con una resistencia, que es la observable entre M y N cortocircuitando todos los generadores internos.

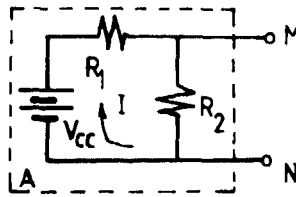


Fig. 5.—Circuito de la caja A.

En circuito abierto  $V_{MN} = I \cdot R_2$ , donde  $V_{cc} = I (R_1 + R_2)$  e

$$I = V_{cc} / (R_1 + R_2)$$

Es decir,  $V_{MN} = V_{cc} \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$

La resistencia observable  $R_b$  entre M y N, cortocircuitando el generador equivalente de tensión  $V_{cc}$ , es la composición en paralelo de  $R_1$  y  $R_2$ .

$$R_b = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

El circuito equivalente es el de la figura 6 y las ecuaciones asociadas al mismo

$$\begin{cases} V_{bb} = I_b \cdot R_b + V_{be} + I_e \cdot R_e \\ V_{cc} = I_c \cdot R_c + V_{ce} + I_e \cdot R_e \end{cases}$$

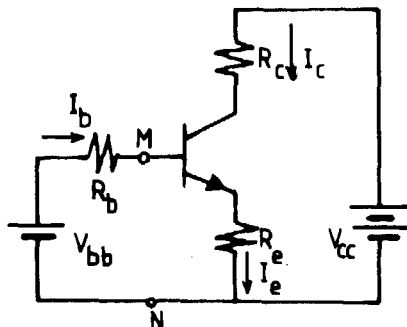


Fig. 6.—Circuito equivalente al de la Fig. 4, aplicando el Equivalente Thevenin entre M y N.

La ecuación (1) es de gran importancia porque determina el punto Q. Si se toman las curvas características  $I_c-V_{ce}$  del transistor, ver figura 7, sería conveniente restringirse a las zonas donde no se alcance  $I_{c\text{ max}}$ ,  $P_{c\text{ max}}$  y  $V_{ce\text{ max}}$ , cuando se determine Q, punto de funcionamiento del transistor. Regiones prohibidas en este sentido son las de corte y saturación

$$(I_c \leq 0 \text{ y } V_{ce} \approx 0).$$

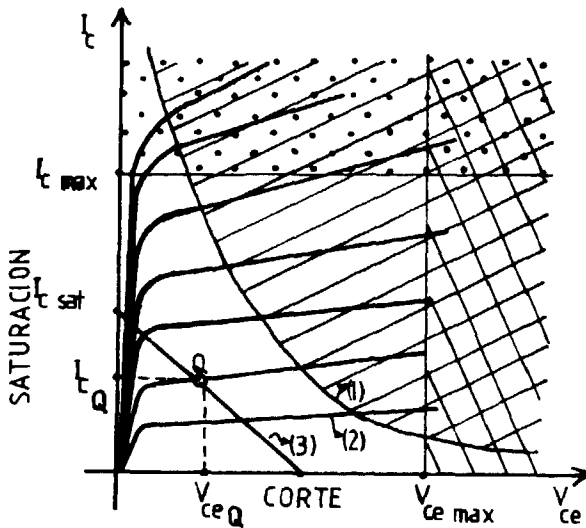


Fig. 7.—(1) Curva  $P_{ce\text{ MAX}}$ . (2) Familia de curvas  $I_c-V_{ce}$  ( $I_b$  cte) del transistor. (3) Recta de carga.

Conviene tener en cuenta que la potencia disipativa del transistor es debida, sobre todo, a la gran resistencia que aporta la zona desértica, más ancha al estar polarizada inversamente. Además  $I_b$  es muy pequeña, por lo que  $I_c \approx I_e$ . Esta es la causa de que la potencia disipativa tenga por expresión  $P_c \approx I_c \cdot V_{ce}$ . La ecuación (1) adopta esta nueva forma:

$$V_{ce} \approx I_c \cdot R_c + V_{ce} + I_c \cdot R_e$$

Y si se considera la igualdad

$$I_c (R_c + R_e) + V_{ce} = V_{cc} \quad (2)$$

En la figura 7 se representa el gráfico de la ecuación anterior, que suele denominarse «recta de carga estática». Según esta ecuación los valores máximos de  $I_c$  y  $V_{ce}$  son:

$$I_{c_{sat}} = V_{cc} / (R_c + R_e), \text{ cuando } V_{ce} = 0 \quad (3)$$

$$\text{y } V_{ce} = V_{cc} \text{ cuando } I_c = 0 \quad (4)$$

Estos valores no deberán ser superiores a los valores máximos dados por el fabricante. No obstante, dentro de esta limitación hay una gran libertad de elección de sus valores. Suelen tomarse normalmente valores intermedios de éstos.

Para el transistor NPN SC 107 de PIHER, cuyos datos característicos se adjuntan, las limitaciones son:

$$V_{ce_{max}} = 45 \text{ V}; I_{c_{max}} = 100 \text{ mA}; W_{max} = 250 \text{ mW}; V_{be} = 0,6 \text{ V}$$

Con estos datos característicos se puede hallar el punto de reposo  $Q(V_{ce}, I_c)$  y los valores de las resistencias  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_c$  y  $R_e$ .

Cálculo de  $V_{ce}$ .

Un tanteo inicial para la tensión de polarización  $V_{cc}$  conduce a tomar para  $V_{cc} \approx V_{ce_{max}}/2 = 45/2 = 22,5 \text{ V}$ . Se puede tomar para  $V_{ce} = 30 \text{ V}$  y para  $I_{c_{sat}} = 20 \text{ mA}$ .

La limitación en la elección de esta última magnitud, una vez seleccionada  $V_{cc}$ , viene impuesta por la circunstancia de que la recta de carga, en donde se ha de encontrar el punto de trabajo del transistor no debe cortar la curva de potencia máxima  $W_{max} = I_c \cdot V_{ce} = 250 \text{ mW}$ , para evitar que se dañe el transistor. Los puntos  $(V_{ce}, I_c)$  donde se supera la potencia máxima disipativa del transistor están en la zona de la figura 11, llamada «zona de potencia prohibida».

Observando las curvas características de salida del transistor, la recta de carga dibujada corta dos curvas de la familia  $I_b = \text{cte}$ , con parámetros  $I_b = 0,050 \text{ mA}$  e  $I_b = 0,100 \text{ mA}$ , por lo que en  $Q$   $I_b$  es muy pequeña frente a  $I_c$  y dado que  $I_c = I_b + I_e \approx I_e$ , se deduce la validez de la ecuación (2), ecuación de la recta de carga estática.

De (3) se puede obtener  $R_c + R_e$

$$30 = 0,020 \cdot (R_c + R_e) \quad (5)$$

De manera que  $R_c + R_e = 1,5 \text{ k}\Omega$

TRANSISTOR NPN SC 107 (PIHER)																													
CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS (a 25°C)																													
Parámetros	Condiciones de medida	Símbolo	min	norm	máx	Unidad																							
Ganancia de corriente para pequeñas señales	$I_c=10\text{ mA}; V_{ce}=5\text{ V}$ $f=100\text{ MHz}$	$h_{fe}$	15	33	-	-																							
Frecuencia de transición	$I_c=10\text{ mA}; V_{ce}=5\text{ V}$	$f_T$	150	330	-	MHz																							
Capacidad Emisor-Base	$V_{eb}=0,5\text{ V}, f=140\text{ KHz}$	$C_{ebo}$	-	8	-	pF																							
Capacidad Colector-Base	$V_{cb}=10\text{ V}, f=140\text{ KHz}$	$C_{cbo}$	-	28	4,5	pF																							
Factor de ruido		F	-	2	10	dB																							
Parámetros híbridos	$I_c=2\text{ mA}; V_{ce}=5\text{ V}$ $f=1\text{ KHz}$	<table><tr><th colspan="3">Grupo</th></tr><tr><th></th><th>A</th><th>B</th><th></th></tr><tr><td><math>h_{ie}</math></td><td>27 (1,6-4,5)</td><td>4,5 (3,2-8,5)</td><td>K<math>\Omega</math></td></tr><tr><td><math>h_{re}</math></td><td><math>15 \cdot 10^{-5}</math></td><td><math>20 \cdot 10^{-6}</math></td><td>-</td></tr><tr><td><math>h_{fe}</math></td><td>222 (125-260)</td><td>330 (240-500)</td><td>-</td></tr><tr><td><math>h_{oe}</math></td><td>18 (<math>\times 30</math>)</td><td>30 (<math>\times 60</math>)</td><td><math>\mu S</math></td></tr></table>					Grupo				A	B		$h_{ie}$	27 (1,6-4,5)	4,5 (3,2-8,5)	K $\Omega$	$h_{re}$	$15 \cdot 10^{-5}$	$20 \cdot 10^{-6}$	-	$h_{fe}$	222 (125-260)	330 (240-500)	-	$h_{oe}$	18 ( $\times 30$ )	30 ( $\times 60$ )	$\mu S$
Grupo																													
	A	B																											
$h_{ie}$	27 (1,6-4,5)	4,5 (3,2-8,5)	K $\Omega$																										
$h_{re}$	$15 \cdot 10^{-5}$	$20 \cdot 10^{-6}$	-																										
$h_{fe}$	222 (125-260)	330 (240-500)	-																										
$h_{oe}$	18 ( $\times 30$ )	30 ( $\times 60$ )	$\mu S$																										

Fig. 11.—Datos característicos del transistor utilizados en el diseño de la etapa amplificadora.

Para obtener  $R_c$  se recurre a la ganancia  $A_v$  en tensión del transistor

$$A_v = \frac{V_o(t)}{V_i(t)}$$

asignando a esta ganancia un valor, según se desee sea la amplificación, evitando grandes variaciones por la posibilidad del corte de la señal.

Calculada  $R_c$ , la resistencia  $R_e$  se obtiene aplicando (5)

Es conveniente que Q esté en la mitad de la recta de carga, para permitir la máxima variación de la señal alterna  $v_o(t)$  en la salida

$$V_{ce} = V_{cc} / 2 = \frac{30 \text{ V}}{2} = 15 \text{ V}$$

Cálculo de  $I_c$

De la ecuación (2):  $I_c \cdot 1500 + 15 = 30$

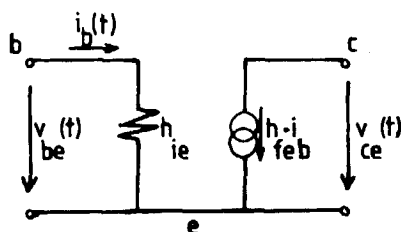
Obteniendo para la intensidad en el colector  $I_c = 10 \text{ mA}$ .

De manera que: Q ( $V_{ce} = 15 \text{ V}$ ,  $I_c = 10 \text{ mA}$ ).

3. Cálculo de las resistencias  $R_c$ ,  $R_e$ ,  $R_1$  y  $R_2$ . Análisis del circuito para pequeñas oscilaciones de la señal de entrada  $v_i(t)$  en torno del punto Q.

En la banda de frecuencias donde se va a usar el transistor, los condensadores se van a comportar como cortocircuitos. Para simplificar el análisis se pueden utilizar dos normas:

a) Sustituir el transistor por su circuito equivalente en parámetros h, en donde para el NPN SC 107



$$h_{fe} = 330 \text{ y } h_{ie} = 4,5 \text{ k}\Omega$$

b) Las fuentes de tensión continuas equivalentes se cortocircuitan en el modelo dinámico.

La ganancia de tensión  $A_v$  es

$$A_v = \frac{V_o(t)}{V_i(t)} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b(t) R_c}{i_b(t) \cdot h_{ie}} = -\frac{h_{fe} \cdot R_c}{h_{ie}} = -\frac{330}{4500} R_c$$

Si se desea una ganancia

$$A_v = -11, A_v = -11 = -\frac{330}{4500} R_c$$

de donde  $R_c = 150\Omega$  y dado que  $R_c + R_e = 1,5 \text{ k}\Omega$ , entonces  $0,150 + R_e = 1,5$   $\text{k}\Omega$  y  $R_e = 1,35 \text{ k}\Omega$ .

Una condición de protección del circuito es que  $Z_i$ , impedancia de entrada, sea bastante mayor que la resistencia de entrada del transistor, es decir, la composición de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  en paralelo mayor que el parámetro  $h_{ie}$ .

$$R_1 // R_2 \gg h_{ie} = 4,5 \text{ k}\Omega$$

Por ejemplo  $R_1/R_2 = 56 \text{ k}\Omega$ , es decir

$$\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 56$$

De la ecuación (1):

$$V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = I_b \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + V_{be} + (I_b + I_c) \cdot R_e$$

Sustituyendo valores:

$$30 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0,040 \cdot 56 + 0,60 + (0,040 + 10) \cdot 1,35$$

Obteniendo el sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0,55 \\ \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 56 \end{cases}$$

que conducen a las resistencias:  $R_1 \simeq 100 \text{ k}\Omega$   
 $R_2 \simeq 120 \text{ k}\Omega$

No obstante, en el mercado el grupo de resistencias del que se dispone es discreto, teniendo que tomar las resistencias más próximas a las halladas, lo que modificaría en parte la amplificación diseñada.

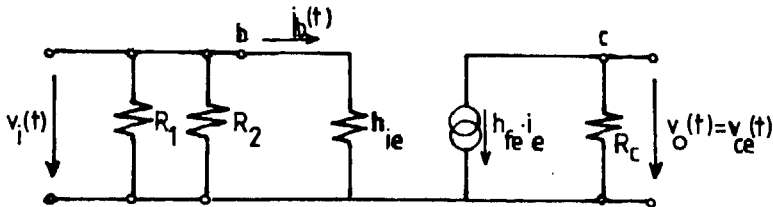
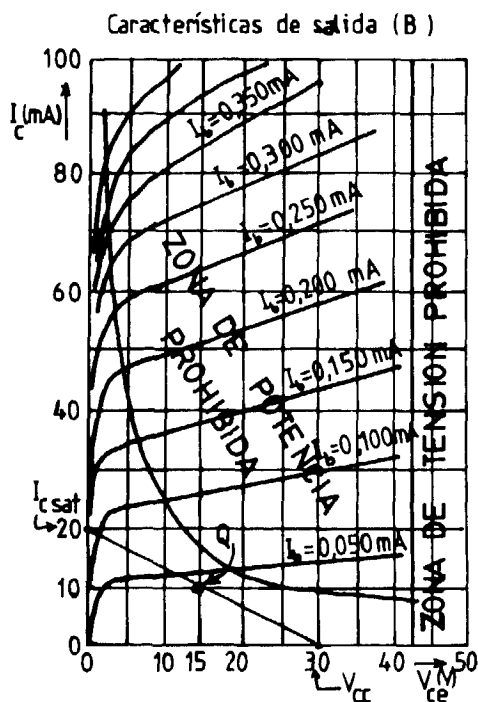


Fig. 10.—Circuito equivalente de la etapa amplificadora  $V_i(t)$ : señal de entrada.  $V_o(t)$ : señal de salida— $\bigcirc\bigcirc$ —generador ideal de intensidad.



## BIBLIOGRAFÍA

- MILLMAN, J., y HALKIAS, C.: *Dispositivos y circuitos electrónicos*, Ediciones Pirámide, Sociedad Anónima, Madrid, 1978.
- IOWENBERG, Edwin C.: *Circuitos electrónicos*, Ed. McGraw-Hill, Serie Schauna, México, 1971.
- BAILEY, F. J.: *Introducción a los semiconductores*, Ed. Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1976.



# *Rozamiento por deslizamiento*

## *Estudio experimental de un movimiento uniformemente acelerado*

Montserrat ZOIDO TINTORÉ \*  
y Miguel HERNÁNDEZ ZARANDIETA \*\*

### **1. Presentación y objetivos**

Las dificultades que se presentan cuando queremos estudiar experimentalmente un movimiento uniformemente acelerado, por la complejidad de los montajes a realizar o el no disponer de los materiales necesarios, nos han llevado al estudio de la siguiente práctica de laboratorio.

La experiencia consiste en el estudio del movimiento de deslizamiento de una bola por un sedal inclinado, como indica el esquema. La bola se desliza por el sedal gracias a un ganchillo que lleva incorporado, por el que la introducimos al sedal. Al igual que con una bola de este tipo, podría realizarse la práctica con un anillo, llavero...

Nos planteamos el tipo de movimiento que lleva la bola, y la posible determinación del coeficiente de rozamiento por deslizamiento de la misma sobre el sedal. Veremos si al lubricar el sedal con aceite obtenemos el mismo movimiento. Haremos una valoración de los resultados obtenidos por los métodos gráficos, empleados en el transcurso de la experiencia.

### **2. Fundamento**

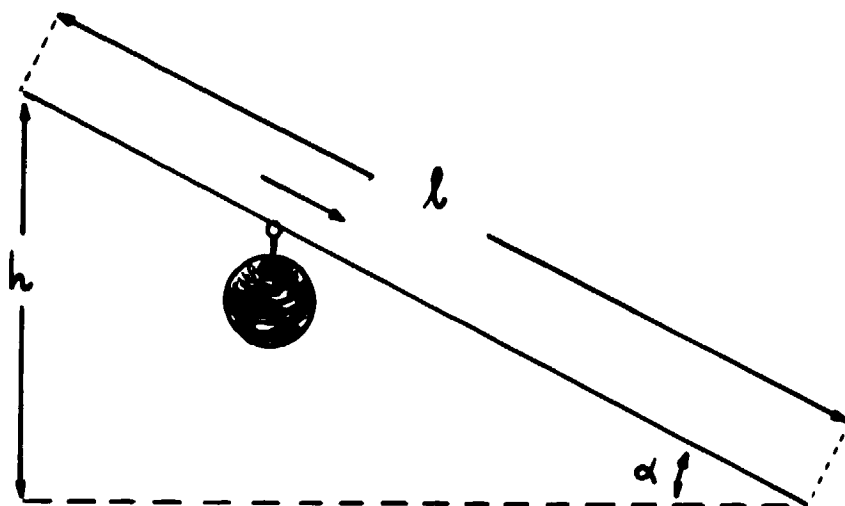
Al aplicar la ecuación fundamental de la Dinámica de Traslación al problema, obtenemos que la aceleración con que se mueve el sistema, en ausencia de fuerzas de rozamiento, es

$$a = \frac{F_x}{m} = g \cdot \sin \alpha$$

---

\* Licenciada en Ciencias Químicas.

\*\* Profesor agregado de física y química. «I. B. Padre Luis Coloma». Jerez de la Frontera.



Esquema

siendo  $\alpha$  la inclinación del sedal. El espacio recorrido por la bola,  $l$ , valdrá

$$l = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot t^2$$

siendo  $l_0$  y  $v_0 = 0$ . La altura descendida,  $h$ , en las mismas condiciones iniciales, vendrá dada por  $h = l \cdot \sin \alpha$ .

De estas expresiones, obtendremos los datos de  $l$ ,  $h$  y  $t^2$ , para valores de  $t$ . A partir de ellos, trazaremos las gráficas  $l-t^2$  y  $h-t$ , que serán las gráficas teóricas para deslizamiento. Prescindimos de dar estos valores.

Como cabe esperar que aparezcan fuerzas de rozamiento por deslizamiento, al plantear de nuevo el problema tendremos que

$$a = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)$$

El valor de la aceleración lo obtendremos de las gráficas  $l-t^2$ , de forma que siendo

$$l = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = k \cdot t^2$$

será  $k = \frac{1}{2} a$  el coeficiente angular de la recta. Esto nos permite determinar el valor del coeficiente de rozamiento,  $\mu$ ,

$$\mu = \frac{g \cdot \sin \alpha - a}{g \cdot \cos \alpha}$$

## 3. Material necesario, técnica experimental y resultados

Material necesario: sedal, bolas con ganchillos, cronómetro, metro y balanza. Accesorios: papel milimetrado, regla...

Para todas las experiencias se ha mantenido constante la longitud total del hilo,  $l = 412,1$  cm., y la altura total,  $h = 117,5$  cm., por lo que el ángulo de inclinación del sedal queda fijado en  $\alpha = 16,56^\circ$ . Las medidas de longitud vienen afectadas por un error de  $\pm 0,1$  cm.

Los tiempos han sido medidos de forma que, al dejar en libertad el sistema, se ha puesto el cronómetro en marcha, deteniéndose al oír su choque con un tope, fijado anteriormente. El cronometrador se encuentra de espaldas a la experiencia. Los tiempos presentan error de  $\pm 0,1$  s.

El sedal se tensa de forma que: a) no sufra inclinación al suspender el sistema, y b) no exista cabeceo en el sentido del movimiento ni transversalmente. En el transcurso de la experiencia es necesario tensarlo en ocasiones.

Para «g» tomamos el valor  $g = 981 \text{ cm/s}^2$ .

Los resultados obtenidos en las experiencias aparecen tabulados a continuación. En estas tablas es:  $l$  (cm), longitud de sedal recorrida;  $h$  (cm), altura a que se encuentra el móvil en ese instante;  $\bar{t}$  (s), tiempo medio empleado en recorrer los  $l$  (cm);  $n$  = número de veces que se ha realizado la medida de cada tiempo;  $\sigma_n$ , desviación estándar de la medida de tiempo, y  $\bar{t}^2$  ( $s^2$ ), cuadrado de  $\bar{t}$ .

### Experiencia «A»

Esta experiencia se realizó dejando deslizar la bola sobre el sedal. La masa del sistema es de  $65,820 \pm 0,001$  g.

$l$ (cm)	$h$ (cm)	$\bar{t}$ (s)	$n$	$\sigma_n$	$\bar{t}^2$ ( $s^2$ )
0	117,5	0	0	0	0
99	89,3	1,16	5	0,0489	1,35
160	71,9	1,52	5	0,0748	2,31
252,1	45,63	1,94	5	0,0489	3,76
331,6	22,96	2,20	5	0,0632	4,84
412,1	0	2,46	5	0,0489	6,05

### Experiencia «B»

Impregnando el sedal y el ganchillo de la bola con aceite, se han obtenido los valores que siguen. La impregnación se realizó en repetidas ocasiones.

l (cm)	h (cm)	t (s)	n	$\sigma_n$	t <sup>2</sup> (s <sup>2</sup> )
0	117,5	0	0	0	0
105	87,6	1	5	0	1
161	71,6	1,22	5	0,04	1,49
244,1	47,91	1,54	5	0,0489	2,37
343,6	19,54	1,84	5	0,0489	3,38
412,1	0	2,00	5	0	4

Al situar sobre el sedal una masa total de 125,945 g, en las condiciones de las experiencias «A» y «B», los resultados experimentales no difieren apreciablemente de los anteriores. Sí es preciso tensar el sedal más a menudo.

#### 4. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos en las experiencias «A» y «B», los llevamos a gráficas l-t<sup>2</sup> (gráfica 1) y h-t (gráfica 2).

En ambas, el trazo «t» corresponde al teórico sin rozamiento. El «A», al deslizamiento sobre el sedal y, el «B», al deslizamiento sobre el sedal impregnado de aceite.

El movimiento resulta ser, como esperábamos, uniformemente acelerado en los dos casos, descendiendo sensiblemente el rozamiento al poner aceite sobre el sistema. A partir de estos resultados, obtenemos

	$\operatorname{tg} \beta = k$	a (cm/s <sup>2</sup> )	$\mu$
Experiencia «A»	67,12	134,24	0,155
Experiencia «B»	89,44	206,05	0,078

Esto es, el coeficiente de rozamiento por deslizamiento se reduce a la mitad.

Para contrastar estos resultados gráficos con los obtenidos a partir de los datos experimentales, se obtuvieron las rectas de regresión (método de mínimos cuadrados). Para la recta de la Experiencia «A», obtenemos la

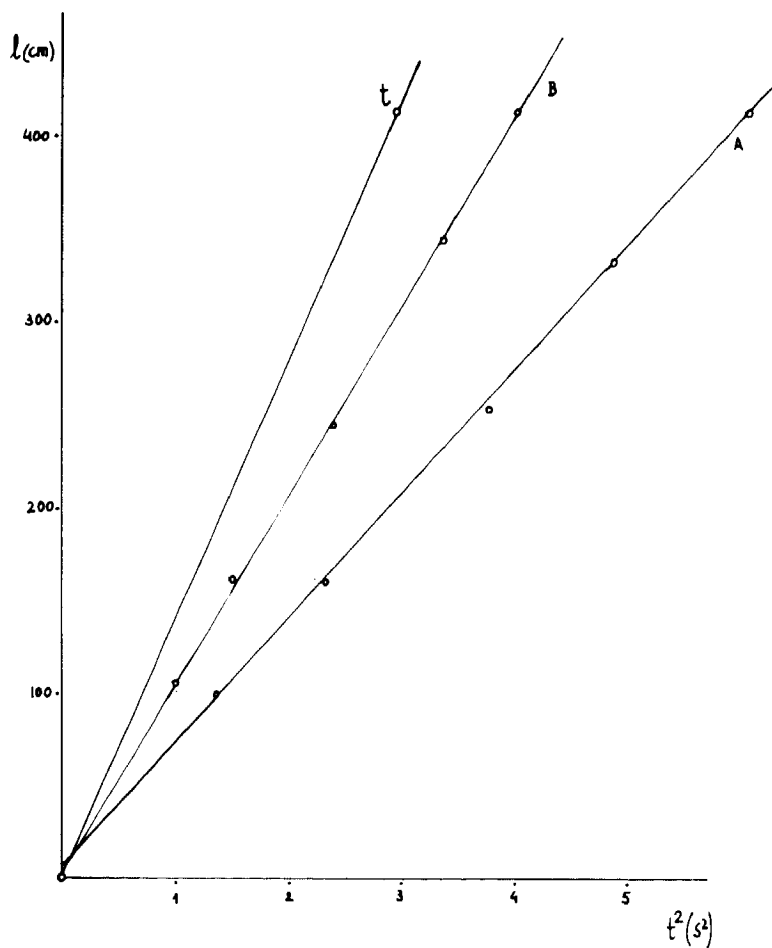
$$y = 67,59 \times + 2,87$$

y, para la Experiencia «B»,

$$y = 101,93 \times + 3,035$$

y, trabajando con estos resultados, obtenemos que

	$\operatorname{tg} \beta' = k'$	a' (cm/s <sup>2</sup> )	$\mu'$
Experiencia «A»	67,59	135,18	0,153
Experiencia «B»	101,93	203,86	0,080

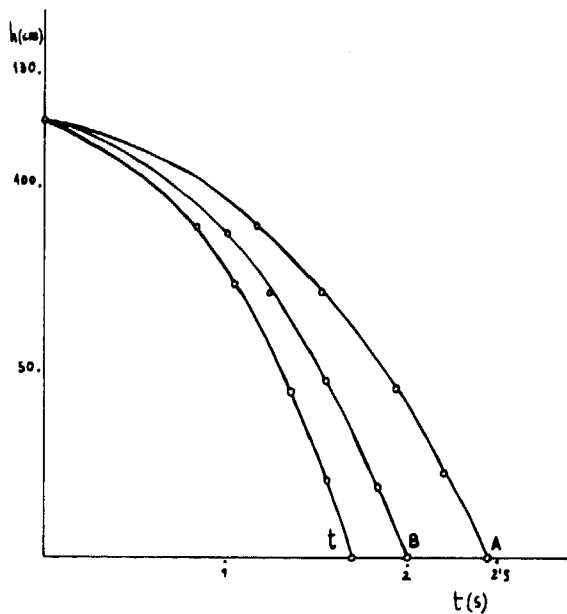


Gráfica 1

Al comparar estos resultados con los obtenidos por métodos gráficos, apoyamos los resultados conseguidos utilizando estos métodos.

## 5. Conclusiones

Entre las conclusiones que obtenemos de la experiencia destacamos: la posibilidad de estudiar experimentalmente un movimiento uniformemente acelerado, que podemos llevar a uniforme y al reposo sólo con variar la inclinación del sedal; disponer de un procedimiento para la determinación de coeficientes de rozamiento por deslizamiento; ver que este tipo de movimientos es inde-



Gráfica 2

pendiente de la masa del sistema y la revalorización de los métodos gráficos. En realidad, cualquiera de los compañeros que nos habéis leído, podéis obtener éstas y otras muchas conclusiones que, a nuestro entender, hacen interesante la experiencia.

# *Experiencias escolares con el osciloscopio*

Ramón LÓPEZ GUTIÉRREZ \*

## **Introducción**

El poco uso que solemos hacer los profesores del osciloscopio en el desarrollo de nuestra asignatura me ha inducido a elaborar una serie de prácticas que nos ayude a sacarle el máximo partido a un aparato que posee un nivel tan elevado de motivación para el alumno.

Al desarrollar las prácticas he partido de dos hechos generales en mi opinión:

A) Del desconocimiento y miedo del profesorado al uso del osciloscopio, por lo cual en los guiones de cada práctica especifico las posiciones de cada uno de los mandos para el osciloscopio que normalmente se encuentra en los laboratorios de BUP (CEMTYS, modelo 7252-B).

B) Del material existente en los laboratorios, por lo que para el montaje de las prácticas hacemos uso casi exclusivo del material de ENOSA.

Los datos referentes al osciloscopio y potenciómetros usados en las experiencias son orientativos. Cuando se utilicen polímetros hay que tener en cuenta que iremos moviendo el potenciómetro poco a poco, sin que la aguja del polímetro llegue al fondo de la escala.

Al final expongo una bibliografía donde se puede encontrar la teoría física y matemática de las distintas experiencias, así como el fundamento y funcionamiento del osciloscopio.

Las experiencias aparecen divididas en dos grandes grupos, las relativas al sonido y las de corriente eléctrica. Por último, se recomienda la lectura de las

---

\* Profesor agregado de física y química del I. B. «Fernando III», de Martos (Jaén).

instrucciones del osciloscopio, con el fin de obtener el máximo provecho y comprensión de cada montaje.

## **Sonido: intensidad, tono y timbre**

### **Objetivos**

El alumno observará cómo el sonido transformado en impulsos eléctricos mediante el micrófono aparece en la pantalla en forma de onda periódica.

El alumno relacionará la intensidad del sonido con la amplitud de la onda periódica, el tono con la frecuencia y la forma de la onda con el instrumento productor del sonido y, por tanto, con el timbre.

### **Material a utilizar**

Micrófono; puede servir uno de grabación en un cassette normal.  
Conexiones para el osciloscopio.  
Diapasón (ejemplo: a<sup>1</sup> 440) y mazo de goma.  
Tester con capacidad para medir resistencias.

### **Realización**

Se prepara el tester para medir resistencias. En el micrófono suele haber cinco clavijas: una está desconectada, dos son para el interruptor del micro y las dos restantes son activa y masa (la masa suele ser la del centro).

Con el micro en *off*, poniendo el tester para medir resistencias, conectamos la del centro (masa) el tester y vamos probando las demás clavijas; cuando se mueva la aguja del tester y haya chasquido en el micro habremos encontrado la activa.

Conectar la clavija masa del micro con masa del osciloscopio y la activa del micro con la vertical del osciloscopio.

Posiciones de los mandos en el osciloscopio CEMTYS, 7252-B:

- Amplificación vertical (botón superior) = al máximo.
- Amplificación vertical (botón inferior) = xl (máxima señal).
- Selector de barrido = 1.000 c. Frecuencia de barrido = 40.
- Amplitud horizontal = 70; que me ajusta la amplitud de barrido.
- Sincro: Es necesario que la frecuencia de la señal a observar en el eje Y y la aplicada en el eje X guarden una relación constante y exacta, que es generalmente un número entero de valor no muy elevado. Para este fin se usa el selector marcado *sincro*. Se puede colocar para esta práctica en dos posiciones: - INT o + INT, la diferencia en la pantalla es que donde antes aparecía un valle en la segunda posición aparecerá una cresta.



Conectar el osciloscopio a la red; dar brillo y enfocar imagen, situándola en la pantalla con los mandos de posición vertical y horizontal.

Excitando el diapasón más o menos, veremos en la pantalla la mayor o menor amplitud de la onda; este dato lo relacionaremos con la intensidad del movimiento ondulatorio. Este apartado también podemos realizarlo con un diapasón excitado eléctricamente, con lo que conseguimos que las ondas no se amortigüen en el transcurso del tiempo (figura 1).

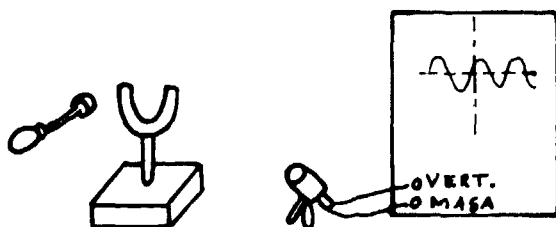


Figura 1

Produciendo un sonido grave y otro agudo (ejemplo: mediante un silbido), podemos ver en la pantalla la relación que existe entre el tono y la frecuencia.

A título orientativo, podemos ver la forma de las ondas producidas por el sonido de distintos instrumentos (flauta, armónica, etc.) y relacionarlas con el timbre.

## **Pulsaciones**

### **Objetivos**

El alumno observará la típica onda de las pulsaciones y comprobará (según los controles del osciloscopio) cómo la frecuencia de éstas es igual a la diferencia entre las frecuencias de las ondas individuales.

### **Material a utilizar**

Dos diapasones (ejemplo: a<sup>1</sup> 440); uno de ellos con masa desplazable. Dos mazos de goma. Micrófono.

### **Realización**

Hacemos el mismo montaje que en la práctica anterior.

Preparamos los dos diapasones de forma que tengan frecuencias muy próximas; esto lo conseguimos variando la masa desplazable en uno de ellos.

Posiciones de los mandos en el osciloscopio:

- Amplificación vertical (botón superior) = máxima.
- Amplificación vertical (botón inferior) = xl (máxima señal).
- Selector de barrido = 100 c. Frecuencia de barrido = 40.
- Amplitud horizontal = 30.

Excitando los diapasones a la vez, observaremos en la pantalla la curva característica de las pulsaciones (figura 2).

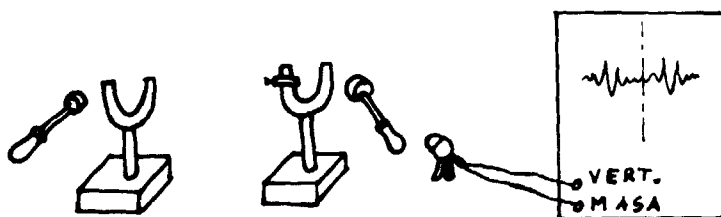


Figura 2

## **Electricidad.**

### **Condensadores en un circuito de corriente continua. Corrientes de carga y descarga**

#### **Objetivos**

El alumno observará cómo el cambio de voltaje que experimenta el condensador al cargarse y descargarse se pone de manifiesto en la pantalla por medio de una onda periódica.

#### **Material**

El material a utilizar se especifica en las figuras y es del equipo de Electricidad II o de Electricidad EE. MM. de ENOSA, el generador del «Equipo generador y proyector de ondas continuas en la superficie de los líquidos», SOGERESA y una pila de 4,5 V.

#### **Realización**

Se trata de observar en el osciloscopio la carga y descarga de un condensador. El circuito teórico es el de la figura 3, con un interruptor S que cambia alternativamente de posición y está en cada contacto, un tiempo igual a varias veces la constante de tiempo del circuito (RC).

El condensador es electrolítico de 25  $\mu\text{F}$ , y se debe conectar su armadura + con el + de la pila, teniendo cuidado de no poner los polos de distintos signos enfrentados. El circuito práctico sería el de la figura 4.

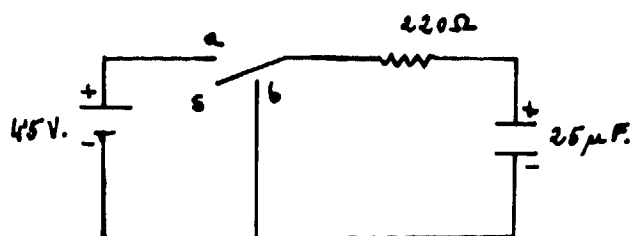


Figura 3

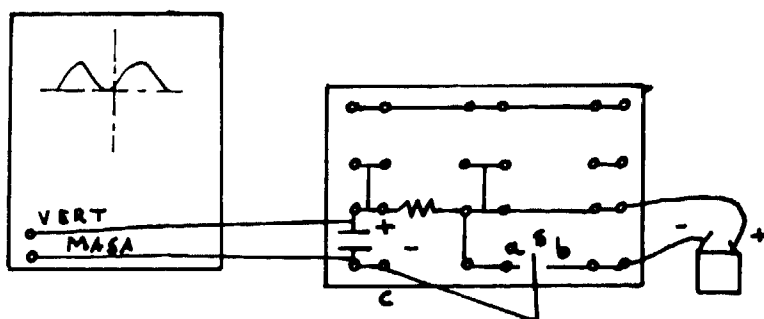


Figura 4

El problema de este montaje está en conseguir el interruptor S con las características indicadas anteriormente. La construcción sería: se toma un soporte de balanza magnética, una lámina metálica de pila de petaca (la de mayor longitud) y tres tornillos con sus respectivas tuercas, obtenidos de los portalámparas del equipo de Electricidad Elemental de ENOSA. Se monta según figura 5.

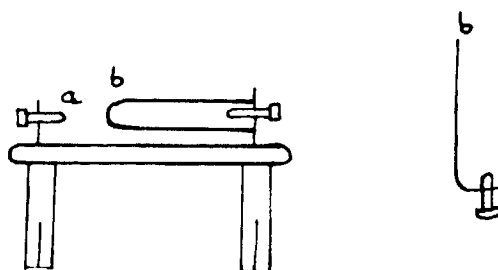


Figura 5

El interruptor S lo obtenemos con el generador de impulsos antes citado de Sogeresa, una abrazadera de plástico de las que se utilizan para fijar el cable de antena de televisión, lámina metálica grande de pila de petaca y un cable con clavija en uno de sus extremos; todos los elementos unidos entre sí, según figura 6.

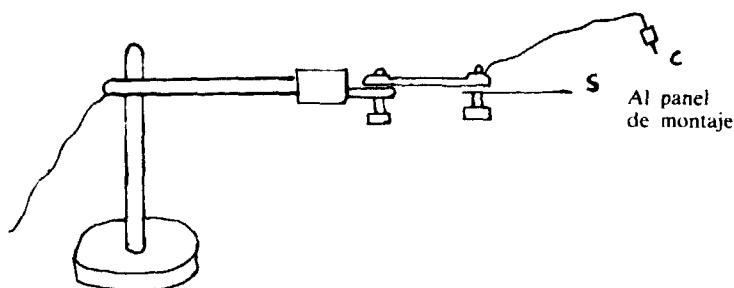


Figura 6

Este interruptor produce de forma conveniente los contactos alternativos de S en a y b; pero tiene la desventaja de que no permanece en cada contacto varias veces la constante de tiempo del circuito. Por este motivo, la figura que aparece en el osciloscopio no es la presentada en la figura 4, sino la de la figura 7.

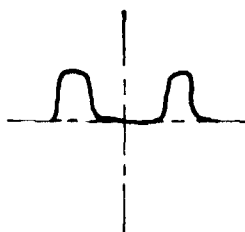


Figura 7

Posiciones de los controles del generador de impulsos y osciloscopio:

- Generador de impulsos: Posición lenta y frecuencia al máximo.
- Osciloscopio:
  - Amplificación vertical (botón superior)  $\approx 70$ .
  - Amplificación vertical (botón inferior)  $= \times 100$ .
  - Amplificación horizontal  $= 50$ .
  - Selector de barrido  $= 100$ . Frecuencia de barrido  $= 50$ .
  - Sincro  $= + INT$  o  $- INT$ .

Finalmente, conectamos el osciloscopio a la red, dejamos que se establezca la traza horizontal; y las entradas vertical y masa del osciloscopio a las armaduras del condensador, según figura 4.

Con un mecanismo más perfecto para el interruptor S, deberíamos obtener perfectamente las curvas características de carga y descarga del condensador en el osciloscopio.

## Circuito RLC

### Objetivos

El alumno comprueba experimentalmente el desfase entre la tensión e intensidad en un circuito RLC.

### Material a utilizar

El material es de ENOSA (Electricidad II o Prácticas de Electricidad EE.MM.) y se especifica en la figura 8. Además necesitamos un tester y dos pares de conexiones para el osciloscopio. El montaje del circuito podemos encontrarlo en los manuales de ENOSA anteriormente citados.

### Realización

Montamos el circuito de la figura 8. Ponemos un potenciómetro a la salida de la fuente (30 V c.a.) para adecuar al osciloscopio los potenciales que medimos. El cursor del potenciómetro lo situamos aproximadamente en la división 5.

Conectamos las entradas del osciloscopio según la figura 8.

Los mandos del osciloscopio Cemtys 7252-B los situamos en las posiciones:

- Amplificación vertical (botón superior) = 40.
- Amplificación vertical (botón inferior) =  $\times 100$ .
- Amplificación horizontal = 5. Selector de barrido = EXTR.

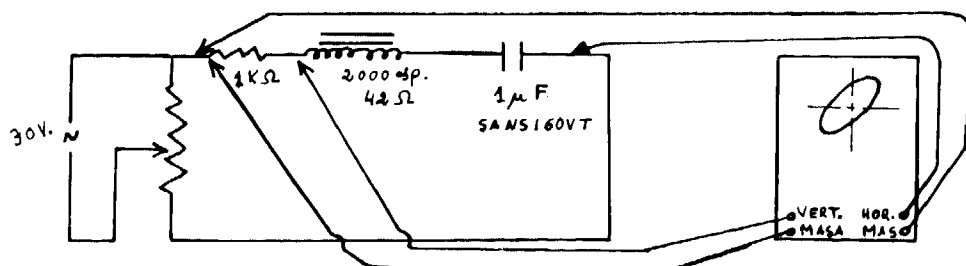


Figura 8

Conectamos la fuente y el osciloscopio a la red; damos brillo, enfocamos y centramos la imagen en la pantalla. La figura obtenida es una elipse descuadrada respecto a los ejes principales de la pantalla. El desfase entre la intensidad y el potencial entre los extremos del circuito lo calculamos según el método XY: figura 9.

$$\text{sen } D = A / B = 4,8 / 6, \text{ luego } D = 53,13^\circ$$

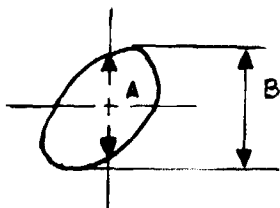


Figura 9

Esto nos indica que la señal vertical ( $V_R$  me indica la fase de la intensidad, por estar en R el potencial y la intensidad en fase) se encuentra desfasada  $53,13^\circ$  respecto a la horizontal (voltaje entre los extremos del circuito).

Normalmente este resultado no es correcto, pues este desfase está enmascarado con el desfase intrínseco que tienen las dos entradas del osciloscopio. Calculemos este desfase: conectamos las entradas del osciloscopio según la figura 10; cortocircuitamos las dos entradas de masa y la entrada vertical y horizontal. La señal puede ser la misma del circuito que estamos utilizando (d.d.p. entre los extremos de la resistencia y el condensador).

Posiciones de los controles en el osciloscopio:

- Amplificación vertical (botón superior) = al mínimo.
- Amplificación vertical (botón inferior) =  $\times 100$ .
- Amplificación horizontal = máxima.
- Sincro = EXT. Sincro EXT = mínimo.
- El cursor del potenciómetro aproximadamente en el 6.

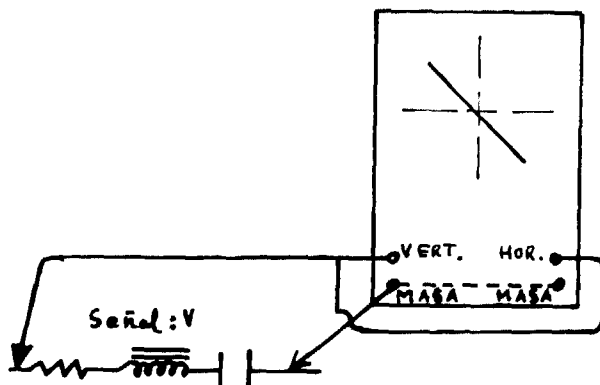


Figura 10

Con estas posiciones conseguimos que la señal tenga el mismo valor para cada entrada.

Conectamos la fuente y el osciloscopio a la red; enfocamos, damos brillo y centramos la imagen en la pantalla. La imagen obtenida es una recta inclinada  $45^\circ$  y situada en el  $2.^\circ$  y  $4.^\circ$  cuadrante; lo que nos dice que el osciloscopio con el que trabajamos tiene un desfase de  $180^\circ$ . Este desfase puede variar de unos osciloscopios a otros, e incluso en el mismo, cuando la medida se hace en distinto tiempo.

La diferencia de fase entre dos señales aplicadas sería igual al ángulo de desfasaje obtenido, menos la diferencia de fase intrínseca del osciloscopio con el que estamos trabajando. Para nuestro caso particular:

Dif. de fase =  $53,13 - 180 = -126,87$  o también  $53,13$ .

El desfase se hubiera visualizado mejor si nuestro osciloscopio tuviera dos trazas; de esta forma, aparecerían en la pantalla dos ondas por separado y podríamos apreciar cualitativamente mejor el desfase, aunque el método que hemos utilizado por exigencias del osciloscopio es más exacto.

Por último, nos queda comprobar el resultado obtenido:  $\tan D = V_L - V_C / V_R$ . Con el tester medimos:  $V_R = 19,5 \text{ V}$ ;  $V_L = 27,2 \text{ V}$ ;  $V_C = 60 \text{ V}$ ; luego  $\tan D = 27,2 - 60 / 19,5 = -1,68$ ;  $D = -52,27^\circ$ , que equivale a un desfase en valor absoluto de  $52,27^\circ$ , prácticamente igual al obtenido, salvo errores de medida e instrumentación. De igual forma podríamos haber obtenido el desfase mediante  $\sin D = V_L - V_C / V$ .

También podríamos haber montado prácticas análogas para calcular el desfase entre la intensidad y la tensión en circuitos R, RC y RL.

## **Rectificación de la corriente alterna. Rectificación de media onda mediante válvula**

### **Objetivos**

El alumno comprueba la alternancia en el signo del potencial, correspondiente al doble sentido de circulación de la corriente alterna; y el único signo del potencial en la corriente rectificada, correspondiente al único sentido de circulación de esta corriente.

### **Material a utilizar**

El correspondiente a la práctica «rectificación de corriente» de Electricidad II o de Electricidad EE.MM., ambos equipos de ENOSA. Además un par de conexiones aisladas para el osciloscopio.

### **Realización**

a) Primeramente vamos a observar la corriente alterna; para ello tomamos la fuente de alimentación de ENOSA y conectamos según figura 11, con los mandos del osciloscopio en las siguientes posiciones:

- Amplificación vertical (botón superior) = 30.
- Amplificación vertical (botón inferior) =  $\times 100$ .

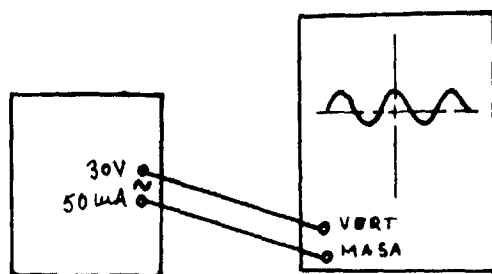


Figura 11

- Amplificación horizontal = 90.
- Selector de barrido = 100. Frecuencia de barrido = 50.
- Sincro = + INT o - INT.

Hecho el montaje, conectamos el osciloscopio; esperamos que la traza horizontal se estabilice y conectamos la fuente de alimentación a la red.

b) Observemos la corriente rectificada de media onda: Montamos la práctica de ENOSA citada en el material a utilizar, cuyo esquema sería el de la figura 12. El potenciómetro P de ENOSA está conectado por sus bornes de utilización.

- Puentesamos P y G del panel de curvas características para que la válvula actúe como diodo.
- El potenciómetro P regula la tensión de placa y el P<sub>i</sub> la intensidad de placa.

La corriente rectificada de media onda podemos observarla haciendo las conexiones de la figura 12 y manteniendo los controles del osciloscopio en las mismas posiciones que el apartado a.

## Rectificación de media onda mediante diodo de cristal

### Material a utilizar

Es de ENOSA y se especifica en las figuras 13 y 14.

### Realización

a) Corriente alterna sin rectificar. El montaje sería el de la figura 13.

Conectamos la fuente y el osciloscopio a la red, con los controles del potenciómetro y del osciloscopio en las posiciones:

- Amplificación vertical (botón superior) = 40.
- Amplificación vertical (botón inferior) =  $\times 100$ .
- Amplificación horizontal = 90.
- Selector de barrido = 100. Frecuencia de barrido = 50.
- Sincro = + INT o - INT.



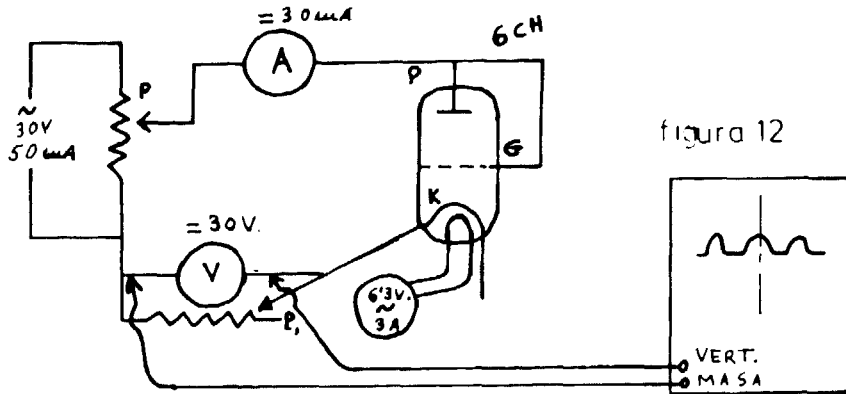


Figura 12

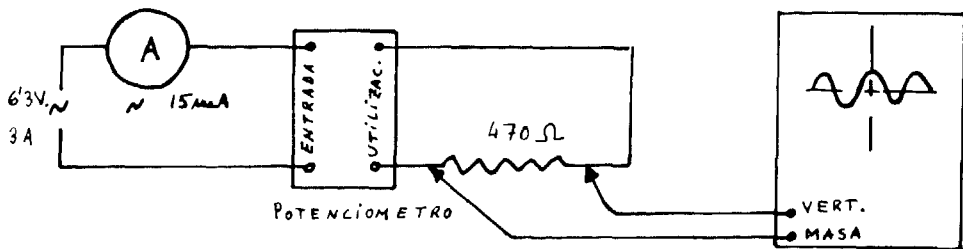


Figura 13

b) El montaje para la rectificación de media onda es el de la figura 14: El diodo puede ser de Si o Ge del equipo de Electricidad EE.MM. de ENOSA.

Los controles del potenciómetro y osciloscopio estarán en las siguientes posiciones:

- Potenciómetro = 20.
- Amplificación vertical (botón superior) = 20.
- Amplificación vertical (botón inferior) =  $\times 10$ .
- Amplificación horizontal = 90.
- Selector de barrido = 100. Frecuencia de barrido = 50.
- Sincro = + INT o - INT.

Conectamos el osciloscopio, dejamos que se estabilice y hacemos lo mismo con la fuente de alimentación: observamos así la corriente rectificada de media onda.

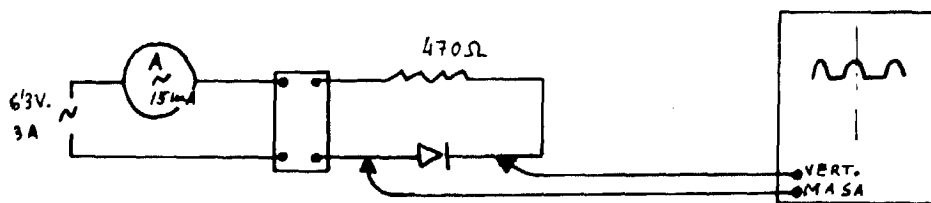


Figura 14

## Rectificación de onda completa mediante diodos

### Material

El material se especifica en la figura 16 y es del equipo de Electricidad EE.MM. de ENOSA.

### Realización

El circuito teórico es el de la figura 15; observamos que en la resistencia circula la corriente siempre en el mismo sentido. El circuito práctico es el de la figura 16. Los diodos pueden ser de Si o Ge.

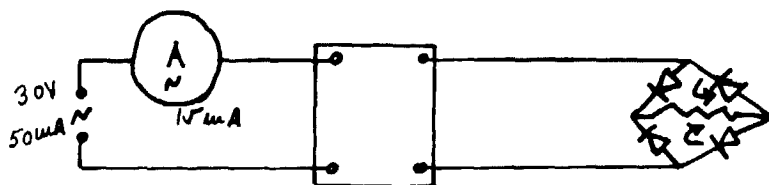


Figura 15

a) La corriente sin rectificar la podemos observar conectando el osciloscopio a las hembras de utilización del potenciómetro.

Los controles del potenciómetro y osciloscopio los situamos en las posiciones:

- Potenciómetro = 18.
- Amplificación vertical (botón superior) = 50.
- Amplificación vertical (botón inferior) =  $\times 100$ .
- Amplificación horizontal = 90.
- Selector de barrido = 100. Frecuencia de barrido = 50.
- Sincro = + INT o - INT.

Conectamos el osciloscopio a la red, esperamos que se estabilice; hacemos lo propio con la fuente de alimentación y observamos la corriente alterna sinusoidal.

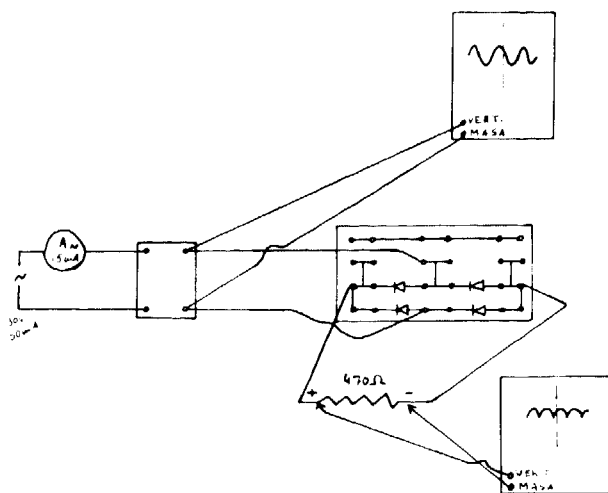


Figura 16

b) La corriente doblemente rectificada la podemos observar conectando el osciloscopio según la figura 16, entre los extremos de la resistencia. El potenciómetro y el osciloscopio conservarán sus controles en las mismas posiciones; así podremos observar la corriente rectificada de onda completa.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M., y Edward J. FINN. *Física*, vol. I. *Mecánica* y vol. II. *Campos y Ondas*. Fondo Educativo Interamericano. Aguilar, 1971.
- HALLIDAY, D. y R. RESNICK. *Física*, vol. II. México. Compañía Editorial Continental, 1965.
- LENK John D. *Cómo utilizar los osciloscopios*. Madrid. Paraninfo, 1980.
- DE MANUEL TORRES, Esteban, y SALINAS LÓPEZ, Francisco. *Física COU*. Zaragoza, Edelvives, 1978.
- DE MANUEL TORRES, Esteban, AVILÉS MARTÍNEZ, Manuel y MENDOZA EGUARRAS, Antonio. *Prácticas de electrónica para COU*. Granada, ICE. División de Orientación, 1979.
- PORTIS Alan M., HUGH D. Young. *Circuitos eléctricos. Berkeley Physics Laboratory núm. 6*. Barcelona, Reverté, 1974.
- REY PASTOR, J., y DE CASTRO BRZEZICKI A. *Elementos de Matemáticas*. Madrid, SAETA, 1967.
- SOLER, P., y NEGRO, A. *Física práctica básica*. Madrid, Alhambra, 1973.
- WHITE, H. E. *Física Moderna*. Barcelona, Montaner y Simón, 1965.
- Manual de prácticas. Electricidad II*. Madrid, ENOSA, 1972.
- Manual del equipo generador y proyector de ondas continuas en la superficie de los líquidos*, Sogeresa, 1972.



# Índice

	Pág.
Prólogo .....	5
PRELIMINARES	
<i>Reflexiones sobre los laboratorios en la enseñanza media</i> , por Jacinto Martínez Baldó .....	9
<i>La obtención de agua destilada en los centros de enseñanza</i> , por Juliana González Hurtado .....	23
<i>Montaje y utilización de un fotocolorímetro escolar</i> , por A. Quirante Candel .....	27
CIENCIAS NATURALES	
<i>Fauna silvestre protegida y animales para las experiencias didácticas de laboratorio</i> , por M. <sup>a</sup> Rosario Sánchez y Carlos José Hernández .....	37
<i>La fotografía aérea en la enseñanza media</i> , por Andrés J. Beltrán Algás, Ana Moreno Ilundain e Ignacio Sánchez-Carpintero ...	43
<i>Drosophila melanogaster: una especie idónea para la enseñanza de las ciencias naturales</i> , por Diego A. Blanco de la Cruz y M. <sup>a</sup> Victoria Mena Bellón .....	57
<i>Construcción de modelos en biología de COU. Genética molecular</i> , por José Francisco Ardévil González .....	65
<i>La cristalografía en el bachillerato: iniciación al estudio de esta ciencia</i> , por M. D. Ruis Cruz y G. Barceló Sierra .....	77
QUÍMICA	
<i>Un sencillo experimento en cinética química</i> , por A. Chamero Ferrer y M. <sup>a</sup> Alicia Pérez de Lis Martínez .....	95
<i>Análisis de algunas constantes y adulteraciones de la leche</i> , por Mario Goñi García .....	101
<i>Integración del mundo de la alimentación en el laboratorio de química</i> , por Fructuoso Conde y José Antonio López Cancio ...	111
<i>Experiencias sobre contaminación atmosférica</i> , por Jorge Molero Fernández, José Sáez Mercader y Antonio Soler Andrés .....	119
<i>La enología en el laboratorio</i> , por Sagrario Remacha González ..	129

	Pág.
<hr/>	
FÍSICA	
<i>Análisis físico-matemático de datos experimentales</i> , por M. <sup>a</sup> José Pascual Burgos y Carlos Sánchez Jiménez .....	147
<i>Análisis de un termistor</i> , por Agustín Aragón Canales y Consuelo Cagigas de Lafuente .....	159
<i>Construcción de un fotómetro elemental</i> , por José Bassols Sadurní, José Luis Alos Cortés, Soledad Horta Martí y Carmen Peris Ortega .....	165
<i>Diseño de un amplificador con emisor común</i> , por José Ramón Blasco Fernández .....	175
<i>Rozamiento por deslizamiento. Estudio experimental de un movimiento uniformemente acelerado</i> , por Montserrat Zoido Tintoré y Miguel Hernández Zarandíeta .....	185
<i>Experiencias escolares con el osciloscopio</i> , por Ramón López Gutiérrez .....	191

# CANCIONES POPULARES E INFANTILES ESPAÑOLAS



Este volumen, segundo de la colección FONOTECA EDUCATIVA, comprende cuatro "cassettes" sonoras que recogen, en cerca de cuatro horas de grabación, más de un centenar de CANCIONES POPULARES E INFANTILES ESPAÑOLAS, de diversa procedencia (canciones de autor; creadas por niños; de origen folklórico y popular).

Las canciones están interpretadas por niños, de tres a catorce años, acompañados de guitarra y otros instrumentos (castañuelas, crócalos, flauta dulce...).

Se incluye un libro de 252 páginas que comprende la partitura de cada canción, su texto y las actividades complementarias, con destino a Preescolar y los distintos ciclos de E.G.B.

Realizó la selección y dirigió la grabación: Montserrat Sanuy Simón.

Precio: 2.000 Ptas.

EDITA: SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA



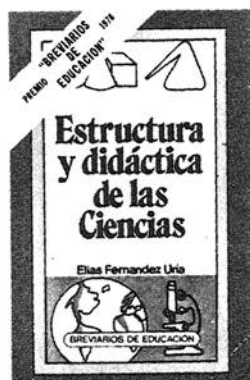
Venta en:

- Planta baja del Ministerio de Educación y Ciencia. Alcalá, 34. Madrid-14. Teléfono: 222 76 24.
- Paseo del Prado, 28. Madrid-14. Teléfono: 467 11 54. Ext. 207.
- Edificio del Servicio de Publicaciones. Ciudad Universitaria, s/n. Madrid-3. Teléfono: 449 67 22.

# PRODUCCIONES SOBRE FISICA Y QUIMICA DEL SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE EDUCACION

## EDICIONES:

- «Estructura y Didáctica de las Ciencias», Elías Fernández Uría. 400 ptas.  
(Número 5 de la colección «Breviarios de Educación».)  
«Enseñanza de la Física en la Universidad», Tomás Escudero Escorza. 300 ptas.  
(Número 2 de la colección «Estudios de Educación».)  
«Didáctica de la Física en la Universidad».  
(Serie «Formación del Profesorado». 100 ptas.



## DIAPOSITIVAS:

- Física:  
Magnitudes, fuerza, movimiento, gravitación, péndulo.  
BUP. 99 diapositivas. 1.500 ptas.
- Física:  
El motor eléctrico, el motor térmico de cilindros.  
BUP y FP. 153 diapositivas. 2.300 ptas.
- Química:  
La materia, propiedades. Átomos y partículas, propiedades atómicas, radioactividad. Enlace.  
BUP y EGB 2. 108 diapositivas. 1.650 ptas.



## PELICULAS (16 mm):

1. «El agua» (metros: 100; minutos: 9; precio: 6.050 ptas.).
2. «El carbono» (metros: 90; minutos: 8; precio: 5.500 ptas.).
3. «Compuestos químicos» (metros: 100; minutos: 9; precio: 6.050 ptas.).
4. «Constitución de la materia» (metros: 90; minutos: 8; precio: 5.500 ptas.).
5. «Halógenos» (metros: 110; minutos: 10; precio: 6.600 ptas.).
6. «El hidrógeno» (metros: 80; minutos: 7; precio: 4.950 ptas.).
7. «Metales alcalinos» (metros: 100; minutos: 9; precio: 6.050 ptas.).
8. «El oxígeno» (metros: 110; minutos: 10; precio: 6.600 ptas.).

### Venta en:

- Planta baja del Ministerio de Educación. Alcalá, 34. Madrid-14.
- Paseo del Prado, 28. Madrid-14.
- Edificio del Servicio de Publicaciones. Ciudad Universitaria, s/n; teléfono 449 77 00. Madrid-3.



# Repertorio básico de Arte

Se compone de 1.032 diapositivas, clasificadas en cinco cajas-archivo, mediante un sistema de bandejas funcional y práctico. Cada bandeja contiene 12 diapositivas con ficha informativa de cada una de ellas. Abarca desde la prehistoria hasta los movimientos artísticos contemporáneos, según el siguiente desarrollo:



Caja 1.: Prehistoria. Arte Ibérico y Celta. Civilizaciones Próximo Oriente, Egipto, Mesopotamia y Persia. Civilizaciones Extremo Oriente, India, China y Japón. Arte Americano. Prehispánico; Grecia. Roma; Arte Cristiano Primitivo.

Caja 2.: Arte Visigodo. Arte Asturiano; Arte Bizantino. Arte Islámico. Arte Románico; Arte Gótico. Arte Mudéjar.

Caja 3.: El Renacimiento: Arquitectura, Escultura y Pintura.

Caja 4.: El Barroco: Arquitectura, Escultura y Pintura. Pintura francesa e inglesa (siglo XVII y XVIII). Pintura en España (siglo XVIII).

Caja 5.: El Neoclasicismo. Movimientos artísticos contemporáneos.

Precio de la obra  
20.000 Ptas.

# Repertorio básico de geografía humana y económica

Destinado al 2º curso de B.U.P., comprende todo el temario programado para esta asignatura. Contiene 485 diapositivas, en cuarenta bandejas, con doce diapositivas en cada una, con su correspondiente ficha explicativa.

Su distribución es la siguiente:

1. Geografía de la población. 2. Tipos de paisaje y economía agraria. Otras actividades de explotación. 3. Economía industrial.
4. Geografía del comercio y del transporte. 5. Geografía urbana.
6. Los sistemas económicos. 7. Grados del desarrollo económico.
8. Los marcos nacionales y los supranacionales. Políticos y económicos.
9. Aspectos del sistema en el viejo mundo: El Mercado Común Europeo.
10. Un ejemplo del capitalismo multinacional: U.S.A.
11. Dos versiones del sistema socialista: U.R.S.S. y China.
12. El mundo negro. 13. El mundo árabe. 14. Los problemas de Iberoamérica.



Precio  
de la obra 10.000 Ptas.

**Edita: Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia**



Venta en:

- Planta baja del Ministerio de Educación y Ciencia. Alcalá, 34. Madrid-14. -- Paseo del Prado, 28. Madrid-14.
- Edificio del Servicio de Publicaciones. Ciudad Universitaria, s/n. Madrid-3. Teléfono: 449 67 22.



*Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia*