

## **Parte I**

---

# **Didáctica de la Física y la Química en Educación Secundaria y Bachillerato**



## ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA EN EUROPA: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS EDUCATIVOS.

*Mario F. Redondo Ciércoles*

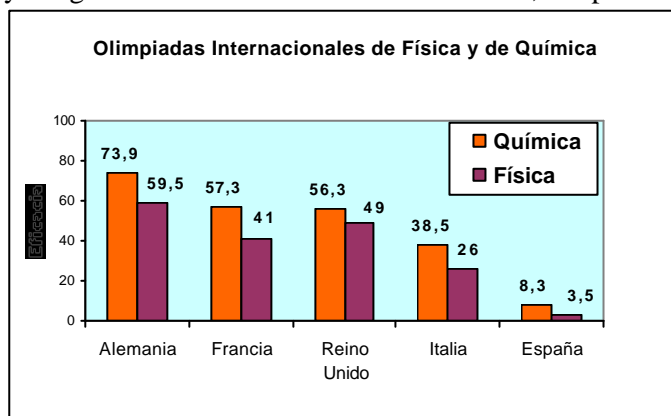
IES Arquitecto Peridis. Av. Alemania, 8 28916-Leganés. mario.redondo@madrid.org

*Se realiza un análisis de los sistemas educativos no universitarios de algunos países de la Unión Europea para compararlos con el sistema español y así explicar los malos resultados que tienen nuestros estudiantes en las pruebas internacionales, Olimpiadas de Física y Química e Informes PISA. La dedicación, la carga lectiva y el apoyo que los países europeos dan a la enseñanza de las Ciencias en Educación Secundaria es muy superior al que existe en España.*

### 1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las Ciencias en España, y de la Física y la Química en particular, ha sido poco valorada en las últimas reformas educativas (1) de la LOGSE ni de la LOCE, y tampoco lo será en la nueva LOE (2). Las Ciencias no se consideran importantes en la educación española (3), y su peso específico ha ido disminuyendo progresivamente (4). La razón puede ser que el aprendizaje de estas materias requiere un esfuerzo por parte de los alumnos que las estudian y es causa del fracaso escolar. Por ello, los legisladores deberían mejorarla para que dejase de ser la Cenicienta de la Educación (5). Para ello, los profesores han realizado propuestas (6) como: Una carga lectiva suficiente para impartirla con dignidad, potenciar el desarrollo de las prácticas de laboratorio, y un currículo más actualizado (7).

Las consecuencias de esta deficiente formación científica se observa en las pruebas internacionales cuyos resultados deben hacer reflexionar (8) a toda la comunidad educativa. En las pruebas de las Olimpiadas Internacionales, tanto de Física como de Química (9) y dirigidas a alumnos de 2º de Bachillerato, ocupamos posiciones muy por debajo de lo que España representa, e incluso son peores los resultados de las pruebas experimentales. También en la Olimpiada Científica de la EUSO, que valora la experimentación de equipos de alumnos de 1º de Bachillerato en Física, Química y Biología, obtenemos resultados muy pobres. A ello hay que añadir los pésimos informes PISA, tanto del año 2000 como del 2003 (10), que miden la capacidad de resolver problemas de tipo científico en alumnos de 15 años.



Esta desventaja que España tiene con respecto a otros países, sobre todo de nuestro entorno europeo, es la razón por la que realice un análisis comparativo con otros países.

## 2. ITALIA

La ley de educación se ha reformado en el año 2003 y la enseñanza secundaria, que se rige por una norma estatal, comenzará a impartirse en el curso 2005/2006. La enseñanza obligatoria abarca desde los 8 años hasta los 14. La Educación Secundaria está dividida en dos niveles (11):

- Educación Secundaria de 1º grado, *scuola media*, que va desde los 11 hasta los 14 años y dura 3 cursos impartidos en un solo ciclo.
- Educación Secundaria de 2º grado, *liceos*, es postobligatoria, y va desde los 14 hasta los 19 años, impartándose en 5 cursos.

Esta última enseñanza se divide en varias modalidades u órdenes que se imparten en distintos liceos, entre los que destacan: clásico, científico, lingüístico, ciencias sociales, tecnológico, etc., parecidos a nuestros institutos.

La Educación Secundaria de 1º grado corresponde casi al Primer Ciclo de la ESO; en ella se imparten 8 materias, siendo una de ellas una combinación de Matemáticas, Física, Química y Biología, con una carga lectiva de 6 horas semanales. Una de las dificultades está en la especialización del profesorado, puesto que puede dar dichas materias tanto un biólogo como un matemático.

La Educación Secundaria de 2º grado corresponde al Segundo Ciclo de la ESO y Bachillerato, pero en Italia dan un año más y los estudiantes acaban la Secundaria con 19 años. Hay que destacar que a pesar de estar diferenciada en los distintos liceos, en todos ellos se imparte tanto Física como Química, y siempre de forma separada, aunque se den pocas horas en cada curso.

Liceo	Física	Química
Clásico	6 horas/semanales, en 3 cursos	9 horas/semanales, en 4 cursos
Científico	13 horas/semanales, en 5 cursos	13 horas/semanales, en 5 cursos
Lingüístico	4 horas/semanales, en 2 cursos	8 horas/semanales, en 4 cursos
CC. Sociales	6 horas/semanales, en 3 cursos	9 horas/semanales, en 4 cursos

En el Liceo Científico se imparte en 1º y 2º cursos 2 horas semanales, tanto de Física como de Química, y 3 horas en 3º, 4º y 5º. La estructura de todos los liceos es muy similar y las materias comunes son semejantes, de tal forma que se puede cambiar de uno a otro sin dificultad. Sólo en los últimos cursos hay algunas diferencias. Es importante destacar que los estudiantes italianos no padecen el galimatías español de las optativas, ya que sólo tienen una optativa que puede ser de profundización en materias de ciencias o de letras. En Italia tiene mucho peso la Cultura Clásica, y se echa en falta más horas de Matemáticas y algunas más dedicadas a Biología.

### 3. ALEMANIA

En Alemania la educación (12) depende de los estados federados, *Lander*, aunque hay un convenio de homogeneización del sistema de enseñanza para unificar criterios y que está regido por la Reunión Permanente de Ministros de Educación. La enseñanza es obligatoria desde los 6 hasta los 18 años.

Los niveles de enseñanza alemanes son los siguientes:

Nivel	Edad	Cursos
<i>Grundschule</i> (Ed. Primaria)	6 a 10	1º a 4º
<i>Orientierungsstufe</i> (Ciclo de Orientación)	11 a 12	5º y 6º
<i>Sekundarstufe I</i> (Ed. Secundaria I)	12 a 16	7º a 10º
<i>Sekundarstufe II</i> (Ed. Secundaria II)	16 a 19	11º a 13º

En algunos *Lander* el ciclo de orientación está incluido en la Educación Secundaria y en otros en la Primaria. La función de dicho Ciclo de Orientación es derivar a los alumnos a las distintas escuelas de Secundaria que existen en Alemania: *Hauptschule*, *Realschule*, *Gesamtschule* (escuelas comprensivas) y los *Gymnasium*. Son estos últimos los que más se parecen a nuestros institutos, siendo el resto de escuelas de tipo profesional o básico. En los *Gymnasium* es donde se ofrece una enseñanza secundaria más profunda e intensificada que permite a los estudiantes el acceso a la Universidad después de haber superado el *Abitur*, que es una prueba de madurez semejante a nuestra Selectividad.

El Ciclo de Educación Secundaria II está dividido en 3 áreas o modalidades:

- Lengua, Literatura y Arte.
- Ciencias Sociales
- Ciencias Naturales y Tecnología.

Los alumnos cursan muchas materias. La Física se imparte siempre de forma separada de la Química en toda la Educación Secundaria. La Física se da desde el 7º curso, o sea desde los 12 años, y la Química se da desde el 9º curso (3º ESO). En general, las horas dedicadas a estas materias es la siguiente: en el Ciclo de Orientación, 5º y 6º, se imparte como Ciencias de la Naturaleza con dos horas semanales. En Educación Secundaria I, tanto en Física como en Química se dedican entre 1 y 2 horas en 7º curso (1º ESO); 2 horas en 8º (2º ESO) y 3 horas semanales en 9º y 10º (3º y 4º ESO), siempre separadas. En Educación Secundaria II, que corresponde al Bachillerato español pero con un año más, en las áreas no científicas se imparten 2 horas de Física y 2 horas de Química en el 11º curso, y 2 horas de Química y 3 horas de Física en el área de Ciencias. En los cursos 12º y 13º depende de los *Lander*, pero puede llegar hasta 6 horas semanales. Se da mucha importancia a los laboratorios, que tienen buenas dotaciones. Se imparten pocas horas en cada curso, pero se dan desde niveles muy tempranos. A pesar de las condiciones tan favorables, los estudiantes alemanes no eligen mayoritariamente en la Universidad la carrera de Química ni la de Física.

#### 4. FRANCIA

La enseñanza en Francia (12) está regulada por el Estado a nivel nacional. En estos momentos es objeto de una reforma. La Educación Secundaria está dividida en dos etapas: Educación Secundaria propiamente dicha que abarca 4 cursos y va desde los 12 hasta los 16 años, igual que en España, y el Bachillerato (*Baccalauréat*) que consta de tres cursos y va desde los 16 hasta los 19 años.

La Educación Secundaria se estudia en los Colegios, *Collèges*, y los cuatro cursos se organizan en tres ciclos:

- Curso 6° (1° ESO, 12 años): Ciclo de Transición, preparatorio para los estudios de Secundaria.
- Curso 5° y 4° (2° y 3° ESO): Ciclo de Consolidación de los conocimientos y capacitaciones de la etapa.
- Curso 3° (4° ESO): Ciclo de Orientación, para que los estudiantes elijan el tipo de Bachillerato que quieren hacer.

En el 6° curso no hay optativas y las Ciencias se estudian de forma integrada con 1,5 horas a la semana. En los cursos 5°, 4° y 3° sólo hay una optativa y la Física y Química aparecen juntas como materia común a todos los alumnos, con 2 horas a la semana. El Bachillerato se imparte en los liceos y se organizan en tres modalidades: General, Tecnológico y Vocacional. Este último consta de cuatro cursos y corresponde a los ciclos formativos españoles. Los otros dos son parecidos al Bachillerato español. Los 3 cursos son los siguientes:

- Curso 2° (1° Bachillerato): Ciclo de Determinación, que permite a los alumnos elegir posteriormente el itinerario más adecuado a su perfil. Las materias comunes son nueve, entre las que se encuentran la Física y la Química, ya separadas y con un tiempo de dedicación de 3,5 horas a la semana más una hora de laboratorio, y dos materias optativas que figuren en el itinerario a seguir. Entre dichas optativas figura la Física y Química de Laboratorio, de 3 horas semanales.

- Curso 1° y Terminal (2° Bachillerato y preparatorio para la Universidad) vienen marcados por los posibles itinerarios. En el Bachillerato General, que es el más común, tiene tres vías posibles: Científico (S), Económico y Social (ES) y Literario (L).

Hay 9 materias obligatorias entre las que están Física y Química. Tienen una materia de especialidad obligatoria de Ciencias y dos materias optativas del ámbito de las humanidades. Es destacable que el número de materias optativas es reducido y no representa más del 10% y son de 3 horas solamente. En el curso Terminal aparece una materia de especialidad que sirve para profundizar en las materias comunes y entre las cuáles aparece TPE (*Travaux Personnels Encadrés*) cuya idea es que los alumnos formando grupos realicen un pequeño trabajo de investigación o proyecto. En este curso los itinerarios se desdoblán en cinco o seis vías. En las vías no científicas, existe una materia común de “Enseñanza Científica” con 1,5 horas a la semana, semejante a la que el MEC quiere implantar en España. En el 1° curso, tanto la Física como la Química aparecen con 4 horas a la semana, repartidos en dos horas teóricas y dos prácticas, y en el curso Terminal, tienen 5 horas a la semana, divididas en 3 horas

teóricas y 2 prácticas. Con esa dedicación es fácil suponer una buena preparación para estudios superiores, si contamos que pueden elegir como optativas una profundización de algunas de las materias elegidas, como por ejemplo de Física o Química. Además tienen diseñados las prácticas de laboratorio de forma obligatoria en el currículo y se evalúa separadamente, contando para la nota final, tanto en Física como en Química. Una de las desventajas es que se cursan demasiadas materias.

## **5. REINO UNIDO**

La Educación Secundaria Obligatoria (12) está dividida en dos niveles: *Key stage 3*, que va desde los 11 a los 14 años, tres cursos, parecido a nuestro primer ciclo pero con un año más, y *Key stage 4*, que va desde los 14 a los 16 años, dos cursos igual que el 2º Ciclo de la ESO español. Posteriormente está la Educación Secundaria postobligatoria que consta de dos cursos, y va desde los 16 a los 18 años, y corresponde nuestro Bachillerato. El Reino Unido es, junto con España, el único país donde el Bachillerato se estudia en dos años, con la salvedad que en el Reino Unido tienen un año más de Educación Secundaria (en total 7 cursos). La reforma del año 2000 ha afectado a los cursos superiores sobretodo.

Muchas de las escuelas de Secundaria inglesas son del tipo Comprensivo, *Comprehensive Schools*, y por tanto no son selectivas, otras sí que realizan una selección de sus alumnos por sus capacidades, y son las llamadas *Grammar Schools*. Desde 1994 se está desarrollando el programa de Escuelas de Secundaria Especialistas, cuyo currículo se hace a nivel Nacional. Hay bastantes escuelas entre las que destacamos: Colegios Tecnológicos, Ingeniería y Ciencias (que se inició en el curso 2002/2003). En la reforma actual, desarrollada a partir del curso 2002/2003, una de las estrategias marcadas ha sido la ampliación del currículo y de la carga lectiva de las Ciencias, junto con otras materias como las Nuevas Tecnologías.

Tanto en el *Key Stage 3* como en el 4, se incluyen como materia obligatoria las Ciencias, donde la Física y Química se estudia junto con la Biología, siguiendo un modelo de Ciencia Integrada. El último curso se ha flexibilizado desde 2004, pero mantiene como obligatoria las Ciencias. En la educación postobligatoria la Física se separa de la Química, y los itinerarios son más racionales que los españoles. Además se imparten en mayor profundidad, llegando a dar 6 horas semanales, incluyendo 1,5 horas de laboratorio.

## **6. SUECIA**

Es el Estado (13), a través de la Dirección Nacional de Educación Escolar quien establece los programas de enseñanza. Corresponde a los municipios y diputaciones el desarrollo de la educación, es un modelo parecido al español. La enseñanza obligatoria va desde los 7 a los 16 años y la Ley General de Educación Escolar data de 1995. Tiene dos etapas básicas: Educación General Básica (EGB) y la Educación Secundaria. La Educación General Básica abarca la enseñanza obligatoria, desde los 7 a los 16 años, es muy amplia e incluye la ESO. Realizan un examen al finalizar la etapa en el 9º curso. En los tres últimos cursos los profesores son especialistas en las

materias que imparten, las materias se dividen en seis sectores en el que hay Ciencias Naturales, incluyendo la Física, Química, Biología y Tecnología, y representa el 12 %.

La Educación Secundaria dura tres cursos, y va desde los 16 hasta los 19 años, uno más que en España. En esta etapa existen 17 programas de enseñanza distintos para que los alumnos elijan; 14 de ellos son de tipo Profesional y los tres restantes corresponden a programas para el acceso a la Universidad, que son: Ciencias Naturales, Ciencias Sociales y Tecnología. En ellos hay materias comunes y específicas del programa. Al final de la etapa se realiza una Prueba Nacional. Si se requiere para el acceso a algunas Universidades se puede hacer una Prueba de Acceso a la Universidad.

Hay una tendencia a que la enseñanza obligatoria se imparta en un mismo Centro y bajo una misma etapa.

## **7. FINLANDIA**

La enseñanza obligatoria (12) va desde los 7 hasta los 16 años y se imparte en escuelas de Primaria. El Bachillerato finlandés tiene tres cursos y va desde los 16 hasta los 19 años y se divide en dos clases: General y Vocacional. El primero tiene un carácter genérico y sirve como preparatorio para la Universidad o estudios politécnicos, y el segundo es equivalente a nuestros ciclos formativos.

En la Educación Básica, en la que se suma la Educación Primaria y la Secundaria, se imparte en 9 cursos que se dividen en tres ciclos de dos cursos. La Física y Química se imparte como Ciencia integrada en los cursos que corresponden a 2º y 3º de Primaria, pero a partir de 4º se imparte Física y Química con 2 horas semanales, y son 7 horas semanales entre los 3 cursos en el último ciclo (2º a 4º ESO). La diferencia es abismal respecto a España; allí son todas obligatorias y la optatividad queda reducida a una materia solamente. La enseñanza en Ciencias comienza a edad muy temprana permitiendo a los alumnos tener un conocimiento más profundo. Por ello es el número uno en el Informe PISA. En el Bachillerato existen materias comunes y de especialización, dedicándole especial atención a las Ciencias del Medio Ambiente.

En Bachillerato el sistema es diferente, puesto que los alumnos deben cumplir un número mínimo créditos. Las materias tienen un mínimo obligatorio que deben elegir todos los alumnos. Para Física y Química son de 38 horas en un curso cada una, puesto que están separadas. Esto significa que todos los estudiantes de Bachillerato, tanto de Letras como de Ciencias las estudian y además pueden ampliar; así en Física cursan como mínimo 304 horas, y en Química 152 horas para especializarse en Ciencias en Bachillerato, mientras que en España sólo se estudian 140 obligatorias entre Física y Química. Tienen previsto en la reforma que aplicarán en el verano 2005, ampliar los cursos de Química entre otras materias.

## **8. DINAMARCA**

Tiene 9 años de enseñanza obligatoria (14), siendo el Ministerio quien fija los planes de estudio. La Enseñanza Primaria abarca 10 cursos, desde los 6 hasta los 16 años, y la Educación Secundaria tiene tres cursos, va desde los 16 hasta los 19 años y

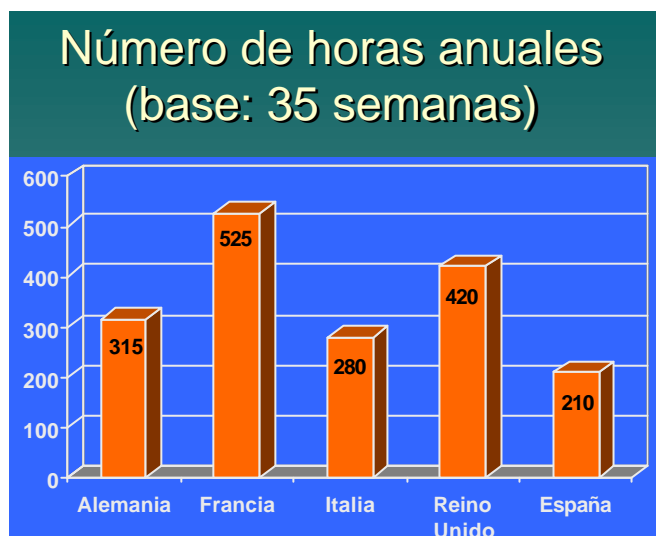


no es obligatoria. Al final se realiza un examen reválida (STX) en tres niveles diferentes. En la Educación Secundaria existen dos líneas: Lengua y Matemáticas. En la línea de Matemáticas se estudia Física y Química separadas. Además éstas y otras materias se pueden impartir en distintos niveles, como los dobles currículos de Matemáticas. En la línea de “Letras” se imparte una materia de Ciencias con 79 horas al año el 1º curso y 108 horas en el 2º curso, y en la línea de “Ciencias” imparten entre 1º y 2º cursos 5 horas semanales tanto de Física como de Química, que se dan por separado, y en el 3º curso se imparten aproximadamente 3,5 horas semanales de cada una de ellas.

## 9. CONCLUSIONES

Del análisis anterior se deduce la gran diferencia que el tratamiento de la Física y la Química tienen en los países europeos con respecto a España, y es fácil comprender que los resultados de nuestros estudiantes en las pruebas europeas sean tan poco favorables, debido a la poca consideración mostrada en España por la enseñanza de las Ciencias (15).

El anteproyecto de la LOE señala como compromiso la convergencia con los objetivos educativos definidos por la Unión Europea, entre los que figura una mejora en la calidad de la enseñanza y potenciar el área de las Ciencias. Es paradójico observar cómo la LOE pretende conseguir dicho objetivo sin mencionar ni desarrollar absolutamente nada en todo el texto, y las pocas referencias que se hacen a las Ciencias es para arrinconarlas en la optatividad. Las reformas emprendidas por algunos países europeos ya incluyen modelos para mejorar estas enseñanzas.



En todos los países europeos (16) la Física y Química, dentro del tramo de 12 a 14 años, es una materia común, dentro del área de Ciencias o bien independiente, y el número de optativas están reducidas al mínimo. Sin embargo en España esta circunstancia no se cumple en 4º ESO, donde la Física y Química deja de ser obligatoria y además existe una excesiva optatividad.

En el Bachillerato, la unanimidad es completa: todos los países imparten de forma independiente y separada la Física de la Química; además cursan un año más, permitiendo una mejor preparación para los estudios superiores. Destacan la

importancia de la Física y de la Química como materias fundamentales para las distintas vías, cursándolas obligatoriamente. Los tres años de Bachillerato permiten tener un primer curso más general y dos cursos en los que un alumno se puede especializar. En España es imposible que en dos años un alumno tenga una mínima preparación. Además, el equilibrio entre las materias comunes y de modalidad es mayor que en España.

El modelo ideal, que se acerca más a la convergencia europea, tiene que transcurrir por impartirse la Física y la Química en los cuatro cursos de ESO de forma independiente del área de las Ciencias y ser materia común en al menos tres cursos. Para ello, el 4º curso debería reducir su optatividad. Respecto al Bachillerato, además de separar las dos materias y definir unas vías científicas que mantengan como obligatorias la Física y la Química, es necesario llegar a los tres años, siendo la mejor manera de poder repartir las materias para que los estudiantes obtengan unos conocimientos generales y, a su vez, les permitan orientarse y especializarse en sus futuros estudios.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. BOCG. Senado. Serie 1: Boletín General, *Informe sobre la enseñanzas científicas en la educación secundaria*, nº 660, 22 mayo **2003**, pp 1-95.
2. Anteproyecto de *ley orgánica de educación*. MEC, 30 marzo **2005**.
3. M.C. Ramírez, M. Redondo, J.A. Morales, E. Gómez, **2003**, Vol. 7, 14.
4. J.J. Suárez, *Al-Químicos*, noviembre **2002**, 15-19.
5. M. Redondo, *An. Química*. **2003**, Vol. (3), 51-54.
6. J. Hernández, J.J. Suárez, M. Redondo, “Ponencia sobre la enseñanza de la Química en Secundaria”, presentada en Asturias, *Química e Industria*, noviembre **2004**, nº 557, 29-44.
7. M.J. Iglesia, M.C. Ramírez, M. Redondo, M.P. Villacampa, E. Gómez, , *Vivir Educando*, **2003**, Vol. 7, 15-18.
8. M.A. Crespo, M. Gutierrez y M.J. Martín-Díaz. “La Química en la ESO”, *Alambique* **2002**, nº 33 69-78. “La Química en el Bachillerato”. *Alambique* **2003**, nº 36, 48-54. Jornadas sobre Ciencias Experimentales, “*Mesa redonda sobre el futuro de la enseñanza de las Ciencias*”, Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, junio **2003**.
9. N. Iza, J. Pomés y J.A.R. Renuncio, *An. Química*. **2002**, Vol. 98 (3), 57-58.
10. Informe PISA, “Knowledge and skills form life. Results from PISA 2000 y 2003, OCDE, **2001** y **2003**.
11. A. Borsese, *An. Química*, **2004**, Vol (1), 35-41.
12. Base de Datos sobre la Educación de la Red “*Eurydice*” de la Unión Europea. Actualizados en **2005**. [www.eurydice.org](http://www.eurydice.org). Documentos remitidos por la Embajada del Reino Unido.
13. Documentos remitidos por la Embajada de Suecia.
14. Documentos remitidos por la Embajada de Dinamarca.

15. M. Redondo, “Solución europea en Física y Química”, *La Vanguardia*, 31 de marzo **2005**.
16. A. Caamaño y otros. Monografía: La Enseñanza de la Ciencias en Europa, *Alambique*, enero **2002**, nº 31.



## **ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA EN LA CALIDAD DE ENSEÑANZA EN FÍSICA Y QUÍMICA EN LA E.S.O.**

**Rafael Gómez Fernández<sup>1</sup>, Andrés García Ruiz<sup>2</sup>, M<sup>a</sup> Dolores Castro Guío<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Física y Química. IES El Olivo. Felipe II, 11.  
28980-Parla, Madrid. ies.elolivo.parla@educa.madrid.org

<sup>2</sup>Departamento de Didácticas Específicas. Universidad Autónoma de Madrid,  
28049-Madrid. andres.garcia.ruiz@uam.es

<sup>3</sup>Departamento de Física y Química. IES Atenea. Colombia s/n.  
28945-Fuenlabrada, Madrid. mdcastroguio@hotmail.com

*Planteamos una metodología para la enseñanza de la Física y Química en la educación secundaria obligatoria (E.S.O.) basada en una serie de estrategias complementarias. Se propone una secuenciación de actividades desde el inicio del tema, hasta la evaluación, alternando las actividades de enseñanza-aprendizaje.*

### **1. INTRODUCCIÓN**

Es importante resaltar el carácter experimental de la Física y Química y éste es un punto de partida importante para empezar a estimular al alumnado, invitándole a que utilice y desarrolle algunas de sus capacidades, como son las de indagación e investigación, entre otras.

Creemos que debemos superar el método tradicional de enseñanza de las Ciencias, adaptando una visión constructivista del aprendizaje, como se han planteado en numerosos trabajos sobre el tema (1).

Desde hace bastante tiempo surgieron propuestas metodológicas en torno a la escuela nueva y activa (2), basadas en la utilización de estrategias que comportaban la realización de actividades centradas en los alumnos. Consideramos que es importante seguir en esta línea, para favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje.

### **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

La estrategia para la enseñanza-aprendizaje se realizará utilizando una metodología activa, apoyada en las exposiciones y explicaciones del profesor, pero respetando siempre las posibilidades creadoras del alumnado y, además, siendo imprescindible ser completada con estrategias de indagación por parte de los alumnos.

Con esto, se intentará que el alumnado desarrolle una forma de trabajo clara y dirigida, que le servirá para afrontar la realidad cambiante del mundo que le rodea, y esto se puede conseguir cuando se presenta la Ciencia como un proceso y no como un producto.

Como método de trabajo se utilizará la investigación, dirigida a la adquisición de actitudes abiertas y críticas, de tal forma que el alumnado pueda enfrentarse con la autonomía suficiente a los estímulos, datos, etc., suministrados por el medio.

Además del método científico, y como parte del mismo, aplicaremos métodos inductivos-deductivos, a través de los cuales los propios alumnos serán los protagonistas del aprendizaje, de manera que, partiendo de la observación, el análisis y la abstracción, lleguen a la generalización (inducción) y puedan fijar y aplicar lo generalizado (deducción)

### **3. DESARROLLO METODOLÓGICO**

Para poder desarrollar esta metodología es preciso utilizar, como ambiente, el laboratorio considerado como aula-laboratorio, pues no debemos olvidar que se considera como punto de partida el carácter experimental de la Física y Química, lo que nos servirá para estimular a nuestros alumnos.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, las pautas a seguir serían las expuestas en los siguientes epígrafes.

#### **3.1. Metodología Específica**

1.- Comenzaremos el tratamiento de cada tema, con la realización de una prueba inicial (un pretest), que puede ser:

- Prueba escrita
- A través de un breve cuestionario oral propuesto por el profesor.

Los objetivos de esta prueba inicial serán establecer las ideas previas, preconcepciones, ideas intuitivas y errores conceptuales. De esta forma podemos conocer las ideas erróneas y evitar que se formen bloqueos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este punto se pueden debatir, sin entrar en profundidades, las ideas erróneas para que, de esta forma, el alumno empiece a tomar conciencia de su error.

Siempre es importante que las explicaciones del profesorado se vayan relacionando con situaciones de la vida cotidiana y reales. Es una forma de comenzar a presentar la Ciencia al alumnado como un proceso y no como un producto.

2.- La realización de una práctica de laboratorio inicial sencilla, por parte del profesor, donde el alumno tendrá que aplicar el método científico como herramienta de su aprendizaje.

En este punto el alumno desarrollará las capacidades de:

- Observación
- Formular hipótesis
- Relacionar situaciones
- Obtención de conclusiones.

Aquí es importante aplicar una dinámica activa alumnado-profesor, donde a partir de la observación individual de cada alumno, se puede llegar a obtener conclusiones diferentes.

Para empezar, el alumnado realizará una lluvia de ideas de sus conclusiones, que pueden escribirse en la pizarra y, después, siguiendo las explicaciones y pautas que el

profesor marque, serán debatidas por el alumnado, siendo los propios alumnos los que lleguen a las conclusiones correctas.

Este punto es muy importante, pues sirve de estímulo y enganche al alumnado para el posterior seguimiento y desarrollo del tema.

3.- Una vez realizadas las pruebas iniciales, al profesor le sirve para determinar los esquemas de conocimiento previo y actuar en consecuencia.

En este punto es donde el profesor empieza a establecer los objetivos propuestos para cada tema, pero explicando los conceptos a través de prácticas sencillas en el aula-laboratorio. Con ello, conseguimos que el interés del alumnado no decaiga.

Aquí, el alumnado, además de la capacidad de observación, tiene que desarrollar las de análisis, síntesis y abstracción.

En este apartado, además, estamos intentando que el alumnado consiga la capacidad de aprender (a través del método inductivo-deductivo)

4.- Los alumnos realizarán diseños experimentales (prácticas sencillas) que explicarán a sus compañeros y serán dirigidas y guiadas por el profesor. De esta forma potenciamos, además de las capacidades adquiridas por el alumnado hasta este punto, la de transferencia de los aprendizajes.

Para la elaboración de estas prácticas de laboratorio, el alumnado tendrá que utilizar la investigación como método de trabajo, manejando diferentes fuentes de consulta, lo que les permite obtener gran cantidad de ideas y datos que les sirvan de contraste y les abran nuevas perspectivas, familiarizándose con las distintas fuentes de información y su uso.

La realización de problemas es fundamental y hay que trabajarlos desde un punto de vista comprensivo y no como aplicación mecánica de una fórmula a una situación determinada.

5.- Es importante que el alumno participe en la elaboración de problemas (diseñando distintas situaciones) y en la búsqueda de estrategias para su resolución. De esta forma, al alumnado se le involucrará en los problemas, desarrollando la capacidad de aprender.

6.- El alumnado recogerá todo lo expuesto en un cuaderno, de manera que cada concepto quede reflejado como un informe científico, con presentación ordenada del proceso de trabajo, estructurado, acompañado de esquemas y dibujos que lo hagan más comprensible, quedando reflejado claramente el problema estudiado, los diseños, fundamento, conclusiones y las aplicaciones prácticas que se derivan, así como, si procede, indicando las fuentes de información consultadas.

### **3.2. La Evaluación**

La evaluación se tiene que considerar como un proceso continuo, sistemático, flexible y formativo, en el que se pueden utilizar diversas técnicas, debiendo ser aplicado a todo el personal implicado (alumnado y profesorado).

Para que la evaluación sea formativa tendremos que valorar la heteroevaluación y la autoevaluación.

### 3.3. Heteroevaluación

Los parámetros que tenemos que tener en cuenta son:

- La evaluación debe ser realizada a lo largo de todo el proceso de aprendizaje, es decir, continua. Cuanta más información tengamos del alumnado mejor podremos evaluarles.

- Es importante evaluar el mayor número de aspectos que puede presentar el alumnado, como:

- La capacidad de soltura oral que presenta (se puede valorar mediante la prueba inicial).
- El razonamiento lógico a sus respuestas cuando es preguntado.
- El grado de observación (se puede medir mediante las prácticas realizadas en el aula-laboratorio).
- La capacidad de análisis ante distintas situaciones.
- Saber sintetizar.
- El camino utilizado para la investigación.
- Destreza con el material de laboratorio.
- Cómo se desenvuelve ante la realización de las prácticas.
- La capacidad de transmitir lo aprendido.
- La participación.
- El trabajo en grupo.
- El cuaderno.
- Exámenes.
- Etc.

En definitiva, se debe tener claro lo que queremos evaluar, es decir, debe ser una evaluación sistemática. Es importante llevar un registro puntual de todos estos aspectos evaluados por cada alumno.

- Al desarrollar los temas mediante estas estrategias, tenemos diversidad de instrumentos que nos permiten evaluar gran variedad de aspectos. Esto hace que la evaluación sea flexible.

- Es importante realizar pruebas objetivas con preguntas de discriminación entre verdadero o falso, de preguntas cortas, de asociación, de preguntas más amplias en las que tengan que elaborar más información y la realización de problemas.

- No debemos olvidar que la recuperación, para aquellos alumnos que no han alcanzado los objetivos, forma parte del proceso del enseñanza-aprendizaje y sirve de estímulo para ellos.

Las tareas propuestas serán siempre semejantes y nunca tendrán mayor dificultad que las propuestas y desarrolladas con anterioridad.

### 3.4. Autoevaluación

Supone una gran fuente de información respecto a la valoración que es capaz de hacer de sí mismo y de las tareas que realiza el alumno.

El contrastar las opiniones del profesor con las del propio alumno viene muy bien, pues nos permite evaluarnos a nosotros mismos y nos permite modificar



preconcepciones del propio profesor, además de ver el grado de evaluación que se hace de sí mismo el alumno.

### **3.5. Recursos**

Para estas estrategias los recursos son:

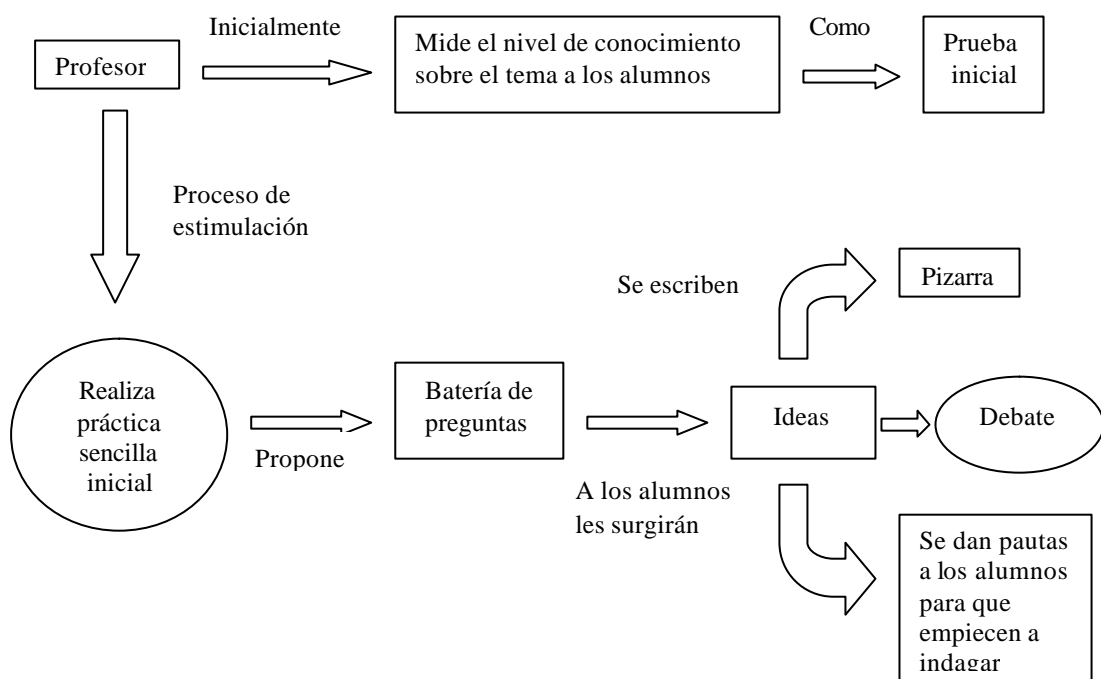
- De tipo personal: profesor y alumnos.
- Ambiental: aula-laboratorio, entorno y biblioteca.
- Material: de laboratorio, bibliográfico, encerado y cuaderno.

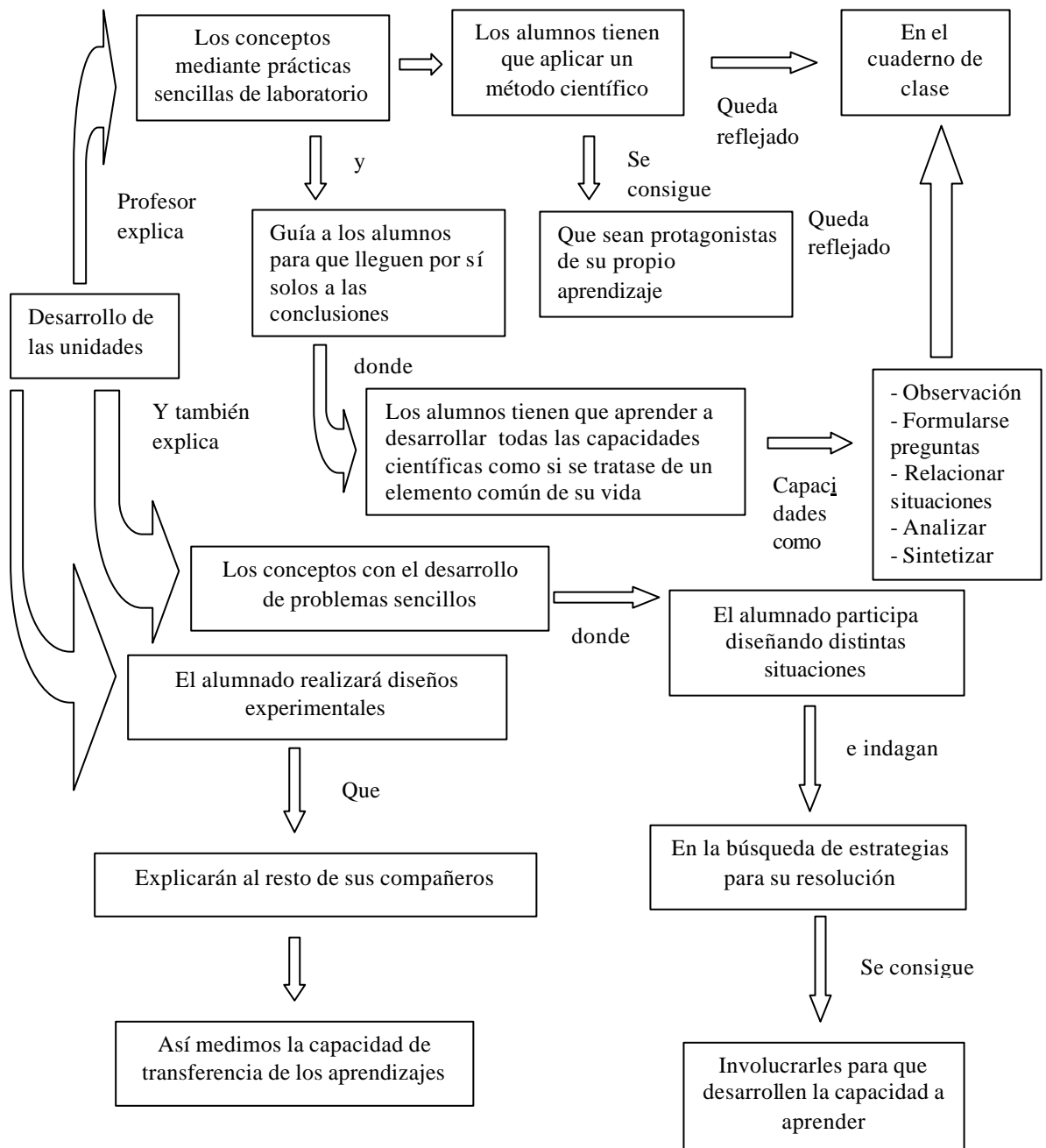
### **BIBLIOGRAFÍA**

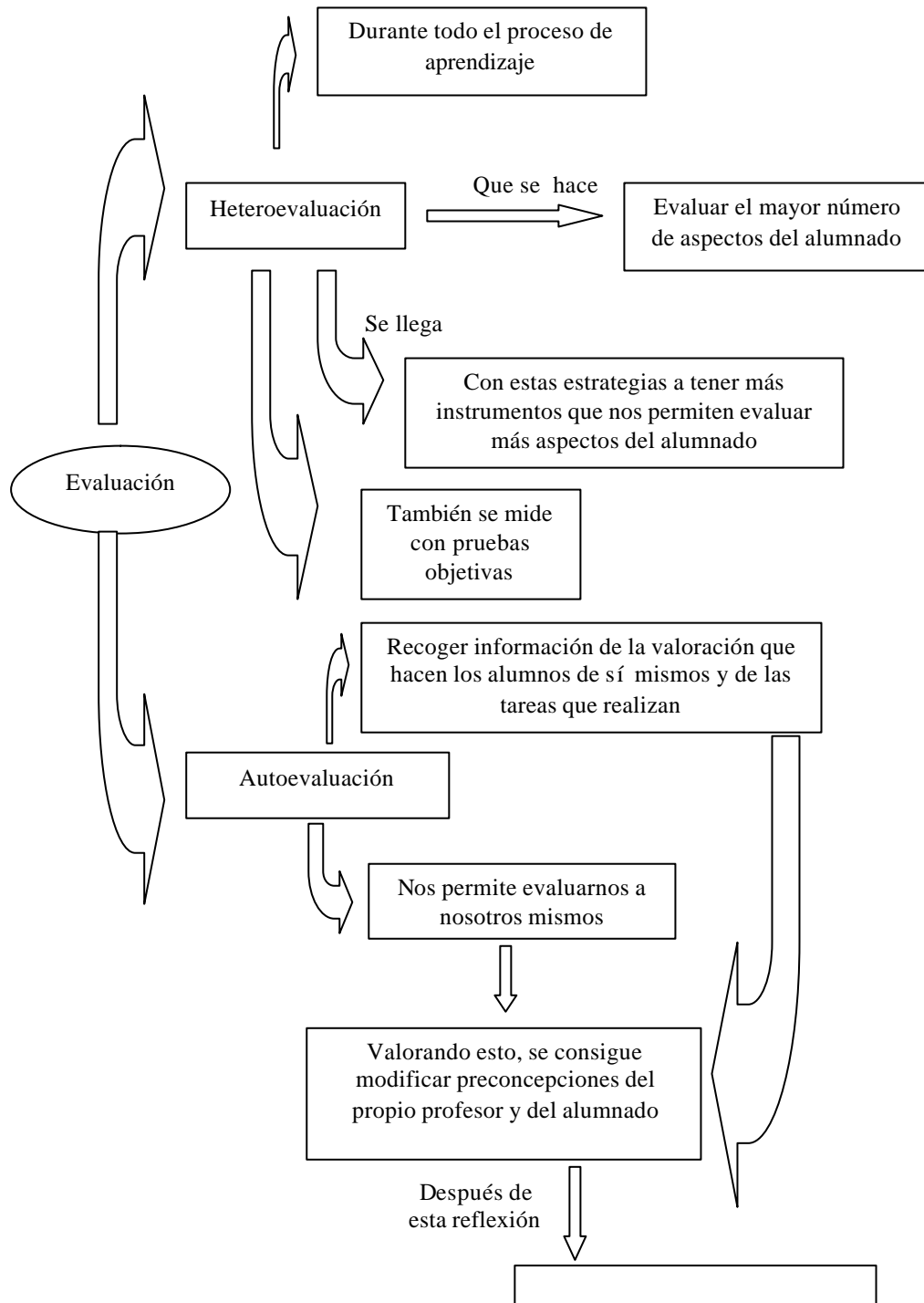
1. J.M. Bernal Martínez, *Origen y evolución de la Didáctica de las Ciencias en el primer tercio de siglo en España*, en *El currículo: historia de una mediación social y cultural*, IX Coloquio de Historia de la Educación, Ed. Osuna, Granada (1996).
2. L. Luzuriaga, *Escuelas activas*, Museo Pedagógico Nacional, Imprenta Cosano, Madrid (1925).

### **OBSERVACIÓN**

Lo expuesto en este trabajo se sintetiza en una serie de esquemas que se recogen en las siguientes páginas.







## **SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y DE LA QUÍMICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA: “ESTADO CRÍTICO”**

*Juan López Velasco, Teresa Lupión Cobos, Antonio Mirabent Martínez*

Asociación Andaluza de Profesores de Física y Química

Centro de Ciencia. Avda. Luis Buñuel, 6. 29011, Málaga

asoprofyq@telefonica.net

*Esta comunicación recoge la necesidad de que los ciudadanos alcancen una auténtica alfabetización científico-tecnológica tras su paso por la ESO. La Física y la Química son pilares básicos en ese proceso y su tratamiento en el Sistema Educativo actual es claramente insuficiente. Se aportan estadísticas que recogen la disminución de vocaciones científicas en esta etapa educativa, aportándose reflexiones sobre sus causas.*

### **1. INTRODUCCIÓN**

La importancia de la Educación Científica y de la Física y la Química en la formación de los ciudadanos en un momento como el actual, en el que el derecho a la educación se ha consolidado para todos, es una realidad demandada por la sociedad de la información y del conocimiento del siglo XXI para seguir avanzando en la dirección que marcan los retos de hoy en día.

Ahora, más que nunca, enseñar Ciencias a toda la población, lograr que mejore la imagen que el alumnado y la ciudadanía tienen de ella, conseguir que los estudiantes aprendan a pensar con una lógica científica, es invertir en el presente y en el futuro de una sociedad. Formar sociedades integradas por ciudadanos pensantes e informados, con espíritu crítico y capacidad de tomar decisiones fundamentadas es el mejor “regalo” que se le puede hacer a un país.

Las Ciencias Experimentales son parte esencial del saber de nuestro tiempo, siendo la Física y la Química soportes de ella al ser disciplinas de instrumentación básica en el conocimiento científico. Es difícil imaginar el mundo actual sin tener en consideración las implicaciones que la mecánica, la electricidad o la electrónica, el mundo de la imagen, del sonido o de las comunicaciones suponen, o sin contar con medicamentos, abonos para el campo, colorantes o plásticos. Todos estos campos fundamentan sus principios en contenidos relacionados con la Física y la Química. Por ello es fundamental que las sociedades incorporen este tipo de contenidos en su bagaje cultural y formativo para conseguir la necesaria alfabetización científico-tecnológica que nos demandan los retos presentes.

Los profesores de Física y Química tenemos muy claro, e insistimos en ello, que la educación de los futuros ciudadanos ha de ser efectivamente integral, es decir que contemple, en justa medida, todos los saberes y dimensiones de la cultura humana y de las demandas de la sociedad de nuestro tiempo. Es necesario que nuestro sistema educativo posibilite, a lo largo de la enseñanza obligatoria, la adquisición de una

formación científica básica, suficiente para el desarrollo personal, social y laboral de sus miembros, que les permita construir concepciones con las que poder interpretar los hechos cotidianos derivados de los avances científicos y técnicos, de manera que éstos sean asumidos con espíritu crítico, fomentando su participación activa.

Sin embargo, en nuestro sistema educativo las ciencias experimentales están muy devaluadas, con un escaso número de horas y con la consideración de materia optativa, incluso en los niveles obligatorios. Y no sólo eso, sino que existe la imposibilidad de realizar el necesario trabajo experimental en el laboratorio, de gran importancia para la formación científica de nuestro alumnado, ya que no se contempla por la administración educativa la dotación de profesorado de apoyo y de las horas de desdobles necesarios para, con garantías de seguridad y calidad, realizarlo.

Nuestra preocupación como profesores sobre el estado de la Enseñanza de las Ciencias Experimentales y de la Física y Química, viene avalada por el informe PISA (*Programme for International Student Assessment*) (1) que la OCDE dió a conocer a finales del pasado año. Dicho informe pone de manifiesto los malos resultados obtenidos por nuestros adolescentes (muestra referida a estudiantes de 15 años, siendo las áreas implicadas lectura, matemáticas y ciencias) en cuanto a la valoración de procesos de aprendizaje basados en competencias que el individuo debe poseer para incorporarse como ciudadano al mundo. Ciertamente hay otros indicadores a considerar (producto interior bruto, inversión en educación, estatus socioeconómico y cultural, diferentes períodos de obligatoriedad en la enseñanza, entre otros), pero podemos aventurar, sin riesgo a equivocarnos, que existe un deterioro en la enseñanza de las Ciencias, entre otras materias. A continuación analizamos las posibles causas y circunstancias que creemos lo propician.

## **2. REFLEXIONES SOBRE LA SITUACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LAS “CIENCIAS DE LA NATURALEZA” Y DE LA “FÍSICA Y QUÍMICA” EN E.S.O. Y EN BACHILLERATO**

- En la Ciencia en general y en las carreras científicas en particular, se están produciendo cambios que apuntan a un replanteamiento de las disciplinas clásicas (Física, Química, etc. hacia otras como Ingeniería Química, Bioinformática, etc.), lo que también debiera reflejarse en los currículos de Ciencias en esta etapa.

- En esa misma línea, debería plantearse “*una convergencia de currículos de todas las áreas científicas y tecnológicas*”, en línea con los requerimientos europeos.

- La precaria, o a veces nula, realización de actividades en el laboratorio. Esta situación es denunciada sistemáticamente por el profesorado en activo. Hemos de tener en cuenta de que hasta cuarto de ESO su realización es prácticamente inexistente en la realidad (en el Bachillerato inexistente), tanto por las condiciones organizativas (no hay desdoblamiento de profesorado recogido) como estructurales y de recursos (número de alumnos por grupo, espacios de laboratorios, materiales,...). Es a través de la realización de este tipo de tareas como se posibilita, de manera efectiva, una adecuada consecución de los objetivos específicos y de las capacidades, habilidades y

destrezas que se precisan movilizar para la adecuada formación científica en esta última fase educativa de la formación obligatoria. Por ello se debiera favorecer la participación de los alumnos en la realización de actividades prácticas, posibilitando la existencia de instalaciones adecuadas, con la participación de dos profesores en el aula-laboratorio, con agrupamientos coherentes, etc., ya que las condiciones para el trabajo experimental, consustancial con el conocimiento científico, en los centros actuales son claramente insuficientes.

- En el segundo Ciclo de la ESO existe un número de horas insuficiente a todas luces para impartir ciencias y un excesivo número de asignaturas. Así, en tercero de ESO se dan 2 horas semanales de Biología y Geología y otras 2 horas semanales de Física y Química durante todo el curso, o bien 4 horas semanales de Ciencias de la Naturaleza, entendiéndose por tal los contenidos curriculares específicos para este nivel, tanto de la asignatura como los de la asignatura “Física y Química”. Estas asignaturas son actualmente obligatorias en este curso. En cuarto de ESO nuestras materias son optativas, pudiendo el alumno no elegir las, elegir una de ellas o las dos. Todo esto depende de la oferta que hagan en su centro, presentándole un bloque cerrado de optativas o posibilitándole que las elija de manera unívoca. En todo caso el alumno que quiera realizar estudios de Bachillerato de Ciencias no está obligado a cursar ninguna de nuestras materias. Por otra parte si el alumno no las elige en 4º de ESO obtiene el título de Graduado en Secundaria con el bagaje formativo que se le ha dado desde la primaria y mediante 3 horas/semana y curso tanto en 1º como 2º de ESO (Primer ciclo) en “Ciencias de la Naturaleza”, y 2 horas/semana y curso de “Biología y Geología” en 3º de ESO y 2 horas/semana y curso de “Física y Química” en 3º de ESO. En definitiva, creemos que la realidad lectiva es claramente insuficiente, por lo que sería adecuado establecer la obligatoriedad de la matriculación en todas las materias científicas básicas, inherentes a una formación científica mínima, inexcusable tanto para conseguir ciudadanos alfabetizados científica y tecnológicamente que aquí terminen sus estudios, como para asegurar las finalidades propedéuticas cara al Bachillerato en aquellos otros que así lo deseen.

- Una forma de solucionar que en el último año de la ESO, cuando el alumno ha alcanzado una mayor madurez formativa y disciplinar, curse necesariamente alguna materia científica. Para ello en 3º de ESO, al igual que en 4º de ESO, todos los alumnos deberían recibir una adecuada y suficiente formación científica, cursando obligatoriamente las materias de “Física y Química” y “Biología y Geología” con un horario mínimo de 3h semanales cada una. Es innegable que los contenidos básicos, específicos de cada disciplina tienen que tener su espacio temporal a nivel organizativo, metodológico y curricular, mínimamente en esta última fase de la educación secundaria, propedéutica a las estructuradas asignaturas del “corto” Bachillerato, que responden a una formación académica muy concreta, en línea con planteamientos disciplinares procedentes de los ámbitos universitarios actualmente existentes.

- En los bachilleratos de Ciencias, concretamente en el primer curso, hay muy poco tiempo para abordar los contenidos obligatorios de Física y Química, al encontrarse las dos materias en una sola asignatura.

Recientemente en nuestro propio Senado se planteó la separación en dos asignaturas diferentes ya desde primero de Bachillerato de la actual materia “Física y Química”. En línea con los currículos de la mayoría de los países de nuestro entorno europeo sería necesario que esta separación pudiera ya abordarse, de manera que nuestro alumnado pudiera cursar ambas materias separadamente sin menoscabo una de otra ni de otras materias científicas o tecnológicas básicas.

- En las coordinaciones de Selectividad hemos constatado la falta de preparación con que llega a la Universidad el alumnado en estas materias, planteándose la posibilidad de un curso cero en algunas Facultades, para intentar cubrir estas deficiencias, sin que esta medida sea la solución.

- Una formación científica de nuestro alumnado en el Bachillerato debe caminar, al igual que en los restantes niveles educativos, en la dirección de la convergencia con los estudios en Europa. Flaco favor se hace a esta línea si, no ya por comparación con centros de diferente titularidad sino por su propia formación, no se permite al alumno adquirir una formación amplia y diversa en todas las materias científicas básicas, de manera que éste pueda afrontar con garantías su inicio en el mundo universitario o bien en ciclos formativos de mayor nivel. Por ello, en el Bachillerato de Ciencias el alumno tiene que poder cursar todas las materias científicas y tecnológicas básicas (entiéndase Matemáticas, Biología, Geología, Física, Química y Tecnología), independientemente de número de alumnos por grupo matriculado y sin que esto suponga sobrepasar las 30 horas lectivas semanales. Por tanto, en el Bachillerato de Ciencias todas las materias específicas del área científica deben ser obligatorias para garantizar una formación básica en todas las áreas de la Ciencia.

### 3. DATOS ESTADÍSTICOS E INTERPRETACIÓN

Los anexos que se recogen a continuación, referidos a los distritos universitarios andaluces y a la provincia malagueña, ilustran el marcado descenso que ha experimentado la matriculación en nuestras materias en los últimos cursos académicos. Esta situación es, desgraciadamente, extrapolable a la existente, en general, en el resto del Estado (2).

#### ANEXO I: DATOS DEL ALUMNADO DE IES DE CENTROS DE MÁLAGA CAPITAL (OCTUBRE 2004)

Nº alumnos en	LITO-RAL	E.PRA-DOS	C.JAR-DIN	J. MARÍN	CÁNO-VAS	P.PI-CASSO	M.NOS-TRUM	TOTAL
4º ESO	63	72	50	47	45	75	51	403
F. y Q. de 4º ESO	36	52	27	11	19	25	17	187
1º Bachillerato	138	176	79	226	45	50	57	771



F. y Q. de 1º Bach.	63	66	26	62	15	24	32	288
Física de 2º Bach.	4	13	9	30	4	8	13	81
Química de 2º Bach.	40	54	15	40	13	10	14	186
<p>Alumnos en F y Q de 4º de ESO = 46 %  Alumnos de 1º de bachillerato que dan FyQ = 37 %  Alumnos de 2º de bachillerato de Ciencias que dan Física = 30 %  Alumnos de 2º de bachillerato de Ciencias que dan Química = 70 %</p>								

Estos datos, coincidentes con otras estadísticas más generales, nos hacen ver con nitidez la situación actual del bachillerato de Ciencias:

- El 37 % del alumnado de 1º de bachillerato opta por el bachillerato de Ciencias. El descenso de alumnos en los últimos años ha sido muy grande.

- Sólo el 30% de los alumnos de 2º de bachillerato de los itinerarios de Ciencias estudia Física. Este es un dato preocupante pues quiere decir que el 70 % de los alumnos de Ciencias, en los dos años de bachillerato, dan únicamente 2 horas de Física (en 1º de bachillerato).

- Dado que la Física es una materia básica en Ciencias vemos que la preparación de la inmensa mayoría de alumnos de Ciencias es muy deficiente.

- Si además tenemos en cuenta que la mayoría de los alumnos de Ciencias no dan Matemáticas en 2º de bachillerato: ¿no estamos propiciando un fracaso seguro de sus estudios posteriores?

- El 70 % de los alumnos de 2º de bachillerato de los itinerarios de Ciencias estudian Química.

- Un porcentaje mínimo, quizás el 5 % o menos, estudian ambas materias, Física y Química, en 2º de bachillerato.

- La carga lectiva de materias científicas en el bachillerato es de un 33 %.

En cuanto a la situación en la Educación Secundaria Obligatoria:

- El número de alumnos que estudian Física y Química en 4º de ESO es del 46 %, por tanto la mayoría (56 %) únicamente han estudiado 2 horas de Física y Química (como materia específica) en 3º de ESO. El nivel de conocimientos básicos de Ciencias resulta en general muy bajo.

- Las prácticas de laboratorio, imprescindibles en estas materias, son casi inexistentes (no hay hora de desdoble).

## **ANEXO II: SELECTIVIDAD FÍSICA. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

De los datos estadísticos que edita la Universidad de Málaga sobre la Selectividad correspondientes a Junio de 1997, 1999, 2000, 2003 y 2004, se pueden realizar las siguientes observaciones:

- El porcentaje de alumnos que se matriculan de la prueba de Física, respecto al número total de alumnos matriculados en Selectividad, ha ido sufriendo un descenso muy elevado:

1997	1999	2000	2003	2004
44,5 %	34,7 %	30,51 %	23,2 %	24,99 %

- Resulta interesante observar:

SELECTIVIDAD JUNIO	MATRÍCULA TOTAL EN SELECTIVIDAD	FÍSICA
1997 (COU)	4.875	2.467
2004 (LOGSE)	4.713	1.178
La caída en el número de alumnos matriculados en la materia de Física ha sido del 52 %		

### ANEXO III. SELECTIVIDAD QUÍMICA. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

De los datos estadísticos que edita la Universidad sobre la Selectividad correspondientes a Junio de: 1997, 1999, 2000, 2003 Y 2004 se pueden realizar las siguientes observaciones:

- El porcentaje de alumnos que se matriculan de la prueba de QUÍMICA, respecto al número total de alumnos matriculados en Selectividad, ha ido sufriendo un descenso elevado descenso:

1997	1999	2000	2003	2004
50,6 %	44,8 %	42,63 %	31,3 %	31,68

- Resulta interesante observar:

SELECTIVIDAD JUNIO	MATRÍCULA TOTAL EN SELECTIVIDAD	QUÍMICA
1997 (COU)	4.875	2.669
2004 (LOGSE)	4.713	1.493
La caída en el número de alumnos matriculados en Química ha sido del 44 %		

### ANEXO IV. EVOLUCION DE LA MATRICULA EN LAS FACULTADES DE QUÍMICA DE ANDALUCIA: Cursos: 99/00 al 03/04.

Datos relativos a las Facultades de Química, extrapolables a Facultades de Física y de Matemáticas.

UNIVERSIDAD	PLAZAS CUBIERTAS				
	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04
Almería	54	44	22	24	22
Cádiz	129	123	69	58	53
Córdoba	168	93	87	61	64
Granada	313	299	278	187	188
Jaén	102	74	35	32	29
Málaga	176	106	68	46	35
Sevilla	276	275	268	188	146
<b>Total</b>	<b>1218</b>	<b>1014</b>	<b>827</b>	<b>596</b>	<b>537</b>

- El descenso que se ha producido resulta muy significativo e importante.
- Debe tenerse en cuenta además que el número de abandonos es considerable.
- La preparación con la que llegan los alumnos a la universidad es muy baja.

#### 4. PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA ENSEÑANZA / APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

Las actuaciones que indicamos a continuación se refieren tanto al desarrollo de los currículos como a las distribuciones horarias de los diferentes niveles educativos.

- *Tanto en ESO como en Bachillerato:* Desdoblar una hora semanal para la realización de actividades prácticas en todos los grupos y niveles que den Física y Química.

- *Referentes a la ESO:* Las Ciencias Experimentales en el 2º ciclo de la ESO deben tener un mayor peso, así creemos que habría que:

- Ampliar a tres horas lectivas en 3º de ESO adaptando su desarrollo curricular.
- Diversificar la oferta de optatividad de Física y Química en 4º de ESO en dos opciones A y B, una dirigida al itinerario científico-técnico y otra al resto, de manera que todos los alumnos tengan acceso a una cultura científica adecuada.

- *Referentes al Bachillerato:*

- Dividir la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato en dos asignaturas independientes y obligatorias para los alumnos que cursen los bachilleratos de las modalidades científicas, con un mínimo de 3 horas para cada una.

- Todos los alumnos de los Bachilleratos de Ciencias deben cursar durante el segundo año las dos materias (tanto la Física como la Química), sin que esto suponga dependencia de número de alumnos ni sobrepasar las 30 horas semanales del horario escolar estándar.

- Adscribir preferentemente las materias optativas relacionadas con nuestra disciplina, tales como: Astronomía, Historia de la Ciencia, Ciencia, Técnica y Sociedad, Mecánica y Electrotecnia, etc., al Departamento de Física y Química.

- La asignatura de Cultura científica propuesta por el MEC debería poner de manifiesto el papel de la Ciencia en la Sociedad a través de grandes temas científicos, asegurándose de que se haga de una forma vivenciada y participativa por parte de los alumnos. Así, es necesario garantizar una formación mínima en Ciencias que, permita a los estudiantes de otros Bachilleratos incorporar un bagaje de conocimientos adecuado con el que puedan ser ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados, siguiendo las tendencias europeas, de manera que la cultura que adquieran sea también científica.

## **5. FORMACIÓN DEL PROFESORADO**

Se debe arbitrar un sistema más acorde con las necesidades específicas que requieren estas materias, articulándose una adecuada formación inicial y permanente. En todo caso los planes aplicados deben recoger opciones válidas y viables para que el docente pueda promocionarse profesionalmente a otros niveles del sistema educativo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Informe 2003 del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA). *Evaluación de los primeros resultados en España*. Ed. MEC, Madrid (2004).
2. *¿Hay una crisis de vocaciones científico-técnicas? El tránsito de la Educación Secundaria a la Universidad*. Ed. FECYT, Madrid (2004).

# LEER Y ESCRIBIR EN CLASE DE QUÍMICA: ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA LECTORA EN UN EXPERIMENTO

*Núria Solsona*

IES Josep Pla, Vall d'Ordesa, 24, 08031. Barcelona. nsolsona@pie.xtec.es

*El estudio se ha realizado a pequeña escala, en la iniciación a la Química en varias clases de Enseñanza Secundaria en Barcelona. Se analizan los informes de laboratorio del alumnado realizados a partir de un experimento cuando se utiliza la cocina como contexto de aprendizaje. El trabajo que presentamos forma parte del grupo de investigación LIEC (Lenguaje y Enseñanza de las Ciencias) en el que participa profesorado de diferentes niveles educativos interesados en enseñar a leer y escribir textos científicos al alumnado de Secundaria.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Como es sabido, los resultados del Informe 2003 del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) publicados a finales de 2004 plantean que los jóvenes españoles de 15 años alcanzan estrictamente los estándares de lectura homologables a la Educación Primaria. Isabel Solé (1) plantea que la interpretación de los datos PISA (2003) permite recordar que en Secundaria varias investigaciones señalan que el tratamiento educativo de la lectura es muy poco frecuente. Señala la autora que hay una extendida idea que permite creer que leer y escribir son habilidades básicas que se adquieren de una vez para siempre y que se transfieren sin más a diversas áreas. La realidad de los centros educativos no avala esta creencia. Los textos son mediadores de las interacciones escolares. Las funciones de los textos escritos son transmitir información, provocar reflexión, modificar las representaciones y ser agente de simulaciones. Diversos estudios analizan la importancia de la competencia lectora para el aprendizaje en general, y para las Ciencias en particular (2). La comprensión lectora supone un proceso de comprensión de sentidos. Las claves para la comprensión lectora pasan por construirse una representación textual, es decir apropiarse de los objetivos de la lectura y dominar las estrategias adecuadas a los diferentes niveles de lectura. Para ello es necesario realizar la construcción de la representación situacional, es decir ser una persona capaz de leer las “marcas” propias de cada discurso. Aprendemos cuando gestionamos nuestro propio ritmo de comprensión y una de las maneras de poner a prueba el ritmo de comprensión es durante la lectura, no mientras escuchamos una clase o una explicación.

La formación de una ciudadanía con una mínima cultura científica, capaz de comprender e interpretar algunos fenómenos científicos de su entorno es uno de los retos de la ciencia escolar. Si queremos mirar al futuro a través del análisis del presente, para la formación de una ciudadanía con cultura científica hay profundizar en su formación científica. Una formación que capacite a las personas para construir

su forma de sentir, pensar y actuar sobre el mundo tomando los modelos científicos como uno de los puntos de referencia. Los modelos son representaciones mentales de los fenómenos del mundo que constituyen los núcleos de las teorías científicas. Para mejorar el aprendizaje y la formación científica, el profesorado debe posibilitar que el alumnado construya los modelos explicativos que rigen la actividad científica y adquiera las habilidades necesarias para seguir adquiriendo nuevos conocimientos.

Una habilidad importante en la educación para la ciudadanía es la lectura de textos. Nuestra intención es proponer al alumnado textos que les permitan desarrollar capacidades para adquirir nuevos conocimientos. Para ello será necesario que a lo largo de su vida tengan la habilidad de comprender e interpretar textos de distintos tipos, relacionados con el ámbito científico. Algunos de ellos serán estrictamente científicos, pero otros tendrán carácter de divulgación científica. Desde la perspectiva de formación de persona lectoras autónomas, nos interesa analizar el tipo de textos que durante el aprendizaje de la Química se proponen al alumnado y en qué medidas son útiles para desarrollar sus competencias lectoras.

En Química, la gran cantidad de información que el alumnado debe gestionar durante el proceso de modelización del cambio químico lleva aparejada la necesidad de entrenar su competencia lectora. La lectura de textos propios de la disciplina es un poderoso instrumento para incrementar, elaborar y reorganizar el conocimiento. Las tareas de lectura más complejas exigen pensamiento estratégico manejar textos diversos y casi siempre, complementar la lectura con la composición escrita. Esas tareas hay que enseñarlas y practicarlas en las diferentes disciplinas y, si es posible, de manera gratificante.

## **2. LAS LECTURAS EN LA CLASE DE QUÍMICA**

Los libros de texto de uso escolar en los que el alumnado entrena su competencia lectora no despiertan su interés debido al uso del lenguaje formal que utilizan, así como a su estructura y contenido (3). La mayoría de lecturas de los libros de texto son textos escritos con una finalidad didáctica, pero en muchos casos tienden a un enfoque muy científicas, excepto en aquellos que plantean un enfoque CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad).

El uso de contextos de aprendizaje diferentes de tradicional como el contexto culinario para iniciar el aprendizaje de la Química (4) posibilita la lectura de textos que resultan de interés para el alumnado, quizá porque afectan a su dimensión emocional. Las características de textos como los utilizados en 4º de ESO “¿Por qué se enfría la sopa cuando soplamos?”, “¿Has confundido alguna vez la sal con el azúcar?”, “Las propiedades culinarias de las sustancias”, “Una mezcla de agua y aceite. Preparación de la mayonesa” (4) y “La estructura de las sustancias y su sabor” (5) son textos divulgativos de características divergentes de las habituales en un libro de texto. Y sirven de puente para entrenar la competencia lectora de los textos más estrictamente disciplinares.

Además, los textos que tratan temas cercanos a la realidad del alumnado, como la cocina, permiten trabajar con hechos científicos y entidades conocidas, lo que permite construir más fácilmente los hechos científicos. En el caso de la lectura de los textos culinarios citados, dado que se han elaborados *ad hoc* para la secuencia didáctica de aprendizaje del cambio químico, es más fácil resaltar los aspectos de los hechos del mundo que interesa y contextualizar mejor el modelo de cambio químico. El texto “La estructura de las sustancias y su sabor” empieza hablando de las diferencias de sabor de los distintos tipos de tabletas de chocolate, un hecho cotidiano y, a continuación, lo relaciona con la agrupación de las moléculas durante la solidificación: lo que permite transformar el hecho familiar en hecho científico. En el texto se resalta la idea clave para comprender el fenómeno de la solidificación, que las partículas se ordenan según estructuras diversas que dependen de las condiciones en se efectúa la solidificación.

El texto “Una mezcla de agua y aceite. Preparación de la mayonesa” va acompañado de unos esquemas que representan las moléculas de agua y aceite. La lectura del texto se realiza después de haber hecho la preparación en la cocina / laboratorio y va acompañada de una pequeña simulación teatralizada de la formación de la emulsión. Se empieza hablando de un hecho cotidiano: el agua y el aceite no se mezclan. A continuación, se habla de la estructura interna de estas sustancias lo que permite transformar el hecho familiar en hecho científico y facilita la contextualización del modelo científico que se propone reforzar con la lectura. Este texto, además busca la complicidad del alumnado, puesto que empieza diciendo: “Como ya sabes...”

### **3. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO**

Ya hemos dicho que la lectura es un poderoso instrumento para elaborar y reorganizar el conocimiento, pero también lo es la escritura. Escribir sobre un tema supone procesar, seleccionar e integrar la información recibida y reelaborarla mediante la escritura.

Mi objetivo es analizar los niveles de lectura del alumnado de 4º de ESO del experimento: la fabricación de requesón y su significatividad en el proceso de modelización del cambio químico. Los tres experimentos que se realizan en 4º de ESO para la modelización del cambio químico se organizan en una secuencia didáctica, donde primero se hace el bizcocho, después se hace caramelo y finalmente se prepara requesón. Las producciones del alumnado que he analizado son los informes realizados a partir del experimento. Para ello previamente consensuamos la realización de los informes siguiendo unas pautas determinadas. El informe tiene una introducción que incluye el objetivo del experimento, a continuación debe recoger de forma resumida el desarrollo del experimento y las conclusiones macroscópicas y microscópicas.

La muestra estudiada está formada por treinta y cuatro informes escritos en dos clases de 4º de ESO del IES Josep Pla de Barcelona realizados en enero de 2004. Durante los experimentos el alumnado trabaja en grupos cooperativos.

Originariamente, el requesón era un queso de cabra sin sal y la *cuajada* una leche cuajada de oveja que con el tiempo ha sido sustituida por leche de vaca. La planificación del experimento en la preparación del requesón sigue el siguiente procedimiento:

1. Vierte 50 g de leche en un vas de precipitados de 200 mL y añade 10 gotas de limón. Apunta la masa de la leche y del limón.

2. En un montaje de laboratorio con un pie de laboratorio, rejilla y círculo, calienta suavemente hasta que la leche coagule y deja hervir unos minutos. Mide la temperatura de la mezcla al principio y al final. Apunta las observaciones experimentales en función del tiempo.

3. Una vez hecho el requesón, déjalo enfriar. Lava el requesón con agua para eliminar el azúcar, filtralo en un embudo con papel de filtro y mide las masas del suero (una disolución de azúcar) y el requesón.

4. Apunta la masa del requesón y del suero. Apunta las conclusiones del grupo y justifica si se cumple la ley de la conservación de la masa.

5. Escribe el informe científico del experimento.

El material necesario es la leche, el limón, el vaso de precipitados, un mechero Bunsen, un pie de laboratorio, la balanza el termómetro, el embudo, el papel de filtro y una varilla de vidrio.

Las observaciones experimentales escritas son como las siguientes:

<i>Tiempo</i>	<i>Observaciones</i>
0'	Ponemos 50 g de leche con 10 gotas de limón y medimos la masa de los reactivos.
1'	Ponemos a calentar la leche y el limón y empezamos a hervir.
1'25''	Empiezan a formarse coágulos.
2'50''	Se desprenden sustancias volátiles.
5'13''	Apagamos el fuego y dejamos enfriar.
	Con el embudo y el papel de filtro, filtramos el requesón del suero.

Hay que señalar que no siempre es fácil la medida de la masa. En función del tipo de leche que se utilice, en algunos grupos, la filtración se convierte en un proceso muy lento y no tienen tiempo de terminar el experimento. Asimismo, en otros grupos la lectura literal es demasiado superficial y olvidan medir la masa de las sustancias finales, suero y requesón. Los datos más habituales son:  $m_{\text{leche}} = 50 \text{ g}$ ,  $m_{\text{limón}} = 10 \text{ gotas}$ ,  $m_{\text{requesón}} = 11,8 \text{ g}$ ,  $m_{\text{suero}} = 38,9 \text{ g}$

#### **4. ANÁLISIS DE LOS TEXTOS PRODUCIDOS POR EL ALUMNADO A PARTIR DE UN EXPERIMENTO**

Para analizar los textos realizados por el alumnado a partir del experimento he adaptado algunas de las preguntas y pautas propuestas por Wilson y Chalmers (6). Decimos que se realiza la lectura literal de un texto cuando se entiende el contenido del texto. Decimos que se realiza una lectura inferencial del texto cuando se entiende



el significado del texto más allá de su sentido literal, estableciendo relaciones y conexiones con tus propios conocimientos. Una lectura evaluativa implica juzgar de manera razonada la eficiencia de los significados del texto escrito. Una lectura creativa supone proponer ideas nuevas, generalizarlas si es posible y aplicarlas a las ideas originales del texto.

Para el análisis del nivel de lectura literal hemos tenido en cuenta si en los informes se identifica el objetivo del experimento, los materiales o sustancias que se utilizan, los instrumentos, el procedimiento, los términos específicos y su significado, y la medida de los datos. Para el análisis del nivel de lectura inferencial hemos tenido en cuenta si en los informes se recogen los aspectos implícitos en el trabajo de laboratorio que no están indicados en el procedimiento, los conceptos y los principios relacionados con el experimento, así como el establecimiento de relaciones de causa – efecto en las conclusiones del experimento. Para el análisis del nivel de lectura evaluativa hemos tenido en cuenta si en los informes se analizan las dificultades experimentales y los resultados no previstos en el experimento y si se hacen propuestas de mejora del mismo.

## **5. RESULTADOS**

El análisis del primer nivel de lectura textual indica que una mayoría del alumnado ha realizado en conjunto una lectura literal correcta. Los únicos problemas surgen en el cálculo de la masa.

En cuanto al objetivo del experimento, sólo hay dos chicas que no lo indican en su informe. En el resto de los informes, se distinguen dos grupos. Un grupo de alumnado sólo habla del objetivo culinario y empiezan el informe diciendo por ejemplo: “El jueves pasado preparamos requesón, unos postres deliciosos...”. El segundo grupo identifica correctamente los objetivos culinarios y científicos del experimento simultáneamente y un chico dice: “El jueves pasado fuimos al laboratorio para tratar de conseguir un doble objetivo en la preparación del requesón: un objetivo culinario, cómo aprender a hacer requesón, y otro científico, controlar la reacción química entre la leche y el limón al convertirse en requesón y suero”. Una chica añade: “Con el objetivo de saberlo hacer nosotros mismos, saber el procedimiento y saber químicamente a qué responde”. Otros chicos de este mismo grupo indican el objetivo científico del experimento diciendo: “observar el cambio químico a partir de unos reactivos (leche y limón) para obtener unos productos (requesón y suero)”, o “con el objetivo de demostrar la teoría del cambio químico”. “El objetivo científico de este experimento es observar un cambio químico a partir de unos reactivos (leche y limón) para obtener los productos de la reacción”.

La mayoría de recogen los materiales e instrumentos necesarios, y prácticamente casi todos escriben correctamente el procedimiento o, dicho en el lenguaje de María: “el esquema donde teníamos escritos los pasos que teníamos de seguir. Una mayoría del alumnado recoge las medidas de la masa, pero un sector olvida medir la masa de los productos de la reacción.

En cuanto a la identificación de términos específicos, el alumnado tiene problemas y confunde “hervir” y “coagular”. Asimismo la comprensión del significado de “filtrar” es completa a nivel macroscópico, pero no está claro que lo sea también a nivel del modelo de partículas. Una chica utiliza el término “colar la leche” menos científico y más cotidiano. Un chico especifica las diferencias que observa visualmente y dice que primero “sé cortar la leche” y después “coagula”.

La lectura inferencial, en la preparación del requesón incluye los aspectos que no están indicados en el procedimiento que podrían ser obvios en un laboratorio universitario y que el alumnado de Secundaria debe saber hacer para realizar el experimento. Es decir, los aspectos del trabajo de laboratorio que deberían ser aprendizajes previos. Así, por ejemplo, un primer nivel de asociación simple supone saber reconocer los instrumentos a partir de su nombre. Otro nivel sería saber que hay que tarar el vaso de precipitados antes de medir la masa de la sustancia que contiene el vaso, saber realizar el montaje para hervir la leche con el limón, y saber colocar el termómetro en la pinza, sin que toque el fondo del vaso de precipitados, para medir la temperatura correctamente. Desgraciadamente, no se acuerdan de algunos aspectos del trabajo de laboratorio a pesar de haberlos realizado en anteriores ocasiones, como doblar el papel de filtro. Un grupo confundió el termómetro de laboratorio con el clínico, pero María es la única que escribe en su informe: “Medimos la temperatura inicial de la leche, creyendo que el termómetro era como el de casa para cuando estás enfermo y pensamos que había que bajarlo porque marcaba 16 grados, la temperatura ambiente, ya que se trataba de un termómetro de laboratorio. Después de esta “pequeña confusión...”. El resto de compañeros del grupo no menciona la confusión.

Los conceptos mínimos necesarios para interpretar el experimento son cambio químico, energía, reactivos, productos, masa, conservación de la masa, propiedad, reordenación atómica, átomos, moléculas, enlaces, filtración, coagulación,... Una chica reflexiona en su informe: “Antes de empezar a experimentar hemos tenido que aprender algunos fundamentos teóricos para hablar con propiedad y entender lo que ocurría”. En otros grupos, en lugar del informe de laboratorio se construye la V heurística partir de los resultados obtenidos en el experimento del requesón. Por su propia estructura, la V heurística permite identificar mejor los conceptos que el informe científico. Pero como algunos alumnos hacen los informes y las V heurísticas con el ordenador, guardan la colección de conceptos y de principios teóricos, de forma que siempre aparecen en el mismo orden. Además, escribir la lista de conceptos no asegura el estadio de comprensión lectora que supone reconocer los atributos que identifican o definen cada concepto.

Un segundo nivel de comprensión lectora supone establecer relaciones entre conceptos. Ésta es una tarea compleja con varios eslabones que supone identificar primero los conceptos e integrarlos mediante relaciones entre ellos. Un ejemplo de este nivel de comprensión lectora sería el principio de conservación de la masa. A pesar de realizar siempre la puesta en común de los datos de los grupos, en algunos informes no se enuncia el principio de conservación de la masa en sus conclusiones.

Una chica dice: “Se cumple la ley de la conservación de la masa, a pesar de que los datos no lo reflejan, porque hemos tenido muchas pérdidas a lo largo del experimento” o “porque perdemos masa y se evaporan sustancias”. Otros informes, a pesar de que lo incluyen como concepto en la lista, a veces no son capaces de recoger la aplicación de este principio en las conclusiones. Sólo un pequeño porcentaje de informes científicos cita el principio de conservación de la masa. Una chica dice: “La masa final ha sido de 49,4 g, por lo tanto sabemos que sí se ha cumplido la ley de la conservación de la masa, y que la pequeña pérdida de 3 g aproximadamente se debe a que hemos perdido un poco de requesón durante el proceso”. En cambio, un chico comenta: “No hemos podido demostrar el principio de mantenimiento de la masa”.

La escritura de la ecuación química asociada al cambio supone también el establecimiento de relaciones entre los conceptos de “reactivos” y “productos” y su representación simbólica. En la mayoría de informes se limitan a escribir:

leche + limón ? requesón + suero,  
y en algunos:  
caseína+ ácido cítrico ? caseína coagulada + azúcar (disolución)

Pero no podemos asegurar que en la muestra la leche, el limón, el requesón y el suero se identifiquen como sustancias. Casi nadie pone estas sustancias en la lista de conceptos, como habían hecho otros cursos.

Entre los aspectos implícitos del experimento, además de los que ya hemos comentado, está la construcción del modelo de cambio químico, entendido como la formación de nuevas sustancias a nivel macroscópico, el papel de la energía, el principio de la conservación de la masa, y a nivel microscópico, entendido como la rotura de enlaces en las moléculas de los reactivos, la reordenación atómica y la formación de nuevos enlaces en los productos de la reacción. En casi todos los informes se escriben las conclusiones macroscópica y microscópica que son prescriptivas, al final del informe pero, al igual que en la lista de conceptos almacenados en el ordenador, queda la duda de si no hay una cierta rutinización al escribir respuestas memorizadas en los experimentos anteriores de cambio químico (la fabricación del bizcocho y el caramelo). En comparación con el experimento de fabricación del bizcocho, el experimento del requesón favorece la elaboración de más cantidad de conclusiones del tipo “mecano” (7). Dicen “A nivel macroscópico, cuando calentamos la leche con unas gotas de limón, a unos 95°C de temperatura se forma requesón. Y a nivel microscópico los enlaces de las moléculas de los reactivos (leche y limón) se rompen, hay una reordenación atómica y se forman nuevos enlaces en las moléculas de los productos de la reacción: requesón y suero”.

Dos chicos llegan a otro tipo de conclusiones no correctas: “hay un cambio físico, que la leche ha pasado de líquida a sólida” y “el limón es un coagulante que separa que separa las dos partes de la leche: la líquida y la sólida”.

Algunos indicios de la lectura incompleta de las conclusiones nos lo suministra el hecho que no sepan relacionar algunas dificultades que surgen en el proceso con la cantidad de las sustancias. Por ejemplo, cuando falta limón y la leche no cuaja, algunos grupos creen que el experimento no funciona y no toman la iniciativa para añadir más limón.

En la elaboración de las conclusiones, la redacción del informe científico favorece que el alumnado establezca relaciones de causa-efecto. En las estructuras causales, el limón y la energía son los agentes causales, tal como se puede observar en los siguientes ejemplos de textos de varias alumnas: “El limón hace que la leche se corte y cuando lo calentamos cuaja”. “Cuando calentamos la leche con unas gotas de limón, a unos 95°C de temperatura se forma requesón”. “La leche coagula, ya que se ha producido un cambio químico al añadir limón y al aplicarle energía”. “Cuando calentamos la leche... cuaja y por lo tanto se forma requesón y suero”. “Cuando calentamos la leche con un poco de limón se produce un cambio químico y se forma requesón y suero”. Algunas estructuras causales escritas por chicos son: “Macroscópicamente, el limón hace que la leche se corte y cuando lo calentamos cuaja. De aquí sale el suero ( $C_6H_{12}O_6$ ) y la caseína coagulada”. “Macroscópicamente acordaríamos que el limón hace que la leche se corte y cuando le damos energía cuaja”. “Al calentar la leche se produce un cambio químico...”.

En cuanto a la lectura evaluativa, es decir la parte reguladora de la actividad, es de interés estudiar cómo el alumnado analiza las dificultades experimentales y los resultados no previstos o divergentes durante la experimentación. El procedimiento indica el orden en que hay que añadir las sustancias y el orden en que hay que utilizar los instrumentos, pero como es normal en 4º de ESO, no saben diferenciar entre leche desnatada, leche entera, leche caducada o coagulada, etc., desde del punto de vista químico, es decir de la estructura interna y la cantidad de proteínas. Simplemente comentan: “Medimos 50 g de leche pasada ya que así coagula más rápido”.

La principal dificultad experimental para preparar requesón reside en la coagulación de la leche, es decir, encontrar el punto isoeléctrico en el que las proteínas precipitan. Es difícil analizar lo que ocurre durante el proceso por el alumnado y menos interpretarlo en términos químicos. A veces la leche no cuaja y llega el termómetro a los 100° C y la dejan hervir mucho rato. Escriben: “La leche tuvo que hervir cinco minutos debido a la alta cantidad de agua de la leche comercial”. “Ha hervido sin coagular y se nos ha quedado el requesón pegado al termómetro, en el vaso de precipitados y en la varilla; por lo tanto, no nos ha quedado exacto. Hemos tenido que añadir 11 gotas de limón, ya que no acababa de coagular del todo”. Otra alumna del mismo grupo lo explica como un proceso: “Nos ha quedado un poco de requesón en el termómetro, en el vaso de precipitados y en la varilla. Ha empezado a hervir sin que haya coagulado del todo y hemos tenido de añadir 11 gotas de limón”. Otra chica sabe identificar los hechos más significativos, por ejemplo cuando dice: “Dado que la leche que he utilizado es desnatada nos ha costado mucho que la leche coagulara y hemos tenido que añadir más gotas de limón”. Otra chica establece un

razonamiento quizás más completo: “T = 89°C: Como faltan pocos grados para que la leche empiece a hervir y la leche no cuaja para nada, hemos añadido 5 gotas más de jugo de limón”.

Otra dificultad experimental en la preparación del requesón es la filtración, un proceso muy lento, hasta el punto que a veces hay que dejarlo un día entero. La clase siguiente casi nadie se acuerda y además, la mayoría de los grupos no pueden explicar el motivo de la lentitud de la filtración, es decir relacionarla con la medida de las grandes agrupaciones de la caseína coagulada. Se limitan a decir “Hemos podido observar que la filtración es muy lenta”, o bien comentan: “Al principio pasaba bien pero al final lo tuvimos que dejar porque no había manera de separar el requesón del suero”.

En cuanto a proponer algún cambio para mejorar el experimento, no creo que el alumnado pueda hacerlo ya que no se trata de un tipo de experimento cercano a su realidad cotidiana. Las propuestas de mejora se producen en casos como por ejemplo, en la fabricación del bizcocho incluso en el proceso de planificación. Además, en algunos grupos que habían olvidado llevar el limón al laboratorio y utilizaron vinagre, mostraron su sorpresa ya que no les parecía que fueran sustancias que pudieran cumplir unciones similares. En 4º de ESO, una mayoría no sabe que las dos sustancias son ácidas y, a pesar de que se les suministre esta información en clase, lo olvidan rápidamente. Probablemente no forma parte de la cantidad de información química que son susceptibles de recordar ni corresponde al nivel de demanda cognitiva correspondiente el momento en que se encuentran en el proceso de modelización del cambio químico. Únicamente, un grupo de dos chicos preguntó la cantidad exacta de limón necesario para cuajar un litro de leche y se lo prepararon para merendar con éxito.

La redacción de un informe de laboratorio después de haber realizado el experimento favorece la lectura evaluativa, a diferencia de la construcción de la V heurística que, a medida que se va utilizando, adquiere el carácter de foto fija para el alumnado. Un grupo dos chicos es capaz de explicar los resultados no previstos o divergentes, cuando dice “Ha coagulado todo en el vaso y hemos mezclado una filtración con una decantación para separar el requesón del suero”. Un chico del mismo grupo dice “No hemos tenido que filtrar el requesón ya que nos hemos podido permitir hacerlo directamente por decantación”. En la valoración final del experimento, un chico dice: “Considero que este experimento ha sido positivo por qué hemos podido seguir el proceso químico y culinario del requesón”.

El experimento del requesón no favorece la lectura creativa, a diferencia del bizcocho, en el que los grupos recurren a todo tipo de sustancias habituales en la cocina, especialmente las que son dulces. Como el experimento ya está planteado en contexto culinario, el único aparato más cotidiano que podría sustituir los que ya se utilizan sería un colador en lugar del embudo con papel de filtro, como fue sugerido por un grupo de chicas con las que estuve discutiendo el experimento mientras lo hacían.

Ya hemos comentado la sorpresa y los problemas que planteó el uso del vinagre, en lugar del limón. Algunos chicos no entendieron la sustitución de una sustancia por otra y dicen: “En nuestro experimento, hemos tenido que sustituir el limón por el vinagre, lo que puede provocar alguna alteración en la realización del experimento”, o bien: “Hemos tenido una dificultad muy grave, no teníamos limón y hemos tenido que hacerlo con vinagre”. Hay una confusión entre no haber traído el limón, un hecho penalizado por no cumplir con las responsabilidades individuales que tiene cada cual en el grupo, con introducir una modificación en la sustancia a utilizar.

Un último aspecto que nos permite saber si hubo lectura creativa viene indicado por el entusiasmo de algunos grupos en realizar el experimento en casa, como merienda. Un alumno comenta: “Seguramente esta receta más de algún alumno la realizará en su casa”.

## **6. ALGUNAS IDEAS GENERALES**

He intentado analizar el experimento desde el punto de vista de la competencia lectora del alumnado y a lo largo del análisis creo percibir que ellas y ellos no sólo leen el guión de la práctica, sino que también leen los materiales que utilizan: la caja de leche comercial (marca comercial, color, aditivos,...) que llama su atención, y los instrumentos (el termómetro y el papel de filtro en este caso). Dos chicas apuntan en su informe que la leche llevaba un estabilizador E-451 que la da un color amarillento

En resumen, podemos decir que hay un par de chicos y una chica que sólo hace una lectura literal del experimento, es decir se limitan a repetir el guión. El resto del alumnado se sitúa entre en los niveles de lectura inferencial y evaluativo, dado que hacen una explicación del fenómeno o llegan a algunas conclusiones.

De todas formas, no se da una correlación entre los niveles de lectura y la significatividad en la construcción del modelo de cambio químico. La lectura lineal es un requisito previo para hacer el experimento y avanzar en la construcción del modelo de cambio químico, pero eso no quiere decir que aquéllos que sólo hacen una lectura literal del experimento no avancen en el proceso de construcción del modelo de cambio químico. El proceso de aprendizaje del modelo de cambio químico es largo y tiene varios caminos para avanzar: la vía experimental no es la única. La lectura inferencial en el alumnado, especialmente la elaboración de conclusiones con relaciones de causa -efecto no se corresponde siempre con el progreso en el proceso de modelización del cambio químico, ya que también puede presentarse en chicos y chicas con dificultades para comprender el cambio químico. Por ejemplo, una chica sin modelo de cambio químico escribe: “Hemos conseguido separar el requesón del suero, el limón hace que la leche se corte.”

El análisis de la competencia lectora del alumnado frente al experimento del requesón es útil también para el profesorado, pues correlaciona de alguna forma con el resultado de la transposición didáctica o con la secuencia didáctica en la que está incluido el experimento. La mayoría del profesorado considera que el experimento de requesón es difícil para su comprensión, en una clase de 4º de ESO. El profesorado de

Biología lo explica como un cambio de estructura y en clase de Química lo aproximamos a un cambio químico ya que en la reestructuración de las proteínas se forman nuevas sustancias. Los resultados obtenidos analizando la competencia lectora del alumnado nos permiten afirmar que no presenta más dificultad que un experimento tradicional de laboratorio como la oxidación del hierro, donde se formen distintos tipos de óxidos y en clase se simplifica como óxido de hierro (III).

#### REFERENCIAS

1. I. Solé. *Aula de Innovación Educativa*, **2005**, 620, 22-27.
2. A. Marbà, N. Solsona y M. Izquierdo. Análisis de textos para la competencia lectora de los estudiantes de Ciencias, *XXI Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales*, San Sebastián (2004).
3. M. Izquierdo y N. Sanmartí. El lenguaje y la experimentación en las clases de Química, en *Aspectos didácticos de Física y Química (Química) 11*, ICE Universidad de Zaragoza, Zaragoza (2003).
4. N. Solsona *El saber científico de las mujeres*. Madrid, Talasa (2003).
5. N. Solsona, *La cocina, el laboratorio de la vida cotidiana*, en G Pinto (ed.) *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. Ingenieros Industriales de la UPM, 57 – 66, Madrid (2003).
6. J. Wilson, I. Chalmers, *J. Chem. Educ.*, **1988**, Vol. 85, 11, 996-999.
7. N. Solsona, M. Izquierdo, O. De Jong, *Int. J. Sci. Ed.*, **2003**, Vol. 25, 1, 3-12.





# QUÍMICA COTIDIANA: UN PROYECTO PARA LA ENSEÑANZA DE UNA QUÍMICA CONTEXTUALIZADA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

*Aureli Caamaño*<sup>1</sup>, *Josep Corominas*<sup>2</sup>, *Marta Segura*<sup>3</sup>, *Teresa Ventura*<sup>4</sup>

<sup>1</sup> IES Barcelona-Congrés, Barcelona. acaamano@pie.xtec.es

<sup>2</sup> Escola Pia de Sitges. jcoromi6@pie.xtec.es

<sup>3</sup> Escola Pia, Barcelona. msegur2@pie.xtec.es

<sup>4</sup> IES Fort Pius, Barcelona. mventu34@pie.xtec.es

Grupo “Química cotidiana”, Programa de Formación para la Enseñanza de las Ciencias, Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias y Tecnología Passeig de la Vall d’Hebron, 64-70. 08023 Barcelona.

*La finalidad principal del proyecto “Química cotidiana” es mostrar cómo se pueden contextualizar gran parte de los contenidos de Química de la educación secundaria obligatoria (ESO) a través del estudio de las sustancias y de los materiales de la vida cotidiana, una opción que implica un enfoque de la enseñanza de la Química desde una perspectiva de alfabetización científica y de una Ciencia para la ciudadanía. Este proyecto forma parte de un conjunto de proyectos de innovación en ciencias realizados en el marco del Programa de Formación para la Enseñanza de las Ciencias que se está desarrollando en el Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias y Tecnología del Departamento de Educación de la Generalitat de Cataluña.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Se pretende el desarrollo de materiales didácticos sobre la química cotidiana, es decir, sobre las propiedades, la obtención y las aplicaciones de las sustancias, los productos químicos y los materiales de la vida cotidiana. En una primera fase nos hemos propuesto explorar las posibilidades didácticas que ofrecen los alimentos y las bebidas en el primer ciclo de la ESO, y los fármacos presentes en un botiquín, los productos de la limpieza y los envases y embalajes, en el segundo ciclo de la ESO.

El proyecto se ha iniciado con el diseño de una serie de secuencias de actividades de enseñanza-aprendizaje sobre los temas siguientes: Alimentos, Bebidas, Fármacos, Productos de limpieza y Envases y materiales de embalaje. Los dos primeros permiten una introducción de los conceptos de disolución y dispersión; los dos siguientes una introducción a muchos aspectos de la reacción química, y el último, al estudio de diversos materiales.

Para la elaboración de estas secuencias se han consultado diferentes materiales, libros, proyectos y artículos de una filosofía similar a la de nuestro proyecto (1-31) y actas de seminarios y jornadas sobre este tema (32).

Los puntos clave que se han tenido en cuenta para elaborar las secuencias son:

- Decidir el contexto (situaciones cotidianas, aplicaciones, problemática social, contexto histórico, etc.) a partir del cual construir el hilo conductor de la secuencia.
- Establecer las cuestiones claves que se querían abordar.
- Tener en cuenta las dificultades conceptuales de aprendizaje que comportan los contenidos que se estudian y las concepciones alternativas de los estudiantes.
- Facilitar el aprendizaje de los estudiantes a través de una secuencia de actividades bien estructurada.

Las características de las secuencias que se han elaborado son las siguientes:

- perspectiva de alfabetización científica
- contextualización CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad).
- importancia de la comprensión de los fenómenos y de los procesos de modelización
- énfasis en las actividades de comunicación
- énfasis en el trabajo experimental investigativo
- uso de las tecnologías de la información y de la comunicación
- valoración del trabajo cooperativo
- atención a la diversidad de motivaciones e intereses de los alumnos y alumnas.

Las secuencias se han diseñado con la siguiente estructura de actividades de aprendizaje (33):

- actividades de iniciación, con el doble objetivo de exploración de las ideas del alumnado y de presentación de los objetivos de la secuencia.
- actividades de introducción de los contenidos y de reestructuración de conocimientos de los estudiantes (interpretación, experimentación, modelización, aplicación, etc.).
- actividades de recapitulación a lo largo de la secuencia.
- actividades de síntesis final.
- actividades de aplicación en nuevos contextos.

Estas secuencias se han experimentado durante los cursos 2003-04 y 2004-05, con el objetivo de poder disponer de una propuesta didáctica de base para los Seminarios de innovación en Ciencias que se iniciarán el curso próximo, dentro del Programa de Formación para la enseñanza de las Ciencias del CDECT de Cataluña.

## **2. SECUENCIAS DIDÁCTICAS**

A continuación presentamos brevemente los contenidos y actividades de cada una de las secuencias.

## **2.1. Los alimentos**

Los hábitos alimentarios varían según las épocas por razones diversas. Actualmente podemos decir que la Ciencia y la Tecnología tienen la clave para la producción y el control de alimentos para toda la humanidad. De aquí que sea tan importante el conocimiento de los alimentos y de sus procesos de obtención, conservación y manipulación. Esta secuencia didáctica pretende comprender que la mayoría de los alimentos son dispersiones y las reacciones químicas se llevan a cabo cuando se cocinan.

Las actividades de la secuencia incluyen la clasificación de los alimentos que componen un almuerzo y de los que se conservan en una nevera, un estudio de los productos lácteos, de los cereales y de las confituras. En otras actividades se estudia la composición química de los alimentos y se realizan pruebas identificatorias de los grupos funcionales que hay en los alimentos. Por último se analizan los diferentes procesos fisicoquímicos que intervienen en las diferentes maneras de cocinar los alimentos.

## **2.2. Las bebidas**

Las bebidas constituyen un conjunto de productos cotidianos de gran incidencia en nuestra vida. Estudiando las bebidas podemos abordar en las clases de Química un gran abanico de conceptos como los de mezcla, solución, solubilidad, dispersión, etc. y a la vez tratar una serie de aspectos relacionados con el consumo, la salud y la tecnología.

A partir de diferentes bebidas comerciales se intenta hacer una clasificación de las bebidas (aguas, carbónicas / no carbónicas, alcohólicas / no alcohólicas, infusiones, de frutas, etc.). Mediante la observación de las etiquetas de diferentes bebidas se identifican los diferentes componentes de las bebidas y los aditivos que contienen: colorantes, conservantes, antioxidantes, estabilizantes, emulsionantes, a través del conocimiento de sus códigos. En las bebidas carbónicas se identifica el gas que contienen y se estudia la variación de la solubilidad del dióxido de carbono con la temperatura. También se fabrica una bebida carbónica mediante reacción de "bicarbonato" de sodio y de zumo de limón. Se preparan bebidas de plantas, como el café, mediante la técnica de arrastre por vapor, y por infusión, decocción y aceración. También se investiga el efecto de la temperatura en las infusiones y se realiza una experiencia de extracción de la cafeína del café. Por último, se aborda el estudio de las bebidas alcohólicas, que se pueden preparar por fermentación (como el vino y el cava) o por destilación (güisqui, orujo, etc.). Se calcula la cantidad de alcohol que contienen las bebidas alcohólicas a partir de su graduación (vino, cerveza, etc.) y se determina el grado alcohólico de un vino mediante una destilación fraccionada. Finalmente, se hace un debate sobre los efectos del alcohol sobre el organismo.

### **2.3. Los fármacos**

Esta secuencia didáctica pretende estudiar los productos que se encuentran en el botiquín de una casa o de la escuela. El estudio de estos fármacos permite trabajar conceptos químicos como el de solución, dispersión y reacción química.

Se inicia la secuencia clasificando los fármacos que hay en un botiquín. Muchas de estas sustancias se encuentran en forma de emulsiones, espumas o geles. Se investiga si el agua oxigenada es una sustancia pura y si se trata de una sustancia simple o de un compuesto. También se investiga la influencia de los catalizadores en la reacción de descomposición del agua oxigenada. Se vuelve sobre la clasificación de los fármacos existentes, esta vez desde el punto de vista de si son antisépticos, antiácidos o analgésicos. Así se clasifica el *Betadine* y el agua oxigenada como un antiséptico, el bicarbonato de sodio como un antiácido y la aspirina como un analgésico. Observamos también que el alcohol se utiliza como antiséptico, a la vez que hemos visto que forma parte de las bebidas alcohólicas. A continuación se hace un recorrido por la Historia para conocer las diferentes formas en que se han utilizado las plantas medicinales. Se introduce el concepto de principio activo de un medicamento y se estudia cómo se sintetizan actualmente los medicamentos en el laboratorio. Por último, se realiza un debate sobre las precauciones que deben tenerse en cuenta cuando se toma un medicamento y sobre la importancia de leer y ser consciente de la información que contiene el prospecto.

### **2.4. Los productos de la limpieza**

Ir limpios, llevar ropa limpia y mantener limpia la casa donde vivimos es una exigencia social y de salud. En esta secuencia didáctica nos preguntamos cómo se limpia, cómo actúan los jabones y los detergentes, y qué composición tienen. A través de las actividades diseñadas se pueden introducir y estudiar conceptos como los cambios de fase, la solubilidad de las sustancias, las reacciones químicas y la relación entre la estructura y las propiedades de las sustancias.

Se investiga cómo poder disolver manchas de diferentes tipos con diferentes tipos de disolventes. Se estudia la acción blanqueante de la lejía. Se investiga cómo actúan y cómo se fabrican los jabones y los detergentes. También se investiga qué es lo que confiere “dureza” al agua y cómo podemos eliminarla. Se compara cuáles son las ventajas e inconvenientes de los detergentes respecto de los jabones. Se analiza cuál es la composición química de un detergente: tensoactivos, blanqueadores, enzimas, etc. Por último, se estudian experimentalmente las propiedades ácidas o básicas de muchos productos de limpieza.

### **2.5. Los envases y los materiales de embalaje**

Es evidente que nuestra actividad cotidiana genera una gran cantidad de residuos procedentes de envases y de embalajes con los que se nos presentan los alimentos, las bebidas, los productos de limpieza, los fármacos, los electrodomésticos y tantos otros objetos que se encuentran en nuestra sociedad de consumo. No es necesario ser un

gran observador para darse cuenta de la gran variedad de materiales con que están hechos estos envases y embalajes. La selección de un tipo u otro de material para fabricarlos responde a la disponibilidad y precio de las materias primas, y muy especialmente a las propiedades y usos de estos materiales: plásticos, vidrio, metales, cerámica, papel, cartón, etc.

Podemos disponer fácilmente de una amplia muestra de estos materiales en clase o en el laboratorio a partir de los envases y embalajes que los alumnos pueden encontrar en sus propias casas. Con ellos podemos desarrollar toda una serie de actividades de observación, clasificación y de análisis de las propiedades físicas y químicas de los materiales de que están constituidos e intentar relacionar sus propiedades con su estructura interna. También es muy importante realizar en relación con los envases y embalajes un debate sobre la limitación de los recursos materiales, del coste energético para obtenerlos y transformarlos, y de los problemas que generan los residuos, así como de la importancia cada vez mayor de una recogida selectiva de éstos.

### 3. CONSIDERACIONES FINALES

Las secuencias didácticas descritas, una vez experimentadas y revisadas, creemos que nos han de permitir avanzar en la elaboración de una propuesta contextualizada del currículum de Química en la ESO a partir del estudio de los productos de la vida cotidiana, teniendo presente la necesidad de educar a través de la Ciencia para adquirir una cultura científica, crear hábitos de salud, formar una conciencia ciudadana, ser capaces de opinar y participar en la toma de decisiones, ser conscientes de la necesidad de un mundo sostenible y actuar en consecuencia (34, 35). Es intención del grupo de “Química Cotidiana” ampliar en un futuro próximo las secuencias didácticas elaboradas, abordando temas como los cosméticos, los perfumes, los colorantes, los tintes y pigmentos, los fertilizantes, etc.

### REFERENCIAS

1. E. Albadalejo, *La química de la cuina*, Edicions La Magrana, Barcelona (1989).
2. E. Bueno, *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de la Ciencia*, **2004**, Vol. 1 (1), 45-51.
3. X. Duran, M.D. Martínez, *La química de cada día*, Enciclopèdia Catalana, Barcelona (1989).
4. J. Emsley, *Guide des produits chimiques à l'usage du particulier*. Editions Odile Jacob. París, 1996.
5. J. Emsley, *Moléculas en una exposició. Retratos de materiales interesantes en la vida cotidiana.*, Península, Barcelona (2000).
6. Grupo Quimesca, *Las bebidas. Café, te y chocolate*, Centro de Profesores de Málaga (2001).
7. Grup Martí i Franquès, *¿Eso es química?*, Alhambra, Madrid (1988).

8. J.W. Hill, D.K Kolb, *Química para el nuevo milenio*, cap. 17: Productos químicos para el hogar, Prentice Hall, México (1999).
9. Nuffield Foundation, *Nuffield Co-ordinated Science. Chemistry*. Topic 3, Chemical in our homes, Longman (1988).
10. Science Education Group, *Chemistry. The Salters' Approach*, Heinemann, Oxford (1989).
11. Science Education Group, *Science. The Salters' Approach*, Heinemann, Oxford (1990).
12. B. Selinger, *Chemistry in the market place*, John Murray, London (1989).
13. C.H. Snyder, *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*, 3ª ed., John Willey, London (1998).
14. VVAA, *Química cotidiana*, Guix, **1995**, Vol. 218, 5-43.
15. N. Solsona, *La química de la cocina*, Cuaderno de Educación no sexista, n.13. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Instituto de la mujer, Madrid (2002).
16. H. This, *Les secrets de la casserole*, Ed. Belin, París (1993).
17. H. This, *Casseroles et éprouvettes*, Ed. Belin, París (2002).
18. E. Vivas, *Alambique*, **2001**, Vol. 69, 69-76.
19. M. R. Jiménez, M.A. Sánchez, E. de Manuel, *Alambique*, **2001**, Vol. 28, 53-62.
20. A. Oñorbe (coord.), Monográfico: La química cotidiana, *Alambique*, **2001**, Vol. 28, 53-83.
21. R. del Cid, A. Criado, *Alambique*, **2001**, Vol. 28, 77-83.
22. C.I. Salas, Els perills que comporta una bona neteja, *NPQ*, **2002**, Vol. 411, 15-17.
23. G. Salazar, C. García, *Importancia del buen uso y manejo de los productos químicos en el hogar*, en G. Pinto (ed.), *Didáctica de la Química y vida cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2003).
24. A. Caamaño, M.T. Puigvert, R.M. Melià, M.A. Llavería, J. Corominas, *Química cotidiana a través de la Química Salters: la química del color y la química de las medicinas*, en G. Pinto (ed.), *Didáctica de la Química y vida cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2003).
25. Grup Salters, *Química dels medicaments*, Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya. Barcelona (2003).
26. R. Rubio, *Alambique*, **2003**, Vol. 38, 33-41.
27. Agència Metropolitana de Barcelona, *Els envasos a la vida quotidiana*, Àrea Metropolitana de Barcelona, Entitat del Medi Ambient, Agència Metropolitana de residus, Barcelona (2003).
28. C. Mans, *Perspectiva Escolar*, **2003**, 277, p. 2-18.
29. VVAA, *Perspectiva Escolar*, **2003**, Vol. 277, 2-57.
30. C. Mans, Flams. *Notícies per a Químics (NPQ)*, **2004**, Vol. 420, 5-11.
31. VVAA, *Alambique*, **2005**, Vol. 43, 103.
32. G. Pinto (ed.), *Didáctica de la Química y vida cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2003).

33. A. Caamaño, R. Grau, Elaboració, experimentació i revisió d'una seqüència didàctica, en AAVV. *Ciències Experimentals. Material de suport. Formació adreçada a centres. ESO*. Departament d'Ensenyament, Generalitat de Catalunya, Barcelona (1995).
34. A. Caamaño, *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya*, **2004**, Vol. 122, 13-29.
35. J. Corominas, E. Beal, L. Calvo, A. Caamaño, M. Segura, T. Ventura, I. Gomis, Química quotidiana: un projecte per a l'ensenyament de la química contextualitzada a l'ESO, *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na inovação da Educação em Ciência*, Actes del III Seminari Ibèric CTS en l'Ensenyament de les Ciències. Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro (2004).





## **EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y FUNCIONAL: UNA HERRAMIENTA METODOLÓGICA EN LA FÍSICA DE SEGUNDO DE BACHILLERATO**

*Ángel de Andrea González<sup>1</sup>, Ana Gómez Gómez<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> IES Carpe Diem, Álvarez Laviada, 3. 28370 Chinchón. andreaglez@vodafone.es

<sup>2</sup> IES Sefarad, Camino del Molino, 3. 28944 Fuenlabrada.  
agomeygomez@yahoo.es

*El objetivo del presente trabajo es exponer una metodología en la enseñanza de la Física de 2º de bachillerato basada en un aprendizaje significativo y funcional, todo ello fruto de nuestra labor docente en el aula. Hemos podido comprobar que una metodología de estas características favorece la motivación del alumnado frente a la citada asignatura, que no está exenta de cierta complejidad.*

### **1. INTRODUCCIÓN: EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO**

El origen del aprendizaje significativo hay que situarlo en la década de los sesenta, cuando D. P. Ausubel lo acuñó para definir lo opuesto al aprendizaje repetitivo (1). Para este autor y para sus seguidores, la significatividad del aprendizaje se refiere a la posibilidad de establecer vínculos sustantivos y no arbitrarios entre lo que hay que aprender, el nuevo contenido y lo que ya se sabe, lo que se encuentra en la estructura cognitiva de la persona que aprende (sus conocimientos previos). Este aprendizaje está ligado inherentemente al aprendizaje funcional. Se entiende que un aprendizaje es funcional cuando la persona que lo ha realizado puede utilizarlo efectivamente en la situación concreta para resolver un problema determinado. Ahora bien, un aprendizaje significativo requiere de tres condiciones:

A) Que el material sea potencialmente significativo. Es decir, se trata de que la información, el contenido que se propone, sea significativo desde el punto de vista de su estructura interna, que sea coherente, claro y organizado, no arbitrario ni confuso.

B) Que el alumnado disponga del bagaje indispensable para efectuar la atribución de significados que caracteriza el aprendizaje significativo. Esto es, que el alumnado, además, disponga de los conocimientos previos pertinentes que le van a permitir abordar el nuevo aprendizaje.

C) Una actitud favorable del alumnado frente al aprendizaje significativo.

### **2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y FUNCIONAL**

Una de las mayores dificultades con las que se encuentra el alumnado ante la Física de 2º de bachillerato es, además del aparato matemático inherente a este asignatura, el nivel de abstracción para comprender los conceptos físicos. Nuestra experiencia pone de manifiesto que los resultados académicos mejoran notablemente si estos contenidos se relacionan con fenómenos físicos que ocurren en la vida

cotidiana, que son susceptibles de explicarse cualitativamente (2,3,4). Por todo ello, en la secuenciación de cada una de las unidades didácticas en el aula, es conveniente finalizar la explicación de cada epígrafe con una aplicación práctica de los fenómenos físicos expuestos, utilizando una herramienta metodológica denominada *¿para qué sirve esto?* (5,6).

A modo de ejemplo, hemos seleccionado algunas de estas aplicaciones dentro del currículo oficial.

### **2.1. Aspectos didácticos del fenómeno de la difracción de las ondas**

En relación a la difracción de las ondas electromagnéticas es interesante plantear a los alumnos el mayor alcance de las ondas de radio frente a las de TV. Esto se debe a que las ondas de radio tienen una longitud de onda del orden del tamaño de montañas y cordilleras, difractándose y aumentando su “alcance”. Las de TV, tienen longitudes de ondas más pequeñas y son detenidas por éstas. Por otro lado, y en relación a las ondas sonoras, es importante recalcar que las rejillas agujereadas que presentan los altavoces no se utilizan para protegerlos del polvo, sino para difractar el sonido, y hacer posible que éste, al viajar en todas las direcciones, llegue a todos los puntos de una habitación. En algunas salas de conciertos, al quitar las telas de araña que difractaban el sonido, se ha comprobado una merma en la audición.

### **2.2. Aspectos significativos del concepto de fuerza eléctrica**

Es necesario insistir al alumnado que las fuerzas eléctricas atractivas son las responsables del comportamiento de una amplia gama de productos comerciales. Por ejemplo, el material de las lentes de contacto blandas está hecho de moléculas que atraen eléctricamente las moléculas de proteína en las lágrimas humanas. Estas moléculas son absorbidas por el material de las lentillas de tal forma que éstas están compuestas sobre todo de lágrimas del usuario: éste no percibe las lentes como un objeto extraño y resultan ser más cómodas que las lentes de contacto rígidas. Relacionado con lo anterior se podría indicar que algunos tipos de maquillaje incorporan sustancias que son atraídas eléctricamente por la piel provocando que los pigmentos permanezcan en su lugar una vez aplicados.

### **2.3. Utilidad del Concepto de campo electrostático**

Apelando a la interdisciplinariedad del aprendizaje, una aplicación interesante del concepto de campo electrostático lo tenemos en los tiburones: estos son sensibles a pequeñísimos campos electrostáticos producidos por las cargas de un cuerpo (por ejemplo un pez). De esta forma pueden detectar peces que se pudieran hallar escondidos en el mar.

### **2.4. Aspectos didácticos de los conductores metálicos en equilibrio electrostático**

Caben mencionarse las siguientes aplicaciones:

- En el pararrayos tipo Franklin (inventado por dicho científico en 1752), por ser un conductor metálico terminado en punta, se acumula un exceso de electrones que suben de tierra por un cable y que son inducidos por la carga positiva de las nubes. Debido a la fuerte repulsión entre ellos, escapan hacia las nubes (viento eléctrico), neutralizando así su carga positiva y evitando una descarga eléctrica.

- La capacidad de los conductores de “bloquear” los campos eléctricos externos se utiliza muy frecuentemente. Este principio de blindaje o apantallamiento electrostático se utiliza para proteger los componentes electrónicos de los circuitos de la influencia nociva de campos eléctricos externos, encerrándose éstos en cajas metálicas pequeñas que actúan como jaulas de Faraday. No es necesario que las paredes del conductor formen una envoltura continua, basta simplemente con un enrejado (como una tela metálica), de ahí viene el nombre de Jaula de Faraday.

- Muchos de los cables de cobre de los equipos de alta fidelidad, para evitar interferencias de campos eléctricos externos, están rodeados por una cubierta de cobre entrelazado. Los automóviles y los aviones, al ser metálicos, actúan como jaulas de Faraday, y protegen a sus ocupantes de los rayos.

## 2.5. Campo magnético y materiales magnéticos

Se ha descubierto que las aves migratorias y palomas mensajeras son capaces de detectar el campo magnético terrestre y orientarse con él debido a que poseen en su cerebro magnetita que actúa como una brújula. Lo mismo les sucede a delfines, atunes, murciélagos, abejas y bacterias. En 1992 se descubrió que el cerebro humano contiene también magnetita.

En el proceso de grabación de una cinta de vídeo o de cassette, la cinta que es ferromagnética, pasa sobre una cabeza grabadora (electroimán) que con su campo magnético orienta las dipolos magnéticos (pequeños imanes) en una determinada dirección y sentido según la corriente que pasa por el electroimán. Así también se magnetizan las cintas magnéticas de las tarjetas de crédito. ¿Por qué no es conveniente colocar estos objetos cerca de altavoces o de cierres magnéticos de algunos bolsos? Sencillamente porque el campo magnético creado por un altavoz o por un cierre magnético cambia la orientación de los dipolos magnéticos en la cinta magnética, perdiéndose la información almacenada, que depende de la orientación de los dipolos.

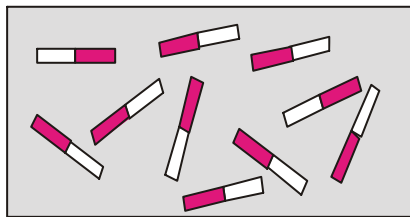


Figura 1. *Cinta magnética virgen.*

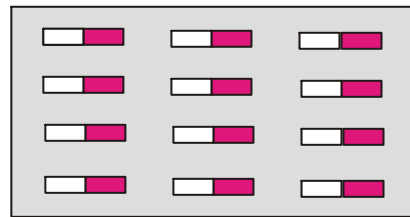


Figura 2. *Cinta magnética magnetizada.*

## **2.6. Espectro electromagnético**

En relación a la radiación ultravioleta (UV) sería de interés señalar que, en verano, al haber más horas de sol, el acné de los adolescentes disminuye por la acción bactericida de la radiación ultravioleta. Por la misma razón, las personas afectadas de psoriasis (enfermedad de la piel de origen desconocido) experimentan mejoría. En cuanto a las medidas de protección de la radiación ultravioleta, es interesante hacer conocer al alumnado que usar gafas de sol que no bloquean la radiación UV es peor para los ojos que no usarlas. Las lentes de cualquier tipo de gafas absorben radiación visible, lo que provoca que la pupila del usuario se dilate; en consecuencia si las gafas no filtran la radiación ultravioleta ésta daña el cristalino. Por el contrario, si no se utilizan gafas de sol, las pupilas están contraídas y entra poca radiación UV.

Es interesante comentar que el monitor de un ordenador o un televisor no son peligrosos para la vista porque sólo emiten luz visible, aunque por tener fija la vista pueden producir fatiga en los ojos. Por ello son recomendables los filtros que dan a la imagen tonos más suaves, aparte de disminuir la sensación de rayado de la misma.

## **2.7. Reflexión de la luz. Reflexión interna total: ángulo límite.**

La reflexión explica porqué los bombones, y también determinados caramelos, se envuelven en papel plateado. El papel plateado refleja la luz visible o la radiación infrarroja, ambas provenientes del exterior, evitando que, por la absorción térmica, se eleve la temperatura del bombón o del caramelo. En esta línea de razonamiento se puede explicar el principio del termo Dewar: la superficie plateada hace que se produzca la reflexión especular, confinando la radiación infrarroja en el interior del mismo.

La reflexión interna total explica porqué la fibra óptica permite guiar la luz y transmitir información al entrar luz por un extremo de un tubo de vidrio o plástico formando un ángulo pequeño con él (ángulo límite). Los “pelos” de raíces de las plantas transmiten así la información sobre la profundidad del suelo. La iluminación de determinadas fuentes y piscinas también se fundamenta en el fenómeno de la reflexión interna.

Otra aplicación de este fenómeno es el refractómetro que nos permite medir el índice de refracción de un líquido al incidir la luz con el ángulo límite. Consiste en un bloque de vidrio con una parte superior pulida y una pequeña célula en su lado posterior para muestras líquidas.

## **2.8. La contracción relativista de la longitud**

Los alumnos han de tener presente que los efectos relativistas de la longitud son importantes en la construcción de un microscopio electrónico. La potencia de enfoque de la “lente” debe incluir la corrección relativista de longitud y evitar errores. Se trata de observar que este hecho se produce a velocidad  $v \sim c$  y que la mayoría de los

sucesos que ocurren en la vida cotidiana se explican mediante las leyes de Newton que siguen siendo válidas.

### **2.9. El cuerpo negro y la hipótesis de Planck**

La teoría sobre el cuerpo negro nos permite explicar el color negro de la pupila del ojo; la pupila actúa de manera similar a un cuerpo negro, absorbiendo la radiación visible que le llega.

La ecuación de Planck establece que la energía de un fotón es directamente proporcional a su frecuencia, siendo la constante de proporcionalidad la constante de Planck. Esta ecuación nos permite explicar por qué en el cuarto oscuro para el revelado de las fotografías, se utiliza luz roja: esto se debe a que los fotones de la luz roja, de mayor longitud de onda y menor frecuencia, son menos energéticos y no velan el negativo. Los fotones de la luz azul sí lo velarían, ya que son más energéticos

### **2.10. Inducción mutua**

Cuando en las proximidades de un circuito que produce un flujo magnético variable colocamos otro, siendo atravesado por dicho flujo, observamos que en éste último aparece una fuerza electromotriz inducida que será variable en el tiempo; la intensidad inducida también será variable en el tiempo, lo que origina en el primer circuito una fem inducida por el segundo. Cada circuito induce en el otro una fuerza electromotriz. Este fenómeno se denomina inducción mutua.

El fenómeno de la inducción mutua tiene aspectos didácticos de interés:

- Ciertos marcapasos se activan exteriormente mediante inducción mutua. El flujo magnético de una bobina exterior atraviesa otra colocada en el marcapasos situado en el corazón. La ventaja frente a los marcapasos de pilas es que no es necesaria intervención quirúrgica para sustituir pilas al gastarse.

- Los cargadores inalámbricos de los teléfonos móviles tienen un solenoide que induce una corriente en la bobina del teléfono, que es la que carga el teléfono.

- En los circuitos de electrónica el cableado se halla retorcido entre sí para compensar, al variar la orientación, las inducciones mutuas de unos cables con otros, lo que podría originar parásitos o ruidos de fondo.

### **2.11. Autoinducción**

No habría que pasar por alto que los materiales magnéticos pueden alterar la inductancia de una bobina. Por ello, para controlar los semáforos en las intersecciones de tráfico se entierran en el pavimento bobinas planas. Al pasar un coche sobre ellas, el hierro de su carrocería modifica la inductancia de la bobina, produciéndose el cambio en el semáforo.

### **2.12. Extracorrientes de cierre y apertura**

Las extracorrientes de apertura explican las chispas que se producen al desenchufar cualquier electrodoméstico. Por otro lado, las bobinas de choque o de

inducción, también llamadas carretes de *Ruhmkorff*, son unos dispositivos que poseen una inductancia muy grande produciendo extracorrientes de apertura considerables, que dan lugar a altos voltajes. El encendido de los tubos fluorescentes se debe a la acción de estas bobinas. Siguiendo esta línea de razonamiento se puede explicar porqué en el sistema de encendido de los automóviles de gasolina, al interrumpir bruscamente la corriente de la batería que alimenta la bobina de encendido (bobina de inducción), se produce un voltaje de 10.000 V en los electrodos de un bujía; voltaje que produce la chispa que inflama la mezcla de aire y gasolina en el carburador.

### 3. CONCLUSIÓN

Desde un punto de vista de un aprendizaje significativo, funcional e interdisciplinar, la explicación en el aula de fenómenos físicos típicos que ocurren en la vida cotidiana, aparte de mejorar notablemente el aprendizaje de la Física, induce en el alumnado un cierto interés en la asignatura en cuestión, así como una mejora en su capacidad de razonamiento.

### REFERENCIAS

1. D. P. Ausubel, J. D. Novak and H. Hanesian, *Educational psychology: A cognitive view*, 2nd. Ed., New York, Holt, Rinehart and Winston (1978).
2. J. Aguilar y F. Senent, *Cuestiones de Física*, Ed. Reverté, Barcelona (1994).
3. A. Frova, *Por qué sucede lo que sucede*, Ed. Alianza, Madrid (1995).
4. J. Walter, *Física Recreativa*, Ed. Limusa, México (2003).
5. I. Piñar, A. de Andrea y A. Gómez, *Física de 2º de Bachillerato. Libro del alumno.*, Ed. Edelvives, Madrid (2003).
6. I. Piñar, A. de Andrea y A. Gómez, *Física de 2º de Bachillerato. Libro del profesor*, Ed. Edelvives, Madrid (2003).

## CAMBIO QUÍMICO (CASI) SIN PALABRAS PARA ALUMNOS NO HISPANOHABLANTES

*Emiliano González Izquierdo<sup>1</sup>, Paloma González del Barrio<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> IES Santo Domingo de Guzmán, Plaza Sto. Domingo s/n 09340 Lerma, Burgos  
eglezi@terra.es

<sup>2</sup> IES Conde Diego Porcelos, Eloy García de Quevedo s/n, 09006 Burgos  
pglezb@terra.es

*El lenguaje cotidiano y el contexto cultural pueden derivar en interpretaciones parciales o erróneas de los conceptos científicos, y esto puede agravarse en el caso de que los receptores sean extranjeros. Trataremos, en este trabajo, de las estrategias a utilizar en la enseñanza del cambio químico para extranjeros, cuidando en particular los ejemplos y el lenguaje utilizado, la forma de plantear las preguntas y el orden de las mismas.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la inmigración a nuestro país, de personas procedentes de países y culturas muy distintas a la nuestra, se requiere, aparte de la metodología utilizada habitualmente, introducir en el aula un proceso instructivo que trascienda el meramente lingüístico.

Los textos científicos contienen, frecuentemente, una gran cantidad de información, ocupando un papel importante lo que está explícito y sobreentendido, ya que se pretende dar mucha información de manera concentrada (1). Por otro lado, el lenguaje científico impone una serie de tecnicismos y la utilización de un código más o menos heterogéneo, normalizaciones, elementos gráficos, símbolos no lingüísticos, etc. Es bastante biunívoco, cada significante remite a un sólo concepto, aunque no está exento de términos polisémicos. En este sentido, se intentará superar la dificultad que presentan las distintas lenguas naturales para la expresión de contenidos científicos a causa de la polisemia, sinonimia, homonimia, ambigüedades y valores subjetivos contenidos en las frecuentes connotaciones lingüísticas, centrándonos en el cambio químico (2).

Es nuestra intención proponer actividades claras y precisas, cuidando los ejemplos y su modo de plantearse. Se intentarán evitar ejemplos que presenten ambigüedad o que, por falta de adecuación a la situación, puedan poner en peligro el éxito de la comunicación.

De la gran cantidad de información didáctica que existe referente al cambio químico, extraemos, a continuación, aquellos aspectos que nos han parecido de mayor interés.

En primer lugar, destacamos, los principales errores y problemas (3) que los alumnos cometen y sobre los que se insistirá en las actividades:

- No tienen en cuenta los cambios en los valores de las propiedades características, que supone la identificación de los reactivos y los productos.
- Escasa y deficiente utilización de la Ley de conservación de la masa.
- Dificultades en la utilización de la Ley de Proust.
- Dificultades para dominar la operación de proporcionalidad y distinguir la cantidad de sustancia que reacciona respecto a la que se pone en reacción.

En segundo lugar, hemos tenido en cuenta los distintos niveles de explicación de los conceptos científicos (3), respecto a los cuales hemos establecido también distintos niveles en las actividades:

- Nivel descriptivo y funcional: En este nivel podemos ver y tocar los materiales y describir sus propiedades en términos de color, peso, etc. Pueden estudiarse los cambios químicos como los procesos en los que se da la conversión de un material en otro con la consiguiente variación de las propiedades características.

- Nivel representacional: En el que representamos las sustancias químicas por sus fórmulas y los cambios químicos por ecuaciones. Aquí distinguiremos entre el modelo científico y los hechos que explican.

- Nivel explicatorio: Nivel atómico y molecular en el que se intenta explicar el comportamiento de las sustancias químicas en base a unos modelos de complejidad creciente. Aquí nos ayudaremos de gráficos e incluso de modelos tridimensionales para hacer más comprensible la utilización del modelo atómico en la explicación de los cambios químicos y de la naturaleza de la materia.

En tercer lugar, hemos tenido en cuenta que los contenidos que implican un enfoque ciencia-tecnología-sociedad resultan más motivadores para los alumnos (4).

En las actividades, conceptualmente progresivas, muy simples al principio y más complejas a medida que el alumno conoce más hechos a explicar, hemos utilizado sustancias que le son familiares e instrumentos cuyo manejo no presenta grandes dificultades (5).

Aunque pueda parecer superfluo, se debe de entregar al alumno todo el material, aun el más trivial, ya que las dificultades de comprensión del español conducen a situaciones curiosas; éste es el caso de alumnos que no saben representar una variable frente a otra, ya que por frente entienden la parte delantera de la cabeza.

Las actividades se inician con modelos que simulan reacciones químicas en las que los reactivos y productos son cotidianos y conocidos por todos; describiendo, en principio macroscópicamente, las diferencias entre las propiedades características de los reactivos y de los productos. Se analizará también cómo no es posible recuperar las sustancias iniciales por procedimientos físicos. En esta misma línea estudiaremos los criterios de conservación.

Se pueden proponer distintas estequiometrías empleando otro tipo de envoltorios como paquetes de galletas, en los que las unidades vienen de dos en dos, para identificar moléculas diatómicas. Sin embargo, creemos que, para abordar estequiometrías más complejas, resulta más interesante el empleo de piezas del tipo



“geomax” de diferentes colores y masas, que combinadas permiten construir sin dificultad muchas de ellas.

La Ley de Lavoisier se plantea a nivel macroscópico; algo que se puede comprobar con el uso de una balanza. Se señalará la dificultad que tuvo esta proposición en la última parte del siglo XVIII.

A continuación se irán introduciendo nuevos conceptos como la ley de Proust y el concepto de ecuación química, abandonándose el lenguaje descriptivo para incorporar conceptos que permitan explicar el cambio microscópicamente.

Se introducirá, finalmente, la Teoría atómico-molecular para explicar el cambio químico desde un punto de vista atómico. Además podremos comprobar de nuevo el principio de conservación de la masa.

Introduciremos el ajuste de las ecuaciones químicas como consecuencia de la conservación de la masa, e insistiremos a los alumnos en que la masa no depende del estado de agregación de las sustancias. El objetivo es ayudar a comprender que el ajuste de una ecuación química es una consecuencia de la conservación de los átomos y ello concuerda plenamente con la conservación de la masa a nivel macroscópico. En este nivel se les planteará hacer reacciones químicas elementales para su posterior interpretación mediante modelos atómicos.

La interpretación atómica de los cambios químicos se puede efectuar con un modelo atómico elemental, que permite considerar las reacciones químicas como un proceso de reordenación de átomos.

Para que el alumno entienda debidamente el concepto de mol es necesario que tenga muy clara la naturaleza corpuscular de la materia y la ley de las proporciones constantes, para lo que es necesario que dominen el concepto de proporción. Aquí lo importante es que relacionen mol con un número de Avogadro de partículas que les permite poder relacionar con facilidad la cantidad de sustancia con la masa.

Se intentará enseñarles unas técnicas o estrategias de resolución de problemas. Es necesario utilizar un planteamiento previo, una visión global del problema que permita ordenar y enlazar las diferentes etapas de la resolución (6).

## 2. EJEMPLOS DE ACTIVIDADES

Se proponen tres actividades de nivel 4º de la ESO, que implica un tiempo de desarrollode unas dos horas cada una de ellas.

### 2.1. La cantidad en Química

- Objetivo 1: que el alumno relacione la masa con el número de moles.

Materiales: una bolsa de galletas, una balanza y papel milimetrado.

a. Calcula la masa de 2, 4 y 6 galletas y completa la siguiente tabla:

Número de galletas	2	3	4	5	6
Masa de las galletas					

b. Representa gráficamente la masa de las galletas en función del número de galletas y comprueba que son proporcionales (cuando aumenta el número de galletas, aumenta también la masa). Realiza la representación en papel milimetrado.

c. Calcula sobre la gráfica la masa de una galleta.



Ahora te proponemos un modelo en el que al número de galletas le vamos a llamar “número de moles” ( $n$ ) y en el que a la masa de una galleta le vamos a llamar “masa molar” ( $M$ ), de forma que la masa de un número de galletas ( $m$ ) será:

$$m = M \cdot n$$

- Objetivo 2: que el alumno relacione mol con un Número de Avogadro de partículas.

Material: Dos docenas de huevos de gallina, dos docenas de huevos de codorniz y hueras de plástico para hacer las pesadas.

a. Toma una docena de huevos de gallina y calcula su masa en una balanza. Haz lo mismo con una docena de huevos de codorniz. Rellena la siguiente tabla:

Número de huevos de gallina	
Masa de los doce huevos	

Número de huevos de codorniz	
Masa de los doce huevos	

En los dos casos tenemos doce huevos, pero tienen masas diferentes. Te proponemos el siguiente modelo: llamar mol a la cantidad de sustancia que contenga doce partes, la galleta de la actividad anterior también la podemos dividir en doce partes. Recuerda que a la masa de un mol la llamamos masa molar ( $M$ ).

b. Comprueba que la masa de dos docenas de huevos son  $m = 2 \cdot M$

Como ves, se sigue cumpliendo:  
 $m = n \cdot M$

c. Calcula el número de moles de la cantidad de huevos que te suministre el profesor.

Como en Química las partículas son muy pequeñas, los químicos eligieron una unidad de cantidad de materia que les asegurara tomar el mismo número de partículas de diferentes sustancias. Lo más sencillo que se les ocurrió fue tomar una cantidad en gramos de las diferentes sustancias iguales a sus masas atómicas o moleculares. Esta cantidad se llamó mol, que es la unidad de la cantidad de materia. Más adelante, en 1865, se calculó que un mol contenía  $6,022 \cdot 10^{23}$  partículas. Éste es el Número de Avogadro.

### 3. LA MASA Y LA PROPORCIÓN EN QUÍMICA

- Objetivo 3: Comprobar las Leyes de Lavoisier y Proust, ajustar reacciones y realizar cálculos estequiométricos.

Material: Bolsa de pan de molde, lonchas de embutido y balanza.

- Determina la masa de unas rebanadas de pan (mP).
- Determina la masa de unas lonchas de embutido (mE).
- Realiza unos bocadillos (B) de masa mB y comprueba que  $mP + mE = mB$

Supongamos que la formación del bocadillo ha sido una reacción química:

Una reacción química es un proceso por el cual una o más sustancias, llamadas REACTIVOS, se transforman en otra u otras sustancias llamadas PRODUCTOS

d. Lo que has realizado lo podemos expresar como:



**PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA MASA:** La suma de las masas de los reactivos es igual a la suma de las masas de los productos. Lavoisier, que enunció esta ley, enseñó a sus colegas la importancia de medir cuidadosamente.

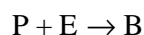
e. Determina las masas de pan y embutido necesarios para preparar 1, 2, 3, 4 y 5 bocadillos.

f. Comprobar que las relaciones  $mP/mE$ ,  $mP/mB$  y  $mE/mB$  son las mismas en cada uno de los casos anteriores.

Cuando dos o más sustancias se combinan para formar el mismo compuesto, lo hacen siempre en proporciones de masas constantes y definidas. Si las cantidades que se mezclan no guardan esta proporción, es que hay una cantidad de sustancia que está en exceso, que es la que queda sin reaccionar. Éste es el enunciado de la

ley de Proust o ley de las proporciones constantes.  
 Proust, otro gran químico francés, escapó de los azares de la Revolución Francesa y trabajó bajo la protección del rey Carlos IV en España.

g. Ajusta la reacción:



Lo que acabas de colocar son los coeficientes de una reacción química.

Los coeficientes de una reacción química nos informan en qué proporción se encuentran los moles de los reactivos y los productos.

h. Toma como masa molar del pan la masa de una rebanada y como masa molar del embutido la de una loncha. Cuando el dato inicial sea la masa de los reactivos o la masa de los productos, debes convertir este dato en cantidad de sustancia. Calcula:

Pan	Embutido	Bocadillo
55 g	23,4 g	X g
X g	70,2 g	235,2 g
2 moles	1 mol	X moles
3 moles	X moles	X moles
X moles	117 g	X moles

### 2.3. FINALIZACIÓN DE UNA REACCIÓN QUÍMICA

- Objetivo 4: Estudiar el concepto de reactivo limitante. Determinarlo y realizar cálculos estequiométricos.

Material: Bolsa de pan de molde, lonchas de embutido y balanza.

a. Realiza todos los bocadillos posibles con 6 rebanadas de pan y 4 lonchas de embutido.

b. Repetir la operación con 6 rebanadas de pan y 8 lonchas de embutido.

c. Ahora con 10 rebanadas de pan y 3 lonchas de embutido.

d. Comprueba que el número de bocadillos que se pueden hacer depende del producto que primero se termina y no de la cantidad del reactivo que sobra.

e. Dada la reacción  $2P + E \rightarrow B$ . Calcula:

Pan	Embutido	Bocadillo	g de pan que sobran	g de embutido que sobran
55 g	40 g	X g		
100 g	80 g	X g		

### 4. RECAPITULACIÓN

- Objetivo 5: Pasar a otro nivel de concreción. Las actividades son las mismas, pero variando el modelo a utilizar.

Material: Tabla periódica, balanza, bolas de plastilina de diferentes colores y masas. Las masas tendrán un valor igual a la masa atómica de los diferentes elementos.

Una reacción química se representa mediante una ECUACIÓN QUÍMICA. Las fórmulas de los reactivos se colocan a la izquierda, y las de los productos a la derecha, separadas ambas por un flecha (  $\rightarrow$  ) que indica el sentido de la reacción. Como en una reacción química se conserva la masa, debe haber a cada lado el mismo número de átomos de cada elemento. Para equilibrar una reacción química, se ponen delante de las fórmulas unos dígitos llamados coeficientes.

Las ecuaciones químicas servirán para calcular las cantidades de sustancias que intervienen en las reacciones químicas. Los coeficientes de la ecuación química se pueden interpretar como los números relativos de moléculas que intervienen en la reacción química o como los números relativos de moles.

En una reacción química, los enlaces entre los átomos que forman los reactivos se rompen. Los átomos, no desaparecen, se reorganizan de otro modo, dando lugar a una o más sustancias diferentes de las iniciales.

a. Escribe las fórmulas de las sustancias y ajusta las ecuaciones químicas siguientes:

hidrógeno + oxígeno  $\rightarrow$  agua

cloruro de hidrógeno + cinc  $\rightarrow$  cloruro de cinc + hidrógeno

nitrógeno + hidrógeno  $\rightarrow$  amoníaco

cloro + sodio  $\rightarrow$  cloruro de sodio

b. Si partimos de 2 moles de cloruro de hidrógeno, ¿qué cantidad de cinc reaccionará? ¿qué cantidad de hidrógeno se formará?

c. Haz un modelo con plastilina de las moléculas de las sustancias que intervienen en la anterior reacción.

d. Repite el ejercicio con el resto de las reacciones y las cantidades que te indique el profesor.

## REFERENCIAS

1. M. J. Caballer, R. Serra, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **2001**, Vol. 30, 99.
2. L.R. Galagovsky, L. Bonán, A. Andúriz, *Enseñanza de las Ciencias*, **1998**, Vol 16, 315-321.
3. J. Hierrezuelo Moreno y A. Montero Moreno, *La Ciencia de los alumnos*, Ed. Laia, Barcelona (1989).

4. C.M. Pérez, J.M. Moreno, Evaluación y detección de dificultades en Física y Química en el Segundo Ciclo de la ESO, Ed. Centro de Publicaciones del MEC (1998).
5. N. Solsona Pairó, R. Martín del Pozo, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **2004**, Vol. 42, 19.
6. A.M. Oñorbe, G. de Anta, A. Favieres, R.M. García-Vázquez, M.J. Manrique y M.L. Ruíz, *Resolución de Problemas de Física y Química*, Ed. Akal, Madrid (1993).

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- C. Palacios, M.E. del Moral y M.P. Varela, *Conocimientos Científicos en la escuela*, Ed. Centro de Publicaciones del MEC, Madrid (1996).
- J. Hierrezuelo Moreno et al., *Ciencias de la Naturaleza. 3º y 4º de ESO*, Ed. Elzevir, Vélez-Málaga (1993).
- J.A. Lloréns Molina, *Comenzando a aprender Química*, Ed. Visor, Madrid (1991).

## UN MODELO DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN BACHILLERATO

*M<sup>a</sup>. Dolores Castro Guío*<sup>1</sup>, *Andrés García Ruiz*<sup>2</sup>, *Rafael Gómez Fernández*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física y Química. IES Atenea. Colombia, s/n  
28945 Fuenlabrada, Madrid. mdcastroguio@hotmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Didácticas Específicas, Universidad Autónoma de Madrid  
28049 Madrid. andres.garcia.ruiz@uam.es

<sup>3</sup>Departamento de Física y Química. IES El Olivo, Felipe II, 11.  
28980 Parla, Madrid. ies.elolivo.parla@educa.madrid.org

*La experiencia se sitúa en el campo de la Investigación-Acción aplicada a la enseñanza de la Química en bachillerato, propiciando que el alumnado sea el protagonista de pequeñas investigaciones, mediante la formación de grupos de trabajo colaborativos. Los modelos que presentamos tratan sobre el papel de la química en la industria y en el hogar, desarrollando dos temas como son la vitamina C y la madera.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Los problemas de la formación científica de la población ha sido denominado por algunos como “crisis de alfabetización científica” (1), ante lo que otros autores han sugerido desarrollar una educación científica orientada hacia la sociedad y centrada en el alumnado (2-5).

La educación para la acción y para la relevancia social, tiene como objetivo ayudar a formar futuros ciudadanos para la acción, teniendo presente que pronto entrarán en la sociedad como adultos.

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En la investigación-acción, el quehacer científico consiste no sólo en la comprensión de los aspectos de la realidad existente, sino también en la identificación de las fuerzas sociales y las relaciones que están detrás de la experiencia del hombre. Esta técnica permite la generación de nuevos conocimientos al investigador y a los grupos involucrados. Se centra en la posibilidad de aplicar categorías científicas para la comprensión y mejoramiento de la organización, partiendo del trabajo colaborativo del alumnado.

Esta experiencia se sitúa en la denominada “investigación-acción colaboradora” que suele agrupar en el ámbito educativo personas vinculadas al mundo educativo de la enseñanza secundaria y de la Universidad (6,7).

### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS ESTUDIADOS

Teniendo presente que la labor educativa se desarrolla en situaciones donde se plantean problemas prácticos, es lógico que comencemos a partir de un problema práctico, que será el centro del proceso de investigación, y una vez formulado el mismo, deberemos realizar una búsqueda bibliográfica que nos permita un diagnóstico de la situación, para diseñar una propuesta de cambio.

Los temas elegidos: “La química en la vitamina C” y “La química en la madera”, obedece por una parte a seleccionar temas de actualidad y de aplicación en el futuro por nuestro alumnado y por otra al conocimiento del alumnado de la formación que se ofrece en el centro educativo.

#### 3.1. La química en la vitamina C

La vitamina C está presente en muchos alimentos de uso diario como los zumos y los medicamentos que solemos utilizar en pequeñas enfermedades comunes.

Planteamos primeramente un estudio teórico sobre las características de la citada vitamina y sus efectos carenciales sobre la salud. Seguidamente desarrollamos las propiedades de los indicadores para reconocer la presencia del ácido ascórbico (vitamina C) en productos.

a. La práctica de laboratorio consistió en coger tres matraces de 100, 250 y 500 ml, comprimidos de un medicamento compuesto por ácido ascórbico para utilizarlo como patrón, tres tipos diferentes de zumos de naranja y un indicador. La práctica la hemos desarrollado siguiendo el protocolo dado por Vecchone (8) sobre experimentos sencillos de Química.

Una vez analizadas las etiquetas de cada uno de los productos y cuantificada la cantidad de vitamina C que poseía cada una de las marcas de zumos, podemos señalar que:



Figura 1. Imagen de los matraces para el análisis de los diferentes productos.



- El zumo en polvo utilizado es el que posee mayor concentración de vitamina C, ya que se parece al patrón. El grupo de alumnos saca la conclusión de que parece ilógico que los polvos utilizados sean similares al medicamento utilizado como patrón.

- El resto de zumos posee una cantidad parecida de vitamina C, aunque debíamos haber cuidado más la preparación de las disoluciones, pues alguna parecía más diluida.

b. Como actividad complementaria los alumnos realizaron una encuesta sobre una muestra de 100 personas, relativa a los hábitos de consumo sobre el tema, con el siguiente cuestionario:

- Edad del consumidor/a.
- ¿Tomas zumos?
- ¿Con qué frecuencia?
- ¿Son naturales?
- ¿En qué envase?
  1. Tetrabrik 2. Vidrio 3. Plástico 4. Zumo en polvo
- A la hora de decidir entre uno u otro, ¿en qué te basas?
  1. En el sabor 2. Marketing (publicidad)
  3. En el contenido en vitamina C 4. En el gasto económico
- ¿Cambiarías tu opinión y, por lo tanto, tu elección, si fueras consciente del contenido en vitamina C de algunos de los zumos que consumes? ¿Por qué?

Los resultados de la encuesta son los siguientes:

Tabla con los resultados de la encuesta

	<b>Edades (años)</b>	<b>0 a 5</b>	<b>5 a 10</b>	<b>10 a 20</b>	<b>20 a 30</b>	<b>30 a 50</b>	<b>&gt; 50</b>
CONSUMO	Media zumos al mes	30	30	30	20	30	10
TIPO (%)	Natural	85	40	25	35	75	40
	Elaborado	15	60	75	65	25	60
TOMAN (%)	Zumo	100	92	70	60	58	75
	No toman	0	8	30	40	42	25
TIPO ENVASE (%)	Tetrabrik	5	75	80	60	15	20
	Cristal	78	5	15	28	79	69
	Plástico	15	15	8	10	5	10
	En polvo	2	5	2	2	1	1
ELECCIÓN (%)	Sabor	5	20	30	35	35	35
	Marketing	50	70	60	50	45	30
	Vitamina C	65	5	5	10	10	20
	Gasto económico	2	5	5	5	10	15

De los resultados de la encuesta podemos observar que la mayoría de los encuestados toman zumos durante la mayor parte de la semana, coincidiendo que los

zumos naturales se toman en edades tempranas ya que, según la encuesta realizada a las madres, buscan el mayor contenido en vitamina C.

Entre los que toman zumos naturales el envase que se elige, en general, es el tetrabrik, sobre todo entre 5 y 10 años, ya que es la edad en que los niños llevan zumo al colegio para la hora del recreo.

Respecto al tipo de envase, el de vidrio es el preferido entre la muestra de más de 30 años. Los envases de plástico y el zumo en polvo se suelen beber más como refresco en un momento determinado.

De la última pregunta podemos resaltar que la mayoría de los encuestados, no cambiarían de tipo de zumo a pesar de que otro tuviera más contenido en vitamina C, ya sea por el sabor o por el gasto económico.

### **3. 2. la Química y la madera**

Esta experiencia la hemos seleccionado, teniendo presente que en el Centro existe la familia profesional de madera, como rama de ciclos formativos, contando con la colaboración del profesorado y alumnado de la citada especialidad.

La primera actividad se basó en un informe bibliográfico sobre la relación entre la Química y la madera. Seguidamente vimos los tipos de madera y las herramientas para trabajarla, destacando los tipos de barnices, el teñido de madera y los componentes utilizados como el ácido sulfúrico y la sosa cáustica.

El experimento trata de producir, en una madera seleccionada por el alumnado, un acabado de envejecimiento.

El proceso de envejecimiento seguido ha sido el siguiente:

- Selección de la madera más adecuada, eligiendo la de pino por no poseer una veta muy marcada.
- Quitar las impurezas que tiene el tablón seleccionado, mediante la utilización de dos máquinas específicas: labra y regueso.
- Dividir el trozo de madera en cuatro partes para proceder a echar el ácido sulfúrico. En cada una de los trozos, añadiremos una disolución de ácido sulfúrico y agua en distinta concentración para observar cómo ataca el citado ácido a la madera, seleccionando concentraciones del 100%, 50% y 25%.
- Tras dejar actuar el ácido sulfúrico sobre la madera algo más de 24 horas, realizaremos una disolución de hidróxido sódico (sosa) con agua en un 50%. Con ello neutralizamos la acción del ácido con la sosa.
- Después de dejar actuar el hidróxido sódico sobre la superficie de la madera durante 24 horas aproximadamente, se procede al retirado de la sosa, mediante el lavado con agua.
- Dejaremos secar la madera durante unas 48 horas y seguidamente procederemos a quemarla al aire libre. La reacción de combustión del ácido sulfúrico libera gases tóxicos, para ello utilizamos mascarillas. Poco a poco, pasamos la llama por la superficie de la madera y se aprecia que se queman más rápido las vetas blandas (de color más claro) que las duras (color oscuro).

- Finalmente cepillamos la madera, para retirar los residuos.



Figura 2. Selección de la madera.



Figura 2. Aplicación del ácido sulfúrico.



Figura 3. Aplicación de la sosa.



Figura 4. Quema de madera.



Figura 5. Cepillado de la madera.

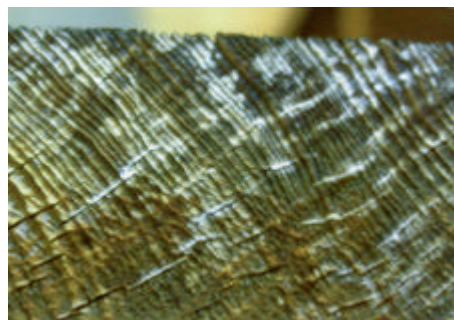


Figura 6. Reacción de aplicación del ácido y de la base.

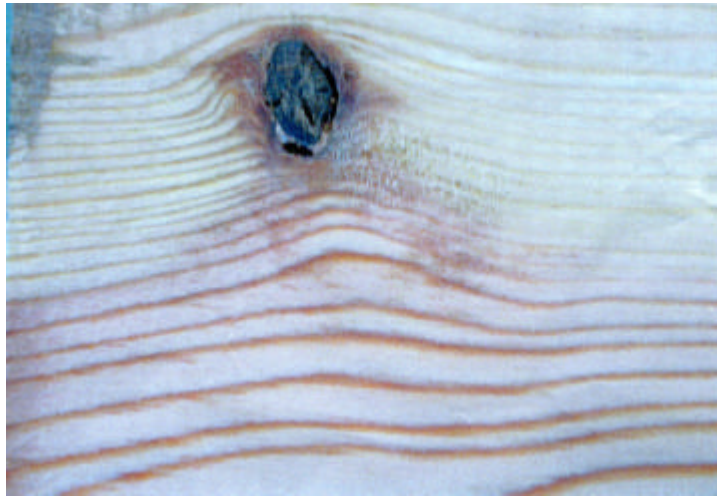


Figura 7. Efecto de envejecimiento.

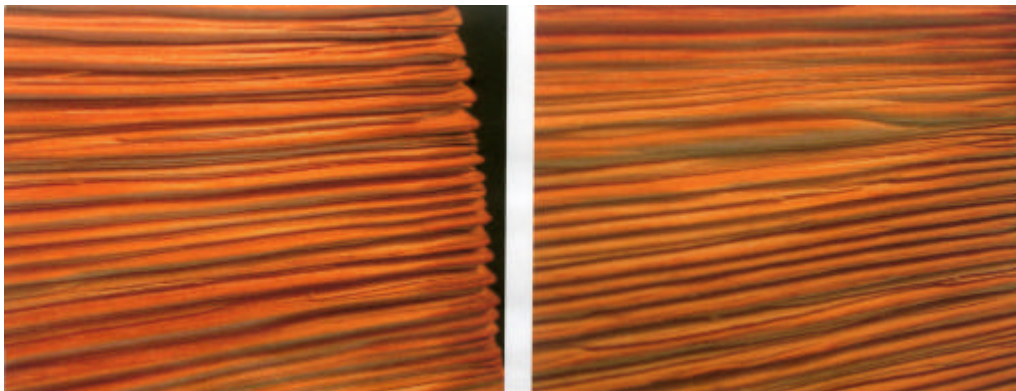


Figura 8. Acabado de la madera envejecida.

#### REFERENCIAS

1. M.R. Mattheus, *Science Teaching: The Role of History a Philosophy of Scienc* Ed. Routledge, Londres (1994).
2. D. Hodson, *Int.J. Sci. Ed.*, **1993**, Vol. 14 (5), 541-562.
3. R.T. Cross, R.F. Price, *School Science Review*, **1994**, Vol. 75 (273), 29-40.
4. E.W. Jenkins, *Journal of Curriculum Studies*, **1994**, Vol. 26 (6), 683-694.
5. J. Ramsey, *Sci. Ed.*, **1993**, Vol. 77 (2), 235-258.
6. S.N. Oja, L. Smulyan, *Collaborative actino research: A developmental approach*, Lewes, Falmer Press (1989).

7. W.R. Veal, D.J. Tippins, *Issues in Science Education*, **1996**, Vol. 81-87, Ed. Rhoton y Bowers. Arlington: NSELA/NSAT.
8. G. Vecchione, *Experimentos sencillos de Química en la cocina*, Ed. Oniro, Barcelona (2002).



## LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

*Carmen Cambón Cabezas, Marisol Martín de Frutos,  
Eduardo Rodríguez Martín*

Colegio Internacional SEK - Ciudadcampo  
Paseo de las Perdices 2, Urbanización Ciudadcampo  
San Sebastián de los Reyes, 28700 Madrid  
ccambon@sek.es, msmartin@sek.es, erodriguez@sek.es

*Se analizan los factores que están determinando el menor rendimiento en las asignaturas de Física y de Química de Educación Secundaria, desde la propia experiencia de los autores y según los numerosos informes sobre el problema que están elaborando diversas instituciones científicas. Se discuten algunas propuestas para abordar el problema entre las que destaca la motivación de los alumnos a través de experiencias basadas en la Ciencia cotidiana. Se utiliza como ejemplo el proyecto sobre Físico-Química de la Cocina desarrollado por los autores.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Los autores llevamos unos cuantos años dedicados a la enseñanza de Ciencias Experimentales en niveles de Secundaria y Bachillerato. Creemos que nuestra experiencia nos permite una visión perspectiva de la evolución temporal en la enseñanza de estas disciplinas y nuestra impresión es bastante nítida: el aprendizaje de las Ciencias en Secundaria está sufriendo un lento pero constante deterioro. No es una impresión subjetiva o particular; múltiples análisis y testimonios, desde conversaciones con compañeros, análisis preparados por Colegios de Licenciados en Ciencias Experimentales, conclusiones derivadas de los diversos informes PISA (1), hasta el completo Informe de la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la Educación Secundaria, presentado al Senado por la Comisión de Educación, Cultura y Deporte, aprobado el 13 de mayo de 2003 (2), señalan en la misma dirección. Es nuestra intención presentar un breve resumen de las conclusiones derivadas de estos trabajos y de posibles actuaciones para revertir esta tendencia.

Se pueden identificar varias causas que coadyuvan al deterioro de la formación científica en la Educación Secundaria de nuestro país:

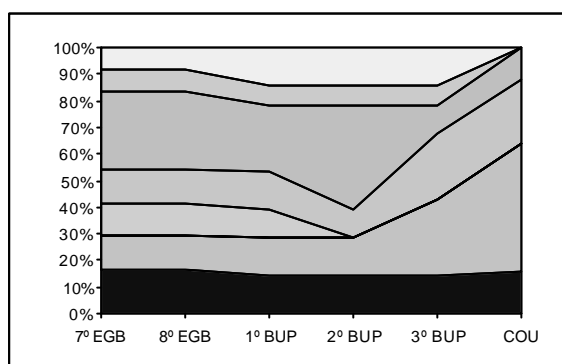
- Disminución del número total de horas dedicadas a asignaturas de Ciencia Básica y aumento de la optatividad de las mismas.
- Pérdida de recursividad de los contenidos oficiales.
- Cambio de mentalidad en los alumnos y en la sociedad en general, con rechazo de los esfuerzos que no implican recompensa inmediata.
- Rechazo hacia conocimientos culturales instrumentales básicos.

## 2. DOTACIÓN HORARIA

Respecto a la disminución del número total de horas, se pueden comparar los desgloses horarios que se contemplaban en el antiguo Plan de Educación de 1970 con los vigentes en la actualidad, para alumnos comprendidos entre los 11-12 y 17-18 años.

Los datos se recogen en los siguientes gráficos:

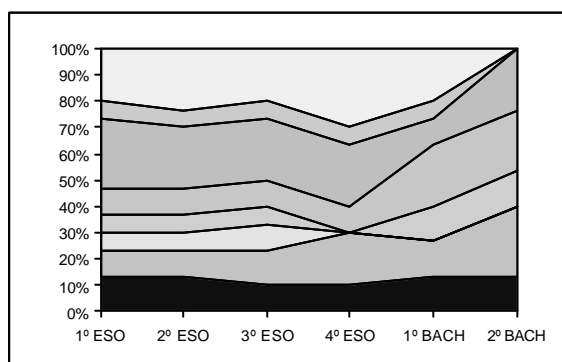
### HORARIO DE OPCIONES DE CIENCIAS



*BUP (Ciencias Puras)*

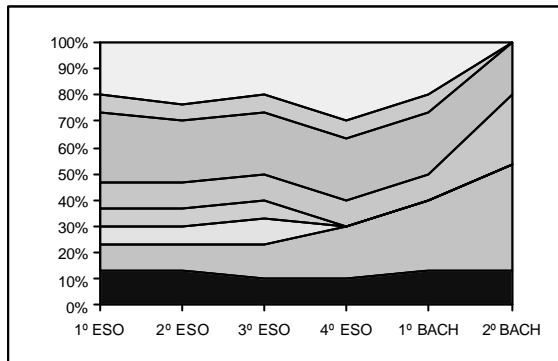
ÁREA	
	OTRAS
	EDUCACIÓN FÍSICA
	FILOLOGÍA
	CIENCIAS SOCIALES
	DIBUJO
	TECNOLOGÍA
	CIENCIAS EXPERIM.
	MATEMÁTICAS

*Cartela para las gráficas*



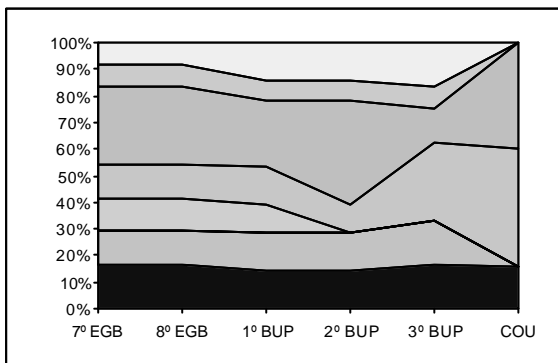
*ESO y BACH (Científico-Técnico)*



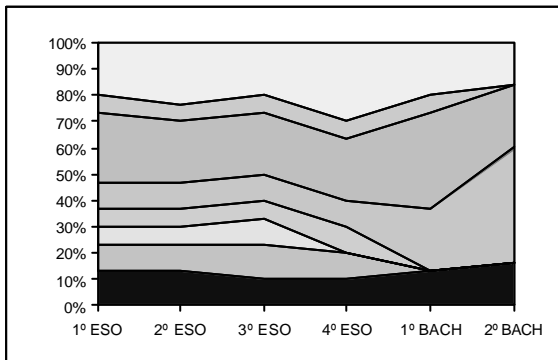


*ESO y BACHILLERATO (Biosanitario)*

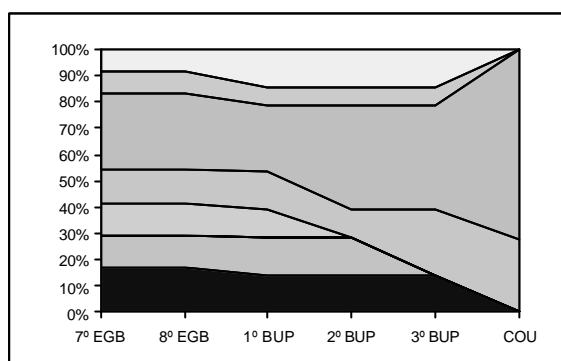
**HORARIO DE OPCIONES DE LETRAS**



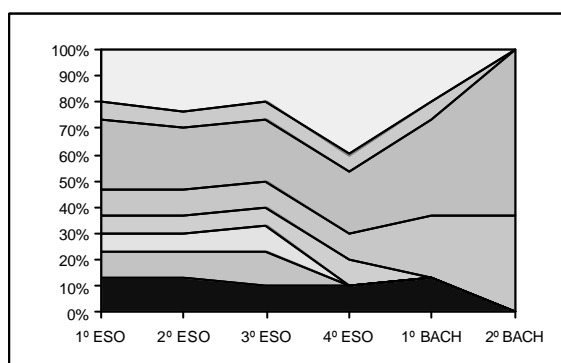
*BUP (Ciencias Mixtas)*



*ESO y BACHILLERATO (Ciencias Sociales)*



*BUP (Letras)*



*ESO y BACHILLERATO (Humanidades)*

Como se puede comprobar, las horas dedicadas a Disciplinas de Ciencias Experimentales han disminuido porcentualmente, aun en el caso de alumnos que hayan optado por realizar las modalidades Científico-Tecnológica o de Ciencias de la Salud. Esta disminución es aún más notoria en los niveles de Educación Primaria, donde una nueva asignatura denominada Conocimiento del Medio engloba contenidos de Ciencias Experimentales y Ciencias Sociales con una dotación horaria de tres horas semanales.

En Educación Secundaria la disminución horaria no es tan aparente; incluso en el segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria se cuenta con una hora más ( $2+2+3+3=10$ , frente a las  $4+4=8$  de la Ley de 1970). Pero la distribución es peor: frente a dos asignaturas de cuatro horas semanales en 1º y 2º de BUP, ahora aparecen dos asignaturas de dos horas en 3º ESO y otras dos de tres horas en 4º ESO.

A este problema básico se une el de la optatividad de las asignaturas. Se da la extraña posibilidad de que se puede llegar a cursar una carrera de Ingeniería sin haber cursado Química, una carrera Biosanitaria sin haber cursado Física o una carrera de Ciencias Experimentales sin alguna de las dos; de hecho es posible matricularse en Ciencias Físicas sin haber cursado Física, en Ciencias Químicas sin haber cursado

Química o en Ciencias Biológicas sin haber cursado Biología. Se trata de que cada alumno pueda diseñar su propio currículo, pero se da paso a posibilidades claramente ilógicas.

La optatividad respecto a las asignaturas de Ciencias Experimentales comienza en el nivel de 4º de ESO cuando, con 14-15 años, los alumnos deben optar entre cursar asignaturas de Ciencias (Física y Química, Biología y Geología) frente a otras optativas como Plástica o Música con un nivel de dificultad mucho menor. Aunque los padres y profesores intentan encaminar por opciones de Ciencias a aquellos alumnos capacitados para cursarlas, es evidente que muchos de ellos lo ven como una dificultad añadida e innecesaria pues son incapaces de entender que el no cursar asignaturas de Ciencias en 4º ESO bloquea su currículo posterior.

En primero de bachillerato, dentro de las opciones de Ciencias, aparece como obligatoria la Física y Química con 4 horas semanales.

Esto ya es escaso en comparación con la mayoría de los países de nuestro entorno, que dedican 3 horas semanales a Física y otras tantas a Química. Pero además, la Biología y Geología aparece como optativa frente al Dibujo Técnico; los alumnos encaminados a carreras Científico-Técnicas optan por el Dibujo y ven reducida en cuatro horas su formación en Ciencias Experimentales, dejando de estudiar temas clave como la Bioquímica y perdiendo la oportunidad de ver numerosos ejemplos de aplicación de leyes generales a casos particulares relacionados con los seres vivos.

En 2º de Bachillerato se reduce la dotación horaria respecto al antiguo COU. Según la opción elegida solamente son obligatorias dos asignaturas de Ciencias, Matemáticas y Física en un caso y Química y Biología en otro. Se debe escoger obligatoriamente otra asignatura científica como optativa, incluyéndose entre las elegibles Ciencias de la Tierra y Medioambientales y Dibujo Técnico. La cuarta asignatura es optativa abierta y sólo si el alumno lo desea elegirá otra asignatura de Ciencias, pero puede optar por Segundo Idioma, Ciencia, Tecnología y Sociedad, Literatura, Historia de la Música o Latín.

Los alumnos que optan por cursar opciones de Letras no necesitan ninguna asignatura científica en su currículo, ni en 4º ESO ni en los dos años de Bachillerato, quedando su formación científica reducida a la lograda hasta 3º ESO, lo que equivale a decir que en casi nada; como mucho cursarán Matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales.

La consecuencia directa de esta organización del currículo es que los alumnos que optan por áreas de Ciencias llegan a sus estudios universitarios con una base claramente deficitaria, y los que optan por áreas de Letras consiguen un alarmante analfabetismo científico.

### **3. ORGANIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS**

La organización de contenidos también ha sufrido, a nuestro juicio, un importante retroceso. Es cierto que en los temarios actuales se incorporan conceptos y áreas científicas que antes no se trataban, pero es a costa de no repetir contenidos básicos en

varios cursos. De este modo, los conceptos científicos indispensables para basar un conocimiento comprensivo de la Ciencia quedan mal asimilados por los alumnos, que siguen su programa de estudios con graves deficiencias instrumentales.

Como ejemplo de lo expuesto se pueden comparar los libros de texto asociados a la Ley de 1970 y los vigentes en la actualidad en cuanto a los contenidos relacionados con Dinámica o con los Enlaces Químicos.

#### **4. CAMBIO DE MENTALIDAD SOCIAL Y EN LOS ALUMNOS**

La Sociedad va cada vez más acelerada. No hay lugar para la paciencia. Se rechaza lo que no tiene resultados inmediatos. Cada vez más alumnos manifiestan su aversión por las asignaturas que exigen un aprendizaje trabajoso, con conceptos cuya comprensión requiere esfuerzo mental. Aún los más capacitados para el aprendizaje de las Ciencias, se suelen acercar a ellas como a una penitencia necesaria, por ejemplo, para llegar a ser ingenieros, sin lograr el profundo disfrute personal que la comprensión teórica de los fenómenos naturales proporciona.

Tampoco estamos en una época que aprecie “lo culto”. Cualquier rama de la cultura (científica, humanística, artística,...) es vista por muchos jóvenes como pedantería vacía. El triunfador es el que tiene poder y dinero conseguidos rápidamente gracias a su suerte, a su audacia, o a su desvergüenza, pero nunca a su esfuerzo. El rechazo al trabajo constante y el desprecio de sus frutos provoca que la juventud, en palabras de *D. Carlos Pico Marín*, en su colaboración al Informe de la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la Educación Secundaria, presentado al Senado (3), sufra analfabetismo funcional, deficiente formación cultural-intelectual, insuficiente base para los estudios universitarios y patética deficiencia de lenguaje. Con estos mimbres haremos un cesto.

#### **5. MEDIDAS PARA REVITALIZAR LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIAS EXPERIMENTALES EN EDUCACIÓN SECUNDARIA**

Después de lo expuesto, el hecho de que algunos alumnos culminen su formación Secundaria con ciertos conocimientos básicos de Ciencia parece sorprendente.

Es urgente poner medidas eficaces que reviertan esta alarmante tendencia, pero muchas de estas medidas escapan a la capacidad de decisión de los docentes, como es el caso de la reforma de horarios y contenidos que se proponen en el informe sobre Enseñanza de la Química elaborado por la Asociación Nacional de Químicos Españoles (ANQUE) (4), en el informe sobre la Enseñanza de la Física y Química en Educación Secundaria del Colegio de Químicos de Madrid (5) o en el manifiesto sobre la situación de la Enseñanza de las Ciencias Naturales (Biología y Geología) en la Educación Secundaria en España de la Real Sociedad Española de Historia Natural (6).

El informe que fue presentado al Senado por la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria, constituida en el seno de la Comisión de Educación, Cultura y Deporte, aprobado el 13 de mayo de 2003, hace un

análisis muy lúcido y completo del problema, pero las conclusiones propuestas no hacen ninguna referencia a los horarios y a los contenidos, y se orientan más a la formación del profesorado.

En cualquier caso, los profesores de Secundaria no se conforman, no nos conformamos, con este lento declinar y se procura motivar a los alumnos y facilitar su aprendizaje por todos los medios a su alcance.

Esta situación, como es evidente, repercute en la formación del alumnado de todos los Centros de Educación Secundaria. En lo que respecta al centro SEK-Ciudalcampo, el Departamento de Ciencias intentó desarrollar medidas que paliaran el deterioro de la enseñanza de las Ciencias, dentro de sus posibilidades.

No está a nuestro alcance modificar los horarios o los contenidos oficiales, pero se implantaron cuadernos de refuerzo con ejercicios guiados, se dispusieron horas especiales para solventar dudas entre aquellos alumnos con mayores dificultades de aprendizaje y se procuró utilizar el laboratorio del Centro lo más posible. Para evitar elecciones erróneas de materias optativas, se estableció una colaboración estrecha con el Departamento de Orientación, dando charlas de orientación a los alumnos y a las familias de modo que tuviesen claras las repercusiones de su elección en posteriores desarrollos académicos.

Al organizar una visita a la exposición temporal “Todo es Química” (7), que se presentaba en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, resultó evidente que el nuevo punto de vista sobre la Ciencia que se ofrecía despertaba el interés de los alumnos: no solamente se podía actuar sobre los resultados negativos; cuando se abordan explicaciones científicas sobre fenómenos cotidianos el interés de los alumnos despierta (8). Se presentaba una vía para atacar las causas del rechazo a las Ciencias y no meramente para disminuir las consecuencias.

Los primeros tímidos ensayos se basaron en montar algunas prácticas de laboratorio centradas en fenómenos cotidianos: limpiacristales, ácidos y bases de uso doméstico, etc. El éxito de estas actividades nos animó a proyectar algo más ambicioso. Así surgió el proyecto “Ciencia con buen gusto” dedicado a trabajar sobre las bases fisicoquímicas de los procesos culinarios y centrándose en el desarrollo de actividades propias en colaboración con grupos de alumnos (9).

Se pensó que la gastronomía molecular podía ser muy adecuada para la didáctica de las Ciencias. Por su propia naturaleza, los estudios culinarios son muy interdisciplinarios, agrupando aspectos físicos, químicos y biológicos. Es verdaderamente sorprendente la gran variedad de mecanismos implicados en la preparación de platos de cocina, aún de los más habituales. Presentan además la posibilidad de abordarlos desde diversos niveles de complejidad, desde la simple observación de fenómenos sencillos, como la solubilidad o los cambios de estado, hasta el estudio de los complejos mecanismos de reacción implicados en las reacciones de pardeado. Prácticamente cualquier punto de temario oficial de Ciencias en Educación Secundaria puede relacionarse con algún mecanismo empleado en la cocina. Por otra parte, el empleo de materiales no tóxicos ni peligrosos, permite una

gran versatilidad en la planificación de los protocolos. Es perfectamente viable permitir que los alumnos diseñen sus propias prácticas sin que se corra el riesgo de que se provoquen accidentes de manipulación, pues la peligrosidad se reduce casi únicamente a la utilización de temperaturas elevadas que, por otra parte, no son siempre necesarias. Las prácticas de laboratorio pueden ser muy abiertas y cubrir todos los aspectos característicos del proceso experimental

Para dar al proyecto un aspecto más atractivo, se decidió organizar las actividades en forma de menú. Trabajando con alumnos de primero de bachillerato fueron ensayándose distintas posibilidades hasta elaborar un menú final constituido por tres platos con *fundamento* (científico). En la elaboración del menú podían estudiarse los siguientes fenómenos:

- *Huevos con huevos = huevos<sup>2</sup>* (huevos duros con mayonesa).
  - Temperaturas de desnaturalización de las proteínas de la clara y la yema del huevo.
  - Formación de  $Fe_2S_3$  en la superficie de contacto entre yema y clara.
  - Dilatación del aire contenido en la cámara aérea del huevo.
  - Coagulación de las ovoalbúminas derramadas por fisuras de la cáscara al añadir sal o vinagre al agua de cocción.
  - Influencia de la proporción inicial de agua (contenida en la clara del huevo) y aceite en la formación de una emulsión de aceite en agua.
  - Relación entre la viscosidad, el tamaño de las gotas de aceite, y la intensidad del batido.
- *Carne a la Maillard con guarnición osmótica* (carne con guarnición de verduras).
  - Efecto de diferentes métodos de cocinado sobre la pérdida de agua, la desnaturalización de las proteínas cárnicas y la aparición de pardeado debido a las reacciones de *Maillard* en la carne.
  - Influencia de la concentración salina del medio en los intercambios osmóticos entre el agua y los alimentos durante la cocción.
- *Mezcla de biomoléculas con sustancias casi puras* (crêpes con caramelo líquido).
  - Influencia de los diferentes componentes de la masa en su fluidez.
  - Cambio de propiedades de la disolución de sacarosa en agua en función de la temperatura.
  - Degradación térmica de la sacarosa y reacciones de caramelización.

La metodología seguida se podría denominar “Investigación-Acción” (19). Consiste en un proceso recursivo basado en una continua evaluación y revisión del plan original en las que colaboran todos los integrantes del grupo, tanto profesores como alumnos. Con esta técnica se desarrollaron actividades que los propios alumnos presentarían a un público exterior, normalmente compañeros de niveles inferiores, durante la Semana Cultural que se organiza en el centro. La ilusión por “quedar bien” se convierte en una motivación importante. En las primeras fases es muy necesaria la

dirección del profesor, que ayuda a definir el camino pero, según el grupo va tomando conciencia de su implicación, la dirección es cada vez más participativa; precisamente la meta final es educar, es decir, poder prescindir del experto cuando se haya logrado el nivel de instrucción que le permita actuar autónomamente.

Esta metodología, abierta y creativa, es de difícil aplicación cuando se trata de desarrollar unos temarios oficiales muy determinados y cerrados. Sin embargo reveló todo su potencial creativo cuando se decidió participar en la V edición de la Feria Madrid por la Ciencia (11). Un grupo de 25 alumnos de primero de Bachillerato consiguió diseñar unos protocolos breves y atractivos, de finalidad eminentemente divulgativa, que resultaron interesantes para el público general que asiste a la Feria, desarrollando un nivel de motivación, de interés por los contenidos científicos y una aptitud para los trabajos en laboratorio, muy superior a la media.

Para culminar la experiencia, se evaluó el resultado con diferentes técnicas, quedando patente que había despertado en los alumnos una nueva actitud frente a las Ciencias:

- Adquirieron un incremento notable en su aptitud para manejar el material de laboratorio y para respetar las normas de seguridad y limpieza.

- Se logró que conectasen la teoría científica con los fenómenos y objetos de la vida cotidiana.

- Admitieron haber percibido el aspecto lúdico y creativo del saber científico.

- Eligieron en 2º de Bachillerato la opción con Matemáticas, Física y Química en todos los casos.

Para terminar, se debe resaltar que este alegato a favor del aumento del peso específico de las Ciencias en el currículo de Educación Secundaria no supone en modo alguno una minusvaloración de los saberes humanísticos que se consideran habitualmente como “cultura”. La Ciencia también es cultura; tan lamentable es un científico desinteresado por el Arte o la Literatura como un artista científicamente analfabeto. El proyecto “Ciencia con Buen Gusto” continúa su actividad y en el presente curso 2004/05 se ha puesto en marcha un trabajo sobre la “Ciencia en la Olla de Don Quijote” en el que se estudian aspectos fisicoquímicos, gastronómicos y sociales de los platos característicos de La Mancha en el Siglo de Oro español. En el Departamento de Ciencias no se olvida que éste es el año del IV Centenario de la publicación del Quijote. ¿Se recuerda en otros Departamentos que es el Año Internacional de la Física?

## REFERENCIAS

1. Ministerio de Educación y Ciencia, *Resumen de los primeros resultados en España Evaluación PISA 2003*, (2004).
2. Comisión de Educación, Cultura y Deporte del Senado, *Informe de la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria*, Aprobado el 13 de mayo de 2003.

3. C. Pico, *Indicadores sobre el rendimiento de la enseñanza*, en Informe de la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria, Comisión de Educación, Cultura y Deporte del Senado 2003, pp.6-10.
4. Comisión de Educación de ANQUE, *La enseñanza de la Física y la Química en Educación secundaria*” Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2005), Vol. 2, Nº 1, pp. 101-106.
5. Proyecto curricular “*La enseñanza de la Física y Química en Educación Secundaria*” <http://www.quimicosmadrid.org/doc/procurri.doc> .
6. Real Sociedad Española de Historia Natural, *Situación de la enseñanza de las Ciencias Naturales (Biología y Geología) en la educación Secundaria en España*, Real Sociedad Española de Historia Natural y Facultades de Biología y Geología de la Universidad Complutense de Madrid.
7. Exposición temporal “*Todo es Química*”, *Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya y de la Societat Catalana de Química*.
8. G. Pinto Cañón (Ed.), *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2003).
9. C. Cambón, M. Martín, E. Rodríguez, *Vivir Educando*, nº 18 pp. 15-20.
10. R. Lara, *La Investigación-Acción en Educación Ambiental*, Colección Monografías de Educación Ambiental UNED Madrid (1990).
11. Comunidad de Madrid, *V Feria Madrid por la Ciencia*, **2004**, pp. 184-185.



## **CAMBIOS ASOCIADOS A LAS REACCIONES DE TRANSFERENCIA DE PROTONES: ASPECTOS EXPERIMENTALES**

*Gualdino Alonso Ferreira-Dos Santos*

IES Al-satt. Grupo de Didáctica e Historia de la Química y de la Física

Real Sociedad Española de Química

galonso@amena.com

*El trabajo aporta actividades de aprendizaje que se refieren a los cambios asociados a las reacciones de transferencia de protones relacionados con aspectos de la vida cotidiana.*

*Se plantean ensayos con indicadores ácido-base, los habituales en los laboratorios, y naturales, como herramienta didáctica para una aproximación a los conceptos relacionados a diferentes niveles: en una primera, como forma efectiva de introducir el conocimiento de ácidos y bases, el grado de acidez de un medio acuoso, la neutralización y algunas nociones de equilibrio químico, se propone la observación del comportamiento de indicadores y extractos de plantas, en diferentes medios acuosos (disoluciones de productos de uso cotidiano). A continuación se abordan, mediante diferentes ensayos en el laboratorio, la escala de pH, como escala logarítmica de concentraciones, el equilibrio químico entre los pares conjugados ácido-base, y su desplazamiento por modificación de la composición del sistema, así como el uso de indicadores para estimar el pH y caracterizar el equilibrio iónico en disoluciones acuosas.*

### **1. INTRODUCCIÓN**

Las reacciones ácido-base en disolución acuosa constituyen unos de los procesos más importantes de los sistemas químicos, son muy frecuentes en la naturaleza, se presentan en muchos procesos vitales, y en muchas aplicaciones tecnológicas. Estas reacciones, indispensables para la vida de las células, intervienen en sus procesos metabólicos. Por ejemplo, la estructura tridimensional de las enzimas, que condiciona su reactividad, depende del grado de acidez del medio.

Los efectos de las reacciones de transferencia de protones se ponen de manifiesto en muchos dominios de la vida cotidiana, desde los cambios de color que experimentan las hojas verdes de árboles y plantas con las estaciones, a fenómenos ambientales, como la lluvia ácida o la disminución del pH de los océanos por aumento de la concentración del CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Ácidos, bases y sales se encuentran en miles de productos de uso cotidiano: alimentos, aditivos alimentarios, fármacos, productos higiénicos, cosméticos, y de limpieza.

Para analizar los conceptos químicos relacionados con el equilibrio ácido-base se propone como herramienta didáctica el estudio de los indicadores ácido-base. Esta elección está motivada por razones históricas. Boyle fue el primero en observar que los pigmentos azules de las plantas toman color rojo al agregarles un ácido y en

introducir el jarabe de violeta para reconocer y diferenciar los ácidos de las bases. Por razones didácticas, estas sustancias ponen de manifiesto, mediante cambios de color, asociados a las transformaciones de sus estructuras, la presencia de los pares conjugados ácido-base en los sistemas y permiten estimar sus concentraciones relativas. Los alumnos pueden relacionar los colores y sus tonos con las concentraciones de las dos formas, ácida y básica, reproducir la escala pH mediante una escala de colores, y aplicar sus conocimientos para estimar el pH de muestras problema, las constantes de equilibrio, y seguir sus transformaciones al modificar su composición. Las actividades propuestas permiten abordar experimentalmente estos conceptos fundamentales con las estimaciones de concentraciones que realizan los estudiantes con exactitud relativa, sin la precisión y la fiabilidad en las medidas que proporcionan espectrofotómetros o pHmetros; instrumentación que, por otra parte, no se encuentra al alcance de muchos Institutos.

La utilización de productos naturales y otros de uso cotidiano, como indicadores y como muestras problema, se encuentra justificado pedagógicamente para los diferentes niveles educativos. Todos los modelos actuales para la enseñanza de la Ciencia están de acuerdo en que una de las características que definen el interés por un contenido o una tarea es el grado de aplicabilidad y utilidad percibido por el alumno (1).

Las actividades como las propuestas, que ponen de manifiesto el comportamiento químico de las sustancias que nos rodean, contribuyen a superar una de las grandes dificultades del aprendizaje de la Química: relacionar la estructura no observable con las propiedades observables de la materia (2). Las dificultades aumentan cuando lo observable no se encuentra en el ámbito de lo cotidiano para el alumno.

En los niveles universitarios, las herramientas didácticas que relacionan aspectos cotidianos con los contenidos de Química favorecen tanto la asimilación de conceptos como el interés hacia su estudio (3).

## **2. ACTIVIDADES PROPUESTAS**

Las actividades que se ha elaborado para familiarizar a los alumnos con los métodos experimentales habituales de la disciplina consisten en:

1. Preparar una serie disoluciones acuosas, mediante diluciones sucesivas de una disolución madre, para reproducir la escala pH. Todos los alumnos saben que el pH del agua neutra es 7, que los ácidos tienen un pH menor que 7, y que las bases lo tienen mayor que 7, pero pocos lo relacionan con el valor del exponente de la concentración de iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  en un sistema acuoso. El uso de escalas logarítmicas dificulta la comprensión y la correcta aplicación de este concepto básico de Química. Con esta actividad, se pretende desarrollar en los estudiantes el conocimiento de la escala pH, preparando una serie de disoluciones patrón que reproduzcan su zona ácida y básica y comprobar sus concentraciones respectivas con papel indicador universal o pHmetro.

2. Poner de manifiesto el carácter reversible del equilibrio químico ácido-base y

comprobar cómo se desplaza, en un sistema indicador, cuando cambia la concentración de  $H_3O^+$  del medio. El fundamento de los cambios de color y de su aplicación, como indicadores del grado de acidez de las disoluciones o en las valoraciones ácido-base, es un aspecto que, en ocasiones, se obvia o pasa desapercibido, pero que resulta imprescindible para la comprensión del fenómeno. En el transcurso de la actividad, los cambios de color se utilizan para mostrar la extensión en que se desplaza el punto de equilibrio del sistema químico, cuando se le agrega una de las especies reaccionantes, siguiendo el principio de *Le Châtelier*.

3. Comparar el comportamiento, identificando pH, colores, y zonas de viraje, de diferentes indicadores, entre ellos uno doméstico (un extracto de col). Los estudiantes tendrán que estimar el valor de la constante de equilibrio de cada indicador, observando sus puntos de viraje y elegir los mejores para hacer determinaciones del pH en cada zona de la escala.

4. Estimar el pH de diversas disoluciones acuosas y de productos de uso cotidiano, utilizando los indicadores preparados y estudiados, mezclas y extractos, mediante aproximaciones sucesivas y ensayando con diferentes indicadores, o en un solo ensayo con una mezcla de éstos, para poder llegar a fijar su valor con relativa exactitud.

### 3. ENSAYOS CON INDICADORES: GUIÓN DEL ALUMNO

*Materiales :*

<i>Materiales necesarios por grupo</i>	<i>Materiales comunes</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 rotulador</li> <li>- 1 Cuentagotas</li> <li>- Gradilla para tubos de ensayo</li> <li>- 16 tubos de ensayo</li> <li>- 1 probeta de 10 ml</li> <li>- 1 pipeta</li> <li>- Extracto de hojas de col roja</li> <li>- Agua destilada</li> <li>- Papel indicador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 14 vasos de precipitados conteniendo disoluciones de pH =1 a pH=14 preparadas por el profesor.</li> <li>- Indicadores : Tintura de tornasol, Rojo de metilo, Verde de metilo , fenolftaleína, rojo neutro, ...</li> <li>- Muestras problema,</li> <li>- Linterna</li> <li>- Cámara de fotos</li> </ul>

*Seguridad y Residuos:*

Cuando se trabaja con disoluciones de ácido clorhídrico y de hidróxido sódico deben tomarse precauciones. Ambas pueden irritar la piel o causar quemaduras en los ojos. Por ello, deben evitarse salpicaduras durante los ensayos. En el caso de entrar en contacto con los productos se deberán lavar las manos inmediatamente y con gran cantidad de agua. Después de los ensayos, las disoluciones diluidas pueden arrojarse al desagüe de las pilas.

*Procedimiento:*

· *Actividad 1.*

-Describa todas las operaciones realizadas por el profesor para obtener la serie de disoluciones de pH=1 a pH=14 por el método de las diluciones sucesivas a partir de las disoluciones madre: HCl 0,1 M y NaOH 1,0 M.

-Indique en una tabla los volúmenes y las concentraciones de las disoluciones mezcladas para obtener 200 mL de cada una de las disoluciones patrón de pH=1 a pH=14 .

· *Actividad 2.*

Ensayos para estudiar el comportamiento de un indicador en las disoluciones patrón .(Cada grupo estudia uno diferente).

*Ensayo 2a.*

Rotule del 1 al 14, los tubos de ensayo.

Llene hasta la mitad los 14 tubos, con cada una de las disoluciones patrón.

Compruebe el pH de cada disolución: tome con un agitador, que lavará después de cada ensayo, una gota de cada una de las disoluciones contenidas en los tubos y viértala sobre una pequeña tira de papel indicador. Anote el color y el pH estimado de cada tubo según la coloración que tome el papel.

Añada a cada tubo unas gotas de indicador.

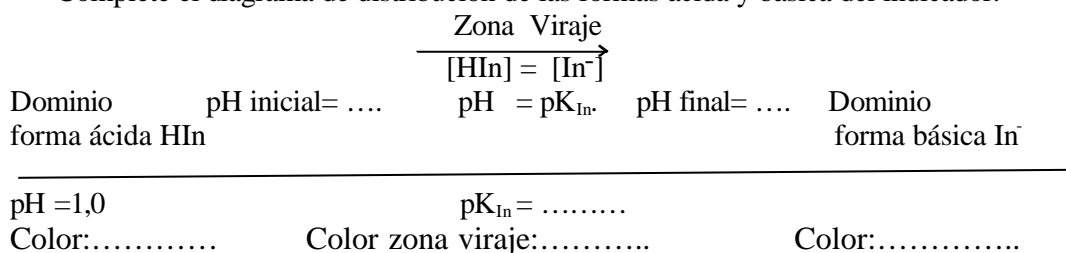
Disponga los tubos en el soporte en orden creciente de pH. Es la serie testigo para ensayos posteriores.

Identifique los colores de las formas ácida y básica del indicador y el de sus diferentes tonos en la zona de viraje. Para una mejor visualización utilice un fondo blanco.

Identifique, por su color, los límites (pH al inicio y al final), de la zona de viraje.

Estime el valor de su  $pK_{In}$ .

Complete el diagrama de distribución de las formas ácida y básica del indicador:



Complete con sus observaciones la tabla de la actividad 3.

*Ensayo 2b:* Carácter reversible de las reacciones ácido-base.

Agregue a un tubo de ensayo 5 mL de agua y unas gotas de indicador, observe el color. Añada con un cuentagotas una gota de disolución de pH=1, y a continuación, una gota de otra de pH=13. Añada una segunda gota de pH=13 y anote todos los colores que observe después de añadir cada gota.

Interprete lo que sucede.

Repita la operación añadiendo sucesiva y alternativamente gotas de las disoluciones ácida y básica.

Lave el tubo de ensayo. La disolución vertida al desagüe debe ser neutra, deje correr el agua.

*Ensayo 2c:* Colores de la forma ácida básica y en la zona de viraje, en una neutralización.

Agregue a un tubo de ensayo unos 5 mL de disolución patrón de  $\text{pH} = \text{pK}_{\text{in}} - 3$ .

Añada, a un segundo tubo, unos 5 mL de disolución patrón de  $\text{pH} = \text{pK}_{\text{in}} + 3$ .

Ilumine con un haz de luz blanca de una linterna, los dos tubos de ensayo alineados y observe el color de la luz transmitida por ambos.

Proponer una explicación para el color observado

Con el fin de neutralizar las disoluciones de los tubos vierta el contenido de uno de ellos en el otro.

Compare el color obtenido con el de los tubos de la zona de viraje.

Interprete el hecho de que el color obtenido mezclando ambas disoluciones coincida con el obtenido al iluminar los dos tubos alineados.

*Ensayo 2d:* Mezcla de indicadores.

Añada a los 14 tubos de ensayo rotulados que contienen las disoluciones con el indicador estudiado, unas gotas de un indicador ácido-base distinto.

Procure cubrir con ellos, la mayor parte del rango de la escala de pH.

Describa el aspecto o coloración de esta mezcla para cada valor de pH. Identifique los diferentes puntos de viraje y complete con sus observaciones la tabla de la actividad 3

*Ensayo 2e:* Comportamiento de un indicador natural (el extracto de col).

Rotule 13 tubos de ensayo y añada 5 mL de cada una de la serie de disoluciones patrón.

Añada a cada uno 3 gotas de indicador del extracto de col. Anote el color que toma el indicador en cada una de ellas. Disponga los tubos en orden creciente de pH en el soporte (serie testigo para ensayos posteriores).

Identifique los colores de las formas ácida y básica del indicador y el de los tonos en las zonas de viraje. Identifique, por su color, los límites, pH al inicio y al final, de cada zona de viraje. Complete con sus observaciones la tabla de la actividad 3.

• *Actividad 3:* Comparación del comportamiento de los indicadores.

Complete la tabla para el indicador estudiado, la mezcla de indicadores, el extracto de col de su grupo y con los datos de los indicadores estudiados por los otros grupos.

Nombre del Ind. Color en medio neutro	Color en medio ácido	pH inicio 1ª zona de viraje	Color en zona de viraje	pH final 1ª zona de viraje	Color tras el 1ª viraje	pH inicio 2ª zona de viraje	Color en zona de viraje	pH final 2ª zona de viraje	Color tras el 2º viraje	pH final
										14,0

Elija los mejores indicadores para cada rango de pH. Compare sus observaciones con las de otros grupos.

Para comparar y elegir el indicador mejor debe tener en cuenta: ¿en cuál de ellos se distinguen mejor los cambios de color, por ser más diferentes los colores que presentan sus dos formas? ¿cuál es el más adecuado para un rango determinado de pH?

• *Actividad 4*

*Ensayo 4.a:* Uso del extracto de col como indicador con muestras problema obtenidas al mezclar ácidos y bases.

Prepare las muestras problemas agregando en 5 tubos de ensayo la mezcla de los volúmenes de las disoluciones indicadas en la tabla.

Compare el color que toma cada muestra problema cuando se le añaden 5 gotas del indicador de col con el de la serie de disoluciones patrón. Anote el pH estimado correspondiente en la tabla.

Utilice el valor del pH estimado para determinar el reactivo limitante y el reactivo en exceso en las reacciones de neutralización.

Calcule el pH. Compare los valores obtenidos con el indicador de extracto de col con los obtenidos mediante cálculo.

	$HCl + NaOH \rightarrow H_2O + NaCl$						
	V ácido mL	V base mL	pH ácido	pH base	pH resultante	Reactivo en exceso	Reactivo limitante
Muestra A	1	1	pH=1	pH=13			
Muestra B	9	1	pH=1	pH=13			
Muestra C	1	9	pH=1	pH=13			
Muestra D	1	1	pH=1	pH=12			
Muestra E	1	1	pH=2	pH=13			

*Ensayo 4.b:* Uso del extracto de col para estimar el pH de muestras problema (productos cotidianos).

Productos cotidianos que se sugieren para estimar el pH : limón, vinagre, agua con gas, bebidas carbónicas, vitamina C, aspirina, pastilla efervescente, naranja,

tomate, yogur, agua del grifo, champú, jabón, sal de frutas (bicarbonato sódico), pasta de dientes, limpiadores amoniacales, entre otros.

Clasifique los productos por su composición en ácidos, bases y sales y por su comportamiento con los indicadores. Realice una tabla comparativa que registre los valores de pH estimados en cada una de las muestras problema con el extracto de col y con papel indicador.

<i>Ensayos con muestras problema</i>	<i>Color Indicador</i>	<i>pH estimado</i>	<i>Fuerza como ácido o base</i>
1			
2			
3			

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. J.M. Campanario, A. Moya, *Enseñanza de las Ciencias*, **1999**, Vol. 17 (2), 179-192.
2. M.A. Gómez Crespo, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **1996**, Vol. 7, 37-44.
3. G. Pinto Cañón, *Anales de la Real Sociedad de Química*, **2005**, Vol. 100 (2), 37-43.





# DIFICULTADES DE LOS ALUMNOS NO UNIVERSITARIOS EN EL CÁLCULO MATEMÁTICO PARA EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

*M<sup>a</sup>. Teresa Martín Sánchez<sup>1</sup>, Manuela Martín Sánchez<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> IES Fernando de Rojas, Colombia 46-92, 37003 Salamanca

[mtmartin@usuarios.retecal.es](mailto:mtmartin@usuarios.retecal.es)

<sup>2</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación

Universidad Complutense, 28040 Madrid. mmartins@edu.ucm.es

*En el presente trabajo proponemos una serie de ejemplos que pueden servir para ayudar a alumnos de niveles no universitarios a entender el significado de las operaciones matemáticas cuando estudian Física o Química.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Podríamos afirmar que existe unanimidad en que las carencias fundamentales de los alumnos actuales para poder aprender cualquier materia son el conocimiento de la Lengua y las Matemáticas, carencias que en el caso de España aparecen corroboradas en el informe Pisa.

La dificultad en el manejo de las operaciones matemáticas es tal que la mayoría de los alumnos son incapaces de hacer una suma o una división sin recurrir a la calculadora. Esta situación es preocupante porque, sin lugar a dudas, el cálculo matemático da una agilidad mental, pero es aún más preocupante en materias como Física y Química porque si no saben hacer las operaciones está claro que todavía les resulta más difícil interpretar el resultado o entender qué pretenden hacer con la citada operación. En algunos países está totalmente prohibido que los alumnos de niveles no universitarios utilicen las calculadoras o los ordenadores para hacer cálculos, pero las posibilidades que los alumnos tienen para utilizar estos instrumentos hacen que sean muy escasos, si es que existen, los que no son totalmente dependientes de ellos.

Esta es la causa por la cual cada vez son más frecuentes los cursos o al menos los capítulos que se dedican a los cálculos matemáticos en otras Ciencias como Física y Química.

Es necesario enseñar a los alumnos cuál es el significado de cada una de las operaciones matemáticas que realizan, qué información nos suministra y por qué esa operación es la adecuada para buscar lo que queremos medir. Estamos de acuerdo con Arons (1) cuando dice que los alumnos tienen muchas lagunas que comienzan hasta para entender conceptos como “área” y “volumen”. Estas lagunas existen no sólo por las carencias en enseñanzas previas sino porque estos temas resultan suficientemente difíciles para los alumnos como para que su dominio no sea fácil de conseguir. A continuación proponemos una serie de ejemplos, que creemos que pueden servir de ayuda, insistiendo en que las dificultades de los alumnos no se van a remediar con una serie de ejercicios más o menos rápidos y que el éxito sólo se obtendrá con un trabajo

continuado y volviendo una y otra vez a lo largo del curso sobre las mismas ideas, siempre que el tema que estamos tratando se preste a ello.

## 2. SIGNIFICADO DE UN COCIENTE

En nuestra enseñanza comenzamos porque piensen cuál es el significado de un cociente, una razón o una relación. En la actualidad es frecuente que no sepan ni hacer el cociente, pero pensar lo que significa la operación en sí, ya hace muchos años que hemos detectado que la mayoría no lo hacen. Por ejemplo, nos llamaba la atención que siempre definían la velocidad como un desplazamiento realizado en un tiempo, la densidad como la masa de un volumen, etc. Ante esta situación, decidimos comenzar el primer día de clase por plantearles el siguiente ejercicio:

*Un alumno ha comprado cuatro bolígrafos exactamente iguales, del mismo precio, y le han costado 20 euros. Dinos que indica el cociente  $20/4 = 5$ .*

Como los alumnos suelen buscar siempre complicaciones a las preguntas, aunque hay un porcentaje bastante alto que indican que 5 euros sería el precio de cada bolígrafo, otros se lían y creen que le has preguntado algo extraño. A continuación, después de haber discutido el significado del cociente, les planteamos otra serie de preguntas similares para comprobar si son capaces de explicar su significado:

*Un móvil, que se desplaza siempre igual de rápido, en 4 s se ha desplazado 20 m. ¿Qué indica el cociente  $20/4 = 5$ ?*

*Un trozo de hierro tiene un volumen de 30 mL y su masa es 234 g. ¿Qué indica el cociente  $234/30 = 7,8$ ?*

Después de discutir los significados, pues aún hay alumnos que les cuesta entenderlo, pasamos a expresiones que ya no son numéricas y que se corresponden con diferentes magnitudes físicas para que nos digan la definición con palabras.

*A continuación tienes una serie de fórmulas que corresponden a la definición de determinadas magnitudes físicas; nos tienes que decir cómo definirías cada una de ellas (como puede que no conozcas qué magnitudes representa cada letra te lo indicamos):*

$Velocidad = ?s/?t$	$s = desplazamiento$	$t = tiempo$
$? = letra griega delta que se utiliza para indicar incremento de una magnitud$		
$Aceleración = ?v/?t$	$v = velocidad$	
$Densidad = m/V$	$m = masa$	$V = volumen$
$Presión = F/S$	$F = fuerza$	$S = superficie$
$Potencia = ?W/?t$	$W = trabajo$	

Todas las preguntas de este tipo se las damos por escrito, para que cada alumno individualmente conteste, también por escrito, lo que piensa. Es la única forma de que cada alumno intente buscar la explicación y que de hecho se entere de lo que está haciendo.

Hay un alto porcentaje de alumnos que todavía siguen teniendo dificultad y cada vez que sale alguna magnitud nueva de este tipo es necesario volver a recordar que la definición será similar. Trabajando de esta forma, al final del curso una gran mayoría lo han entendido y son capaces de aplicarlo a otras definiciones.

### 3. NO A LAS REGLAS DE TRES

Otro problema es luchar contra las que llamamos “automáticas” reglas de tres y obligarlos a pensar. Un ejemplo podría ser:

*Un mol de agua son 18 g de agua, calcula el número de moles de agua que hay en 2000 g de agua.*

*¿Qué es lo que tienes que hacer? Agrupar 2000 g en grupos de 18 g ¿Qué operación es agrupar? Tienes que ir haciendo montoncitos de 18 g, ¿realmente qué estás haciendo? (dividiendo).*

*Vamos a seguir con el problema; la información que te damos ahora es que cada mol de agua contiene  $6,02 \times 10^{23}$  moléculas y la pregunta es: ¿cuántas moléculas hay en 2000 g de agua?*

*Primero los 2000 g los haces grupos de 18 g y te quedan convertidos en moles. El número de moles es  $2000/18$  y como en cada grupo hay  $6,02 \times 10^{23}$  moléculas ¿qué operación tienes que hacer ahora? (multiplicar).*

Como indicamos en el caso anterior, es necesario volver una y otra vez sobre este tema y acostumbrar a los alumnos a pensar que aunque les cueste siempre será más positivo, formativo y duradero.

### 4. AYUDARLES A PENSAR POR QUÉ SE NECESITA UNA NUEVA UNA MAGNITUD Y CÓMO SE DEFINE

Lo mismo que en los casos anteriores vamos a poner ejemplos de lo que queremos decir:

#### A. Introducción del concepto de velocidad.

Estamos estudiando el desplazamiento de un móvil. Puede servir como ejemplo el desplazamiento de un alumno en el aula ¿De qué dependerá su rapidez?: del desplazamiento que ha hecho y del tiempo que ha invertido. Como depende de dos magnitudes, deberemos definir una nueva magnitud que incluya a las dos; pero lo rápido que se hace el desplazamiento no depende lo mismo de las dos magnitudes: aumenta al aumentar lo que se ha desplazado, sin embargo, disminuye al aumentar el tiempo que ha empleado. Esa nueva magnitud dependerá directamente del desplazamiento e inversamente del tiempo. ¿Cómo lo expresaremos matemáticamente? Mediante un cociente cuyo numerador sea el desplazamiento y el denominador el tiempo invertido.

$$v = \frac{?}{?} t$$

También será necesario dedicar un tiempo a distinguir cuándo se debe poner  $t$  o  $? t$ , que distingan entre el tamaño de una magnitud y el incremento del tamaño.

Esa nueva magnitud ¿cómo se llama? y ¿cuál es su definición?: “velocidad = desplazamiento realizado en la unidad de tiempo”.

Se les ayudará a pensar en que cualquier magnitud que mida la rapidez con que se realiza algo siempre llevará en el denominador  $v/t$ .

¿Cuál será la expresión matemática y la definición de la magnitud que mide lo deprisa que varía la velocidad y que se conoce con el nombre de aceleración?

$a = \Delta v / \Delta t$  Definición “incremento de velocidad en la unidad de tiempo”.

Potencia es la magnitud que mide la rapidez con que se trabaja. Escribe la expresión matemática de la potencia y su definición.

$$Potencia = \frac{W}{t}$$

Otros muchos ejemplos podríamos añadir: velocidad de reacción, velocidad de desintegración, etc.

#### B. Concepto de densidad.

¿Qué es algo muy denso? Mucho en poco espacio, pero si estamos hablando de materia la cantidad será la masa y el espacio será el volumen por tanto

$$\rho = m/V$$

¿Y la definición? “Masa de la unidad de volumen”. ¿Por qué será una magnitud específica?

#### C. Concepto de concentración de una disolución.

Una disolución es la mezcla de un soluto y un disolvente. ¿Qué llamaremos una disolución muy concentrada? Cuando el soluto está muy junto, hay mucho soluto en poca cantidad de disolución, por eso:

$$\text{Concentración} = \frac{\text{cantidad de soluto}}{\text{cantidad de disolución}}$$

Para medir la cantidad de soluto tenemos varias opciones; lo podemos hacer mediante su masa o expresándolo como el número de moles y lo mismo pasa con la disolución. Tendremos varias formas de medir la concentración y utilizaremos cada una según los cálculos que tengamos que hacer después al usar esas disoluciones para trabajar experimentalmente o según el fenómeno que estemos estudiando. Vamos a explicar tres posibilidades:

1. La primera que vamos a explicar es la que se utiliza a nivel vulgar, y en ella se parte de la masa del soluto y del disolvente, utilizando como unidad para medirlas el gramo.

Los alumnos deberán ser capaces de escribir que

$$\text{Concentración} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de gramos de soluto}}{\text{n}^\circ \text{ de gramos de soluto} + \text{n}^\circ \text{ de gramos de disolvente}}$$

Después de hacer cálculos con ejemplos concretos, comentaremos por qué en estos casos resulta más cómodo multiplicar por cien y hablar de porcentajes en lugar de usar decimales.

2. La segunda forma consiste en medir lo mismo el soluto que el disolvente en moles y, después de decirles esto, los alumnos deberán escribir la expresión de la concentración y proponer el nombre:

$$\text{Concentración} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de moles de soluto}}{(\text{n}^\circ \text{ de moles de soluto} + \text{n}^\circ \text{ de moles de disolvente})}$$

¿Esta expresión qué es en Matemáticas? *Una fracción*. ¿Cómo llamaríais a una fracción de moles? *Fracción molar*.

Ya veremos más adelante que algunas propiedades de las disoluciones sólo dependen de la proporción en que se encuentran las moles de soluto en relación a las moles totales, por eso esta expresión de la concentración nos va a resultar muy útil.

3. En la tercera forma, que es la más importante para un químico, se mide el soluto en moles y la disolución en litros. Se llama molaridad, y se representa por M.

Los alumnos escribirán la fórmula:

$$M = \frac{\text{N}^\circ \text{ de moles de soluto}}{\text{n}^\circ \text{ de Litros de disolución}}$$

Tendremos que hacer ejercicios numéricos para que lo asimilen y ejercicios numéricos para que entiendan que, si tienen expresada la concentración de una disolución como molaridad, cuando trabajan experimentalmente, tomar un número determinado de moles o moléculas se reducirá a medir un volumen.

#### D. Concepto de calor específico

Se trata de buscar de qué magnitudes va a depender la cantidad de calor que necesito para calentar una sustancia, Para concretar el problema, como hacemos siempre, ponemos ejemplos de la vida cotidiana: *“necesitamos buscar una expresión matemática que nos permita calcular la cantidad de calor que necesitamos para calentar distintas cantidades de agua y de aceite a diferentes temperaturas.”* Conversando con los alumnos se llega fácilmente a la conclusión de que dependerá de:

- La cantidad (masa).
- El incremento de temperatura.
- La naturaleza de las especies.

Es decir, la cantidad de calor Q será proporcional a la masa que calentamos y al  $\Delta t$ . Si las magnitudes son proporcionales los alumnos deben saber (si no se comenta una vez más) que la relación es constante y evidentemente esa constante será la que depende de la naturaleza

$$Q / m \Delta t = \text{cte}$$

¿Cómo definiremos esa constante? Esta expresión debe ser fácil de leer por los alumnos como *“cantidad de calor por unidad de masa y por unidad de temperatura”*, como depende de la naturaleza o especie se llamará calor específico y se representará por  $c_e$ , por lo que

$$c_e = Q / m \Delta t$$

De forma similar se definirá la resistividad térmica o eléctrica, los coeficientes de dilatación, etc.

## 5. AYUDARLES A PENSAR QUÉ MIDEN O QUÉ NOS INDICAN DETERMINADAS RELACIONES

Un ejemplo puede ser que los alumnos entiendan por qué el cociente:

Diferencia de potencial / intensidad de la corriente

nos indica la oposición del conductor a que pasen las cargas y por eso se debe llamar resistencia del conductor.

Es necesario hacerlos pensar que la diferencia de potencial es la energía que se necesita para mover la unidad de carga entre dos puntos y la intensidad nos mide la rapidez con que se mueven las cargas. Si necesito poca energía (poca diferencia de potencial) para obtener una intensidad grande, el cociente entre las dos magnitudes será pequeño, ofrecerá poca resistencia, y las cargas se moverán deprisa con poca energía.

No es tan fácil que lo entiendan y es necesario recurrir a ejemplos numéricos:

Tenemos dos conductores y en uno de ellos la relación vale 3 y en el otro 20. Queremos que por los dos pase una corriente de intensidad 0,5 amperios, ¿a qué diferencia de potencial tendremos que someter a cada uno de ellos?

Al hacer los cálculos, la mayoría de los alumnos se dan cuenta del significado, ya que para el primero sólo necesitan 1,5 V, lo que indica que las cargas se mueven fácilmente (poca resistencia) y para el segundo necesitan 10 V (más resistencia).

### 5.1. ¿Por qué se define la intensidad de campo?

Muy pocos alumnos entienden la filosofía que conlleva definir la intensidad de campo, posiblemente porque no se les explica.

Nuestra propuesta es explicar primero la ley de Newton. La enunciamos y los alumnos ya deben saber escribirla, porque ya saben lo que significa proporcional, directa e inversamente, etc., únicamente será necesario comentar cómo indicamos que  $F$  es vector:

$$\mathbf{F} = (G \cdot M \cdot m / r^3) \mathbf{r}$$

A continuación planteamos el siguiente problema:

*Calcular la fuerza que ejerce la Tierra, de masa  $M$ , sobre tres alumnos del aula cuyas masas vamos a llamar  $m_1$ ,  $m_2$  y  $m_3$ .*

Después de que uno de los alumnos dicte las expresiones:

$$\mathbf{F} = (G \cdot M \cdot m_1 / r^3) \mathbf{r}$$

$$\mathbf{F} = (G \cdot M \cdot m_2 / r^3) \mathbf{r}$$

$$\mathbf{F} = (G \cdot M \cdot m_3 / r^3) \mathbf{r}$$

los propios alumnos deben indicar cómo hacen estas operaciones de una forma lógica y sin repetir los cálculos. Haciéndoles reflexionar se dan cuenta de que hay una parte que se repite en todas las expresiones que tenemos escritas en el encerado y que, lógicamente, calcularemos primero, porque el resto de los cálculos se limitarán a

multiplicar ese valor por la masa de cada alumno. Precisamente eso será lo que llamamos intensidad de campo gravitatorio terrestre en el aula y representamos por  $g$  y, por eso, para no repetir constantemente los mismos cálculos, se ha recurrido a definir intensidad de campo. Por tanto:

$$g = G \cdot M / r^2$$

Los alumnos nos indicarán si debemos incluir el carácter vectorial y si esa magnitud será escalar o vectorial. En definitiva nos quedará como definición de la nueva magnitud:

$$\mathbf{g} = (G \cdot M / r^2) \mathbf{r}$$

Por lo que la expresión de la ley de gravitación universal de Newton quedaría convertida en:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{g}$$

A continuación, los alumnos deberán explicar por qué  $\mathbf{g}$  es una aceleración y su unidad en el SI es  $m/s^2$ . Será sólo despejar:

$$\mathbf{g} = \mathbf{F} / m$$

Por eso los libros definen la intensidad de campo gravitatorio como la fuerza ejercida sobre la unidad de masa. Sin embargo consideramos que, para principiantes, no se debería de dar esa definición, al menos de entrada, porque les complica más y no entienden por qué se utiliza una nueva magnitud llamada intensidad de campo.

Después de entender lo que es intensidad de campo gravitatorio será necesario insistir que cualquier objeto que tenga masa a su alrededor creará un campo gravitatorio y la expresión de la intensidad de campo en un punto a una distancia  $r$  del centro del objeto estará expresada siempre por la fórmula:

$$\mathbf{g} = (G \cdot m / r^2) \mathbf{r}$$

en la que  $m$  es la masa del objeto que crea el campo y  $r$  la distancia del centro al punto.

Si hay varios objetos en distintas posiciones, cada uno con una masa  $m$ , creando el campo será necesario calcular la intensidad del campo de cada objeto en ese punto, dibujar los vectores correspondientes y después sumarlos, teniendo en cuenta que, si se deben de sumar más de dos vectores, lo mejor es tomar unos ejes de coordenadas y sumar las componentes para calcular el vector resultante.

Una segunda cuestión que deberán entender es que siempre que un campo gravitatorio introducimos un objeto que tenga masa  $m$  sobre él existirá una fuerza cuyo valor será:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{g}$$

## 5.2. Campo eléctrico

Una vez que han entendido bien la intensidad de campo gravitatorio y han trabajado con estas expresiones los propios alumnos deberán ser capaces de buscar las expresiones de la intensidad de campo eléctrico después de enunciar la ley de Coulomb y tendrán que tener en cuenta que:

1. Cualquier carga eléctrica en su entorno creará un campo eléctrico y si lo representamos por  $E$ , la expresión matemática sería:

$$\mathbf{E} = (k \cdot q / r^3) \mathbf{r}$$

En el campo eléctrico surge una nueva situación: entre masas siempre había atracción pero entre las cargas puede haber atracción o repulsión, los científicos han llegado, arbitrariamente, al acuerdo de tomar como referencia para establecer el sentido lo que sucedería si la carga colocada en ese punto fuera positiva. Por eso, el vector  $E$  se dibujará como si saliera de las cargas positivas y llegando a las negativas. Lo mismo que en el gravitatorio, si hay varias cargas eléctricas se obtendría por la suma vectorial de las distintas intensidades de campo sobre ese punto.

2. Si en un campo de intensidad  $E$  colocamos una carga eléctrica sobre ella habrá una fuerza cuyo valor será:

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E}$$

### 5.3. Campo electromagnético

El razonamiento para los alumnos será similar al del campo  $E$ , después de explicarles que Oersted descubrió que las cargas eléctricas moviéndose con una velocidad  $v$  son las que producen el campo magnético, que por eso se llama electromagnético, cuya intensidad depende del producto  $q \cdot v$ .

Se les hará recapacitar que las cargas con frecuencia se mueven a través de los conductores y que sustituyendo la velocidad por su valor se llega a la siguiente igualdad:

$$q \cdot v = q \cdot \Delta l / \Delta t = I \cdot \Delta l$$

es decir, que en las distintas expresiones utilizaremos  $q \cdot v$  si es una carga que se mueve libremente con una velocidad  $v$  o bien  $I \cdot \Delta l$  si es un conductor por el que pasa una corriente de intensidad  $I$ .

Si la intensidad de campo magnético la representamos por  $B$ , los alumnos deberían escribir las expresiones de  $B$  para una carga  $q$  que lleva una velocidad  $v$  y para un conductor eléctrico de tamaño  $\Delta l$  por el que pasa una corriente eléctrica de intensidad  $I$ .

Una vez escritas las expresiones para el valor de  $B$  será necesario hacerles reflexionar sobre si  $q \cdot v$  e  $I \cdot \Delta l$  son magnitudes escalares o vectoriales y, por otra parte, teniendo en cuenta que  $B$  es un vector y que el segundo miembro de la igualdad es un producto en el que hay dos vectores, para que el resultado del producto sea un vector tendrá que ser un producto vectorial. Por lo que:

- La expresión de la intensidad de campo para una carga que se mueve libremente sería:

$$\mathbf{B} = (k \cdot q \cdot v / r^3) \times \mathbf{r}$$

- La expresión para un conductor de tamaño  $\Delta l$  por el que circula una corriente de intensidad  $I$  sería:

$$\mathbf{B} = (k \cdot I \cdot \Delta l / r^3) \times \mathbf{r}$$



Como consecuencia, puesto que se trata de un producto vectorial, el vector resultante **B** será un vector perpendicular al plano determinado por los dos vectores **v** y **r**, en un caso, y en el otro **I** y **r**. El sentido nos lo dará la regla del sacacorchos, sin olvidar que el producto vectorial no es conmutativo. El tamaño de **B** será:

$$B = (k \cdot q \cdot v / r^2) \text{ sen } a, \text{ siendo } a \text{ el ángulo que forman } \mathbf{v} \text{ y } \mathbf{r}.$$

$$B = (k \cdot I \cdot l / r^2) \text{ sen } a, \text{ siendo } a \text{ el ángulo que forman } \mathbf{I} \text{ y } \mathbf{r}.$$

Será necesario comentar con los alumnos por qué en el caso del conductor se pondrá **dB** (diferencial de **B**) en lugar de **B** y no será **l** sino **dl**. Para que lo entiendan, se harán esquemas que les permita darse cuenta de que **r** y **a** toman distintos valores según se consideran diferentes **dl** a lo largo del conductor. Se les explicará por qué para calcular **B** se debe hacer una integral, ya que integrar es sumar diferenciales.

Lo mismo que sucedía en los campos gravitatorio y eléctrico sucederá aquí. Si en un campo magnético introducimos un conductor por el que pasa una corriente de intensidad **I** o una carga **q** con una velocidad **v** el campo ejercerá sobre ellos una fuerza, la expresión será similar a las del gravitatorio y eléctrico pero teniendo en cuenta que ahora será un producto vectorial:

$$\mathbf{F} = I \cdot \mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Y los tamaños de la fuerza serán:

$$F = I \cdot l \cdot B \text{ sen } \forall$$

$$F = q \cdot v \cdot B \text{ sen } \forall$$

La dirección de la fuerza será la perpendicular al plano determinado por los vectores **I** y **B** o bien **v** y **B** y el sentido el del sacacorchos, sin olvidar que, como en electricidad, estas normas se refieren a las cargas positivas (si son negativas la fuerza será de sentido contrario). También será necesario advertirles que no olviden que el producto vectorial no es conmutativo.

Al final se hará un resumen en una tabla del siguiente tipo:

Magnitud	Representada	Origina	Intensidad de campo
Masa	m	Campo gravitatorio	$\mathbf{g} = (k \cdot m / r^3) \mathbf{r}$
Carga eléctrica	q	Campo eléctrico	$\mathbf{E} = (k \cdot q / r^3) \mathbf{r}$
Carga eléctrica en movimiento	$q \cdot \mathbf{v}$	Campo magnético	$\mathbf{B} = (k \cdot q \cdot \mathbf{v} / r^3) \times \mathbf{r}$
Conductor eléctrico de tamaño dl	$I \cdot \mathbf{dl}$	Campo magnético	$d\mathbf{B} = (k \cdot I \cdot \mathbf{dl} / r^3) \times \mathbf{r}$

Siempre que hay un campo	En él se coloca	Habrá una fuerza
<b>G</b>	m	$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{g}$
<b>E</b>	Q	$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E}$
<b>B</b>	$q \cdot \mathbf{v}$	$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B}$
<b>B</b>	$\mathbf{I} \cdot \mathbf{l}$	$\mathbf{F} = \mathbf{I} \cdot \mathbf{l} \times \mathbf{B}$

Este trabajo, para que fuera completo, se deberá extender a todos los temas de Física y Química. Con estos ejemplos lo único que queremos es llamar la atención que enseñar Física y Química no es ir a clase, escribir fórmulas en el encerado y que los alumnos las utilicen para resolver problemas numéricos. De esa forma es muy difícil que los alumnos entiendan estas materias y lleguen a tener interés por trabajar en ellas.

Como decía Herron (2) cuanto más tiempo llevamos dando clase más tiempo gastamos en hablar con los alumnos, plante ndoles preguntas para que se fijen en el significado de cada concepto, fórmula, etc. o intentando que ellos aprendan a plantear esas preguntas, y menos en explicarles.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

1. A.B. Arons, *Teaching introductory Physics*, Ed. John Wiley and Sons, New York (1996).
2. D. Herron, *The chemistry classroom: formulas for successful teaching*, Ed. American Chemical Society, Washington (1996).
3. P.G. Hewit, *Física Conceptual*, Ed. Addison-Wesley Longman, México (1999).
4. G. Holton, *Introducción a los Conceptos y las Teorías de las Ciencias Físicas*, Ed. Reverté, Barcelona (1993).