



# BOLETÍN OFICIAL DE LAS CORTES GENERALES

# SENADO

VII LEGISLATURA

Serie I:  
BOLETÍN GENERAL

22 de mayo de 2003

Núm. 660

## ÍNDICE

Páginas

### PONENCIAS DE ESTUDIO

- Informe de 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 (543/000012) ..... 1

## PONENCIAS DE ESTUDIO

543/000012

### PRESIDIENCIA DEL SENADO

Se ordena la publicación en el BOLETÍN OFICIAL DE LAS CORTES GENERALES del **Informe** de 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.

Lo que se publica para general conocimiento.

Palacio del Senado, 20 de mayo de 2003.—P. D., **Manuel Caveró Gómez**, Letrado Mayor del Senado.

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, e integrada por los Excmos. Sres. Abejón Ortega, D. Adolfo (GPP); Acosta Padrón, D. Venancio (GPCC); Agudo Cadarso, D<sup>a</sup> Cristina (GPS); Barahona Hortelano, D. José María (GPP); Bildarratz Sorron, D. Jokin (GPSNV); Boneta Piedra, D<sup>a</sup> Inmaculada (GPMX); Fernández Zanca, D. Manuel Francisco (GPS); Sabaté Borràs, D. Joan (GPECP); Vallejo de Miguel, D<sup>a</sup> Esther (GPP) y Varela i Serra, D. Josep (GPCIU); tiene el honor de elevar a la Comisión de Educación, Cultura y Deporte el siguiente Informe.

Palacio del Senado, 13 de mayo de 2003.—**Adolfo Abejón Ortega, Venancio Acosta Padrón, Cristina Agudo Cadarso, José María Barahona Hortelano, Jokin Bildarratz Sorron, Inmaculada Boneta Piedra, Manuel Francisco Fernández Zanca, Joan Sabaté Borràs, Esther Vallejo de Miguel y Josep Varela i Serra.**

**INFORME DEFINITIVO DE 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**

**ÍNDICE**

	Páginas
I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. CONSIDERACIONES GENERALES .....	4
1. Importancia de la enseñanza de las ciencias como base de la cultura científica y el desarrollo tecnológico .....	4
<i>(D. Gerardo Delgado Barrio, Presidente de la Real Sociedad Española de Física. Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.)</i>	
2. Indicadores sobre el rendimiento de la enseñanza .....	6
<i>(D. Carlos Pico Marín, ex-Presidente de la Real Sociedad Española de Química. Catedrático de Química de la Universidad Complutense de Madrid.)</i>	
3. Peculiaridad de las Matemáticas como ciencia y problemática de la enseñanza secundaria en general .....	9
<i>(D. Manuel de León Rodríguez, Vicepresidente de la Real Sociedad Matemática Española. Investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.)</i>	
III. ASPECTOS HUMANÍSTICOS DE LA CIENCIA: VALORES ÉTICOS Y UNIVERSALES, COMPRENSIÓN DEL MUNDO TECNOLÓGICO ACTUAL, ASPECTOS FORMATIVOS .....	12
1. Valores y aspectos éticos de la actividad científica.....	12
<i>(D. Miguel de Guzmán Ozámiz, Académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Catedrático de Análisis Matemático de la Universidad Complutense de Madrid.)</i>	
2. La actitud de la sociedad española ante la ciencia.....	14
<i>(D. Antonio Fernández Rañada. Catedrático de Electromagnetismo, Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.)</i>	
3. Situación particular de los estudios de Química.....	16
<i>(Luis A. Oro Giral. Presidente de la Real Sociedad Española de Química. Catedrático de Química de la Universidad de Zaragoza.)</i>	
IV. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENSEÑANZA CIENTÍFICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA ...	17
1. Situación general de la secundaria en España .....	17
1.1. Situación de la enseñanza de las matemáticas en la educación secundaria.....	17
<i>(Tomás Recio Muñoz. Presidente de la Comisión de Educación de la Real Sociedad Matemática Española. Catedrático de la Universidad de Cantabria.)</i>	
1.2. Análisis de los currícula de física y química en la ESO y en el Bachillerato .....	22
<i>(D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Jesús del Arco. Catedrática de Física y Química en el Instituto de Enseñanza Secundaria Gerardo Diego de Madrid.)</i>	
1.3. Situación de las asignaturas de Matemáticas, Física y Química .....	25
<i>(D. Manuel Gómez Rubio. Profesor Titular de Química Inorgánica de la Universidad de Alcalá.)</i>	

	Páginas
1.4. Las ciencias biológicas en la enseñanza secundaria..... ( <i>D<sup>a</sup> Margarita Salas Falgueras y D. Pedro García Barreno, Presidenta y Secretario General del Instituto de España y académicos de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.</i> )	28
1.5. Enseñanza de la biología. Diversas ayudas institucionales ..... ( <i>D. Emiliano Aguirre Enríquez, académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.</i> )	30
1.6. Propuesta para los currícula científicos en la ESO y el Bachillerato ..... ( <i>D. Javier Barrio Pérez, Inspector de Educación y Catedrático de Instituto de Física y Química.</i> )	33
2. Motivación del profesorado y del alumnado .....	45
2.1. La formación del profesorado ..... ( <i>D. Salvador Llinares Ciscar. Catedrático de Didáctica de la Matemática en las Universidades de Sevilla y Alicante y miembro de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM).</i> )	45
2.2. La alfabetización científica, una revolución pendiente en la enseñanza ..... ( <i>D. José M. López Sancho. Investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y miembro de la Real Sociedad Española de Física.</i> )	47
2.3. El futuro de la enseñanza de las ciencias..... ( <i>D. Enrique Ramos Jara. Miembro de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química.</i> )	56
3. Situación comparativa con los países europeos.....	60
3.1. La educación científica en la educación secundaria en Alemania, con especial énfasis en la asignatura de química a modo de ejemplo ..... ( <i>D. Heindirk tom Dieck. Ex-Presidente de la Sociedad Alemana de Química. Frankfurt (Alemania.)</i> )	60
3.2. Matemáticas y escuela secundaria..... ( <i>D. Philippe Richard. Miembro del Comité en Educación Matemática de la Sociedad Matemática Europea. Profesor del Departamento de Didáctica de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Montreal, Canadá.</i> )	64
3.3. La enseñanza de la física en Europa..... ( <i>D<sup>a</sup> Paloma Varela Nieto. Catedrática de Física y Química del Instituto de Enseñanza Secundaria Ramiro de Maeztu de Madrid. Profesora asociada del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid.</i> )	68
V. ENSEÑANZAS Y ACTIVIDADES NO REGLADAS .....	75
1. Las Olimpiadas Matemáticas..... ( <i>D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Gaspar Alonso Vega. Presidenta de la Comisión de Olimpiadas de la Real Sociedad Matemática Española.</i> )	75
2. Olimpiadas de Física ..... ( <i>D. Jaime Julve Pérez. Secretario de la Comisión OIF. Miembro de la Real Sociedad Española de Física.</i> )	78
3. Olimpiadas de Química ..... ( <i>D. Juan A. Rodríguez Renuncio. Catedrático de Química Física de la Universidad Complutense de Madrid.</i> )	80
4. Los medios de comunicación y la divulgación científica ..... ( <i>D. Manuel Calvo Hernando. Presidente de la Sociedad Española de Periodismo Científico.</i> )	84

	Páginas
5. El papel de los nuevos Museos en la educación científica..... (D. Ramón Nuñez Centella. Director de los Museos Científicos Coruñeses.)	85
VI. COMUNICACIÓN FINAL DE LAS REALES SOCIEDADES DE FÍSICA, MATEMÁTICAS Y QUÍMICA.....	87
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93

## I. INTRODUCCIÓN

La Comisión de Educación, Cultura y Deporte del Senado acordó, por unanimidad, a propuesta del Grupo Parlamentario Popular, en su sesión del día 22 de febrero de 2001, la constitución de una Ponencia sobre la Situación de las Enseñanzas Científicas en la Educación Secundaria.

La Exposición de Motivos de la Moción aprobada señalaba que «El nivel de conocimientos científicos de los alumnos que ingresan en la Universidad ha sufrido un descenso alarmante en los últimos años posiblemente por la inadecuación y reducción de los contenidos impartidos en las etapas educativas precedentes, tal como ha sido señalado por las Reales Sociedades de Física y Química».

También se indicaba en dicho texto que «En la actual y futura sociedad de la información y del conocimiento no sólo se debe tener información sino que es necesario que los alumnos estén dotados de capacidad para interpretarla y sobre todo comprenderla. En una Sociedad moderna, las disciplinas científicas —Física, Química y Matemáticas— son fundamentales para abordar los retos científicos y tecnológicos del siglo XXI. Además un mejor y mayor conocimiento de la metodología científica contribuirá a conformar la capacidad reflexiva y de raciocinio lo que unido a una educación fundamentada en valores contribuirá decididamente a una formación más humanista».

La Ponencia se constituyó el 13 de septiembre de 2001 y estuvo integrada por los siguientes miembros:

- D. Adolfo Abejón Ortega (GPP).
- D. Venancio Acosta Padrón (GPCC).
- D<sup>a</sup> Cristina Agudo Cadarso (GPS).
- D. José María Barahona Hortelano (GPP).
- D. Jokin Bildarratz Sorron (GPSNV) (sustituyó a D. José Ignacio Liceaga Sagarzazu).
- D. Carles Josep Bonet i Revés (GPECP).
- D<sup>a</sup> Inmaculada de Boneta y Piedra (GPMX) (sustituyó a D. Anxo Manuel Quintana González).
- D. Manuel Francisco Fernández Zanca (GPS).
- D. José Ignacio Liceaga Sagarzazu (GPSNV).
- D. Anxo Manuel Quintana González (GPMX).
- D. Joan Sabaté Borràs (GPECP) (sustituyó a D. Carles Josep Bonet i Revés).
- D<sup>a</sup> Esther Vallejo de Miguel (GPP).
- D. Josep Varela i Serra (GPCIU).

Bajo la coordinación de D. José María Barahona Hortelano, en la Ponencia han comparecido profesores de ense-

ñanzas medias y superiores, nacionales y extranjeros, que han contribuido a establecer los parámetros de la situación. Con el acuerdo de todos los Grupos, los comparecientes han sido seleccionados en su mayoría por D. Manuel de León Rodríguez, Vicepresidente Portavoz de la Real Sociedad Matemática Española, D. Carlos Pico Marín, ex-Presidente de la Real Sociedad Española de Química y D. Gerardo Delgado Barrio, Presidente de la Real Sociedad Española de Física, quienes han asistido a la mayoría de las reuniones de la Ponencia y han mantenido una estrecha colaboración con los Ponentes para la formulación de conclusiones y propuestas.

## II. CONSIDERACIONES GENERALES

### 1. Importancia de la enseñanza de las ciencias como base de la cultura científica y del desarrollo tecnológico.

*D. Gerardo Delgado Barrio. Presidente de la Real Sociedad Española de Física. Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.*

Señorías, antes de comenzar y con el espíritu sacudido por los hechos terribles de este martes pasado, quiero en nombre de las tres sociedades científicas que hoy comparecemos aquí agradecer profundamente la unanimidad de todos los senadores para aprobar la creación, en el seno de la comisión de Educación, Cultura y Deporte, de una ponencia que analice la situación actual de las enseñanzas científicas en la educación secundaria y fomente e impulse su conocimiento.

Estamos en un momento crucial de la Historia de España. No solo por el hecho de asistir, con protagonismo, a los grandes cambios científicos y tecnológicos que nos llevan a la globalización de la economía y de la información sino por que nos hemos integrado en la Unión Europea y al tiempo se está desarrollando una nueva forma de Estado, el Estado de las Autonomías. Los planteamientos educativos tienen que tener en cuenta esta nueva situación del Estado Español sin olvidar que lo verdaderamente irrenunciable para la educación es la formación de personas de su tiempo, como decía hace poco D. Juan Piñeiro actual presidente del consejo escolar del Estado Español.

Sólo tendremos ciudadanos europeos si somos capaces de encontrar e incorporar el sustrato de miles de años que nos unen: Grecia, Roma, El Cristianismo, el Judaísmo, Lo

Musulmán. Jean Monnet lo tuvo claro cuando al final de sus días declaró que si fuera posible volver a empezar a conseguir la Unión Europea, habría que hacerlo por la cultura. Lo mismo que hace más de 40 años había dicho Salvador de Madariaga.

Todavía hoy muchos educadores hablan de los saberes útiles y los saberes inútiles, el otium y el negotium de los romanos. Entre los saberes útiles incluyen la ciencia y la tecnología y entre los inútiles incluyen las humanidades con la definición que de ellos da el diccionario de D<sup>a</sup> María Moliner «conocimiento o estudios que enriquecen el espíritu pero no son de aplicación práctica inmediata». Esta división así planteada es en mi opinión errónea.

Es verdad que la ciencia es útil y a lo largo de otras comparecencias en esta comisión se va a describir la importancia de la enseñanza de la ciencia en la educación secundaria para los estudios tecnológicos. En un país desarrollado necesitamos ingenieros de diferentes ramas, Caminos, Industriales, Telecomunicación, etc., Arquitectos y en todos estos estudios un número importante de las asignaturas es de física aplicada, incluso en algunas especialidades son más de la mitad. También son igualmente importantes las Matemáticas y la Química.

Pero no es menos cierto que la ciencia es una de las grandes construcciones teóricas del hombre. Su conocimiento va más allá que la información sobre los hechos científicos, forma al individuo, le proporciona capacidad de análisis, capacidad de búsqueda de la verdad, búsqueda de las causas eficientes. Quizás convenga recordar las primeras frases de una obra importante del pensador español Xavier Zubiri, que en su libro *Naturaleza Historia y Dios* dice que hay tres grandes hitos en la Historia de la Humanidad, la Filosofía Griega, El Derecho Romano y la Religión Israelí y que solo a ellas se compara la Ciencia Moderna.

Sólo se puede entender el humanismo en profundidad si es una parte e importante la ciencia moderna.

Hace poco el informe Delors de educación para el siglo XXI, donde colaboraron profesores de todo el mundo, países como Japón, Rodhesia, Italia, Eslovenia etc., llegan a la conclusión de que la educación es imprescindible para lograr la formación integral de la persona. En definitiva para ser hombre. Aunque esta conclusión ya la encontró Platón en la discusión de Protágoras con Sócrates. Cuando Protágoras llega a Atenas y le dicen ¿Y tu que vienes aquí a enseñar? Porque la gente se arruina para pagarte, cuando alguien va a aprender a tocar la flauta, va a un profesor de música, cuando estudia medicina va a Hipócrates, si es escultor va a Fidias ¿y tu que enseñas? El responde «yo enseño a ser hombre».

En el informe Delors habla de cuatro pilares de la educación: Aprender a Conocer, a hacer, a convivir, a ser. Quizás habría que añadir él aprender a pensar, como propone Luis González Seara, no solo en el sentido de comprender sino en el sentido de pensar para innovar. Vivimos en una situación de innovación y, por eso, el mismo informe Delors plantea esa educación pluridimensional, que puede combinar el aprendizaje con la formación y el trabajo. En definitiva como propugnaron algunos grandes educadores y filósofos del siglo XX como Whiteheath, quien afirmaba

que hay una sola materia para la educación, la vida en todas sus manifestaciones.

Déjenme decirles señorías que la Ciencia que es parte de la cultura, se puede explicar incluso en las primeras etapas es decir en la educación infantil y primaria. La semana pasada y organizada por la Real Sociedad Española de Física se ha celebrada en Granada el primer congreso nacional sobre la Ciencia en la educación infantil y primaria. En este congreso donde han participado educadores de todos los niveles desde profesores de EGB hasta catedráticos de universidad, investigadores del consejo superior de investigaciones científicas y miembros de los diferentes museos de ciencia que hoy tenemos en España han analizado como se puede llegar a interesar, yo diría más a emocionar a los más jóvenes en su acercamiento a la naturaleza. No es necesario saber leer y escribir para interesarse por que caen los objetos y sin embargo no caen la luna o las estrellas, extasiarse ante el arco iris y mirar con ojos asombrados la flora y la fauna que nos rodea. Los primeros estímulos provocan curiosidad y preguntas a los que solo puede responder la Ciencia. Es en esas etapas donde los educadores pueden llevar a los niños al interés por la ciencia, a los conceptos científicos y al principio de causalidad y de explicación racional sin necesidad, en esas etapas educativas, de una formalización matemática de las leyes de la naturaleza.

El catorce de diciembre del año 2000 se cierra el siglo XX para la Física donde comenzó 100 años atrás en Berlín. Allí Claude Cohen-Tannoudji, reciente premio Nobel de física, hablo de los átomos, los fotones y sus interacciones mutuas. Mil quinientas personas llegadas en jubileo para celebrarla ley de Planck, le interrumpieron con aplausos cuando dijo: «La investigación básica ha sido es y será el motor de la civilización.»

A partir de ese trabajo pionero de Planck se elaboró la Mecánica Cuántica. Este fue uno de los desarrollos más revolucionarios que junto a la Relatividad han marcado al siglo XX y lo harán sin duda al XXI. Más del 25% del producto mundial bruto depende directamente de la Mecánica Cuántica, donde esté un transistor, un láser, una resonancia magnética ahí esta la presencia de la mecánica cuántica.

De las tres grandes revoluciones en el siglo XX la cuántica, la biomolecular y la informática. La básica es la primera que ha permitido el nacimiento de las otras dos. En el siglo XX la teoría cuántica ha dado la capacidad de comprender la materia que nos rodea en el XXI se podrá manipular casi a voluntad.

El siglo XX ha terminado y el personaje que se ha considerado más representativo del siglo es un científico que ha hecho mucho por la Mecánica cuántica en sus inicios y que es el padre de la Relatividad, me refiero a Albert Einstein. Con la teoría de la relatividad ha cambiado la visión del espacio y del tiempo que nos presento Kant en la *Crítica de la Razón Pura* y con la mecánica cuántica sobre todo con el principio de indeterminación de Heisenberg, ha cambiado nuestra visión del principio de causalidad y que también describe Zubiri en la obra anteriormente citada. Estas son algunas de los ejemplos de la implicaciones filosóficas de la física moderna y que demuestran la unión profunda entre la ciencia y las humanidades. Esto le lleva

a proponer al filósofo Jesús Mosterin en un trabajo sobre la ciencia y las humanidades, un nuevo humanismo que incorpore a la ciencia.

La ciencia es todavía una de las grandes anomalías históricas en España. Si España que ha sido un país periférico durante el siglo XIX y gran parte del XX, como dice Salvador Giner, desea estar dentro de los países desarrollados es esencial que apoye la investigación científica y como condición indispensable la educación científica a todos los niveles. Sin embargo la educación secundaria es vital no solo para el desarrollo científico sino también para el desarrollo de unos ciudadanos con capacidad de análisis auténticamente libres.

## 2. Indicadores sobre el rendimiento de la enseñanza.

*D. Carlos Pico Marín, ex Presidente de la Real Sociedad Española de Química. Catedrático de Química de la Universidad Complutense de Madrid.*

Lo primero sería identificar el problema y su nivel de importancia.

Es decir, ¿tienen pocos conocimientos científicos los estudiantes de ES?

Si son pocos, ¿con respecto a qué referencia?

Y ¿de dónde viene la necesidad de saber más, o sea, para qué?

Parecen ser insuficientes tales conocimientos científicos en opinión generalizada de los propios Profesores de E.S. En las Reales Sociedades de Matemáticas, de Física y de Química hemos tenido ocasión de recibir, y en varios casos de publicar en nuestras revistas, manifiestos de los Profesores denunciando estas carencias; igualmente, en muchos y diferentes foros se ha hecho patente la queja del bajo nivel medio de los estudiantes. Cito, al respecto, el simposio celebrado en el CSIC hace algo más de un año (y del que surgió la iniciativa de que se creara esta Ponencia, por inspiración del Senador Varela i Serra).

En esa ocasión, hubo coincidencia plena en que se trataba de un problema calificado de grave/muy grave, teniendo en cuenta hechos y argumentos como los siguientes:

### 1) Carencias observadas:

— Analfabetismo funcional: los bachilleres no comprenden ni saben describir la realidad que les rodea. Ello a pesar de que el S. XX se ha definido como el siglo de la Ciencia y que las tecnologías quedan obsoletas en pocos años, pero la base físico-matemática para su continua innovación perdura.

— Deficiente formación cultural-intelectual: la cultura científica es complementaria, no antagónica, de la humanística. (Parecería incluso «grotesco» que un intelectual ignore las bases científicas de la tecnología que utiliza cotidianamente.)

— Insuficiente base para los estudios universitarios: hay Escuelas técnicas y Facultades que se proponen esta-

blecer un curso «cero» de iniciación para suplir las carencias de conocimientos fundamentales.

— Patética deficiencia de lenguaje: tanto físico-matemático como ordinario. El primero es esencial para la formación del pensamiento abstracto e instrumento esencial de razonamiento físico; sobre el segundo se cree que se centra demasiado en la teoría del lenguaje y se atiende poco a su correcto uso y comprensión, tanto oral como escrita. Ambos lenguajes deben tener una finalidad instrumental.

### 2) Peculiaridades y connotaciones a tener en cuenta:

— Las ciencias (CC) sólo se aprenden en la enseñanza reglada: requieren del Profesor y del laboratorio (éste último con importantes problemas de utilización, de horarios, de dotaciones, etc.).

— El estudio de las CC requiere esfuerzo y, por tanto, voluntad: poco compatible con el concepto de «escuela lúdica» o cultura del entretenimiento. Las CC coexisten –incluso, más bien compiten– con otras diversas materias «blandas» donde se obtienen mejores calificaciones con mucho menos trabajo; esto es particularmente patente en que muchos alumnos deciden examinarse de materias optativas en selectividad, lo que conlleva una disminución del interés por las carreras científicas.

— Programación fragmentada en varios cursos (la anterior era cíclica, se «retroalimentaba») y evaluación conjunta de materias (Física + Química o incluso con Biología + Geología): hacen posible aprobar materias con grandes lagunas de conocimientos.

— Los alumnos pueden promocionar aun sin alcanzar niveles mínimos.

— Otras servidumbres que recaen sobre los Profesores: a) problemas de adaptación de alumnos (10% desmotivados/problemáticos); b) problemas de disciplina; c) presiones del entorno (dirección, padres, colegas); d) escasa dotación de especialistas del comportamiento (psicólogos, ...).

### 3) Posibles actuaciones y soluciones:

— Reconocer la prioridad de la formación matemática como lenguaje y como metodología de estudio: ello condiciona la comprensión de la Física.

— Ampliar la enseñanza de la Física para hacer posible la creación de estructuras mentales científicas orientadas a establecer relaciones causales, fomentar espíritu crítico y estimular la libertad de pensamiento: lo cual es igualmente básico para la comprensión de la Química y demás ciencias.

— Extensión equivalente de la Química, con especial énfasis en el trabajo experimental: en ésta se apoya no sólo la Biología moderna (Bioquímica) sino las ciencias de los nuevos materiales, medioambientales, biotecnología, etc.

— Aumento de días lectivos, mayor permanencia en el Centro, clases de apoyo, ...

— Modificación de la LOGSE: menor optatividad, exigencia de conocimientos y formación específica para ciencias e ingenierías.

Se expresó reiteradamente la necesidad de un gran debate (Parlamento-Universidad-Sociedades Científicas-Profesores de ES) para corregir la situación actual.

Una primera referencia, pues, sería esta opinión de los Profesores —que tienen una perspectiva histórica de dos o tres decenios por término medio— y que merece ser tenida muy en cuenta.

Pero ¿hay otros argumentos externos que sustenten esta opinión? (Este punto es importante porque, sin duda alguna, cualquier docente de cualquier materia apoyaría la posibilidad de que se mejorara, en horas lectivas y en profundidad, la enseñanza de su asignatura.)

Sin hacer ahora un análisis muy exhaustivo, las ciencias han experimentado una notable disminución en horas lectivas y en alumnado que las cursa en las últimas reformas (es decir, con respecto a BUP + COU). Ese es un primer dato objetivo: a costa de las ciencias, los estudiantes reciben otras enseñanzas no científicas.

Otra referencia, también objetiva y contrastable, podría ser la revisión de las calificaciones medias de los alumnos en las materias de ciencias con respecto a otras.

En primer lugar, la Tabla 1 recoge datos globales de calificaciones del COU referidos a las convocatorias de Junio de los cinco últimos años y a la UCM (unos 20.000 alumnos del Curso de Orientación Universitaria en cada una).

TABLA 1

Calificaciones medias de los alumnos del COU  
(Distrito de la UCM)  
Resultados globales

	1996	1997	1998	1999	2000
Media expediente	7,01	7,04	7,07	7,09	7,14
Media PAU	5,24	5,18	5,23	5,14	5,31
Dif. (Expte.-PAU)	1,87	1,86	1,84	1,95	1,83
% Aptos COU	62,4	62,2	61,1	61,0	60,7
% Aptos PAU	85,2	84,3	85,4	82,3	84,4

Los alumnos reciben calificaciones bastante altas en sus Centros (la mínima es 5,5 y la máxima es 9,0), del orden de 7 puntos, y en las Pruebas de Acceso a la Universidad (PAU) rebajan su calificación en casi 2 puntos.

El principal efecto de las PAU no es la propia prueba, que superan cerca del 85% de los alumnos presentados, sino el efecto previo de filtro en los propios Centros (supera el curso un 60% de los matriculados) que saben que serán evaluados —de forma indirecta— una vez que salen los resultados de las PAU. Ese control es hoy posible porque se examinan los alumnos por Centros; no lo será en absoluto si prospera la reforma anunciada de que cada estudiante se examine en las Facultades o Escuelas y cabe prever que se relaje tal efecto «disuasorio».

Con respecto a las calificaciones por materias (Tabla 2), se han seleccionado dos materias comunes, Lengua e Inglés, que pueden servir de referencia antes de comentar las de ciencias. En el año 1999 se indican también las di-

ferencias entre las notas y porcentajes de aprobados en los Centros.

TABLA 2

Calificaciones por materias de los alumnos del COU  
(Distrito UCM)  
Resultados por materias (NM = nota media: COU/PAU;  
% Aptos: COU/PAU)

Materia NM: COU/PAU % Aptos: COU/PAU	1996	1997	1998	1999	2000
LENGUA	/5,5 /81	/5,7 /85	/5,6 /69	<b>6,8/5,3</b> <b>79/61</b>	/5,7 /68
INGLÉS	/5,8 /81	/6,0 /83	/6,2 /75	<b>6,9/5,6</b> <b>82/61</b>	/6,1 /71
MATEMÁT. II	/3,8 /49	/3,4 /40	/3,7 /30	<b>6,5/3,6</b> <b>72/30</b>	/3,3 /22
MATEMATICAS	/5,1 /68	/4,0 /50	/4,4 /41	<b>6,5/4,4</b> <b>75/41</b>	/4,5 /42
FISICA	/4,8 /63	/4,9 /63	/4,8 /47	<b>6,9/5,2</b> <b>75/54</b>	/4,9 /51
QUÍMICA	/4,9 /67	/4,6 /61	/4,5 /43	<b>6,9/4,7</b> <b>74/46</b>	/4,4 /42
BIOLOGÍA	/5,8 /82	/5,5 /77	/5,9 /70	<b>7,1/5,3</b> <b>78/58</b>	/5,4 /61
DIBUJO TECN.	/4,9 /69	/5,5 /75	/5,3 /56	<b>7,3/5,6</b> <b>84/62</b>	/6,4 /73

Comenzando por los datos de 1999, se observa una disminución semejante a la global entre las calificaciones de ambas asignaturas (del orden de 1,5 puntos) y la media de las PAU superan los 5 puntos, si bien el nivel de aprobados se rebaja en un 20%.

En cambio, resulta enormemente preocupante el descenso en Matemáticas II (que cursan los alumnos de la opción C, de Sociales) porque se sitúan con notas de 3,5 y un descenso muy significativo en el porcentaje de los aprobados (hacia el 35%).

Mejoran algo las Matemáticas (mayoritariamente corresponden a la opción A, científico-técnica), aunque sólo un año superan el 5 de media, con porcentajes de aptos muy inferiores a los de las comunes, del orden de la mitad solamente.

En Física y en Química los resultados no son mucho mejores. No se alcanza el 5 casi ningún año y la proporción de aprobados es modesta.

Estos datos vienen a decir que más de la mitad de los alumnos de esta opción no aprueba ninguna de estas tres asignaturas en selectividad y, sin embargo, tales alumnos pretenden seguir estudios de ciencias o de Escuelas Técnicas. Lo cual significa, por otra parte, que superan la selectividad gracias al efecto de compensación de las materias comunes y a que sólo necesitan obtener 4 puntos de nota media. Dicho más claramente, la mayoría de los accesos a las Facultades de ciencias, donde la nota de «corte» ya es próxima a 5 puntos, corresponden a estudiantes cuyos conocimientos en las materias que deben cursar es notoriamente insuficiente.

En efecto, las notas de acceso o de «corte» (Tabla 3, para el Distrito único de Madrid) van descendiendo progresivamente porque:

- a) las plazas ofertadas por cada Centro universitario se mantienen constantes,
- b) ha aumentado la diversificación de carreras con la reforma de planes de estudios,
- c) ha disminuido la demanda por el descenso del censo de estudiantes de esa edad,
- d) (se dice que) el profesorado de COU tiende a rebajar los niveles de exigencia para equilibrarlos con los niveles que se aplican en LOGSE.

TABLA 3

Notas de acceso en el Distrito de Madrid  
(Curso 2000-01/2001-02)

CARRERA	UNIVERSIDAD				
	UCM	UAM	UA	UC-III	URJC
Biología	6,54 / 6,34	6,32 / 5,96	6,17 / 5,75	--	
Física	5,00 / 5,00	5,00 / 5,00	--	--	
Ingeniería	7,52 / 7,56	--	--	--	/ 5,36
Química					
Ingeniería Informática	7,03 / 6,82	6,88 / 6,81	--	6,74 / 6,63	
Matemáticas	5,00 / 5,00	5,00 / 5,00	--	--	
Química	5,56 / 5,00	5,00 / 5,00	5,00 / 5,00	--	

Con respecto a las Ingenierías tradicionales, las notas de acceso en la UPM también se van reduciendo paulatinamente, en general, y para el Curso 2001-02 son de 5,00 en Agrónomos, Caminos, Minas, Montes y Navales.

Por lo que respecta al Bachillerato LOGSE, los datos globales de la Tabla 4 se refieren a las convocatorias de Junio de los cinco últimos años y a la UCM (unos 4.000–5.000 alumnos en cada una).

TABLA 4

Calificaciones medias de los alumnos del Bachillerato LOGSE (Distrito de la UCM).  
Resultados globales

	1996	1997	1998	1999	2000
Media expediente	6,88	6,76	6,75	7,06	6,94
Media PAU	5,09	4,95	5,2	5,5	5,4
Difer. (Expte-PAU)	1,79	1,93	1,55	1,56	1,54
% Aptos Bachillerato	-	-	-	87,6	-
% Aptos PAU	79	78	83	88	85

Los alumnos reciben calificaciones bastante altas en sus Centros del orden de 7 puntos (si bien el valor máximo es aquí de 10 puntos) y en las PAU rebajan su calificación entre 1,5–1,9 puntos.

A diferencia del COU, el efecto de «filtro» en los Centros no es tan acusado (superan el curso cerca del 88% en 1999, frente al 61% en COU) y es equivalente el porcentaje de superación de las PAU (también del orden del 85% de los presentados).

Con respecto a las calificaciones por materias, se han seleccionado dos materias comunes, Lengua e Inglés, como referencia.

TABLA 5

Calificaciones medias de los alumnos del Bachillerato LOGSE (Distrito de la UCM).  
Resultados por materias

Materia NM PAU % Aptos PAU	1996	1997	1998	1999	2000
LENGUA	5,7 71	5,8 77	5,5 66	5,7 70	5,5 63
INGLÉS	5,4 57	5,0 53	4,9 49	5,2 54	5,3 56
MATEMÁT. II	3,6 24	3,5 28	4,4 42	4,9 50	4,5 44
MATEM. SOCS.	2,4 14	2,3 9	2,6 10	3,8 34	4,0 33
FÍSICA	4,9 51	4,9 53	4,2 37	4,5 42	5,2 59
QUÍMICA	5,0 47	3,6 18	4,4 36	6,0 71	5,5 63
BIOLOGÍA	4,6 43	5,3 56	6,6 84	6,0 72	6,4 82
CC. TIERRA M-A	5,0 46	6,1 78	7,1 87	6,8 87	7,2 94
DIBUJO TECN.	4,1 27	3,4 22	3,3 28	3,6 25	6,6 80
DIBUJO ART.	6,8 95	6,2 87	6,9 89	6,4 85	6,7 81

Se aprecia que las notas medias en las PAU son del orden de 5,5 puntos en Lengua y algo más bajas en Inglés, poco superiores a 5 puntos; casi el 70% y más de 50% aprueban estas materias, respectivamente.

En cambio, las Matemáticas II (que equivalen a las Matemáticas de COU) se sitúan con notas medias de 4 puntos y hay un descenso muy significativo en el porcentaje de los aprobados (hacia el 40%).

Peores resultados se dan en las Matemáticas de Sociales (semejantes a las Matemáticas II del COU) con notas medias de poco más de 3 puntos y catastróficos porcentajes de aptos.

En Física y en Química se observan resultados bastante parecidos. Se roza el 5 de media y, aunque hay amplias dispersiones en los porcentajes según los años, también se roza el 50% de aprobados como promedio. Para comparar mejor estos datos con los de COU hay que tener en cuenta la amplitud de los temarios en ambos casos.

Aunque con resultados extraños en 1966, las Ciencias de la Tierra y del Medioambiente parecen ser mucho más asequibles que otra materia relacionada como es la Biología, tanto en porcentajes de aptos como en calificaciones medias. Análogamente, con la excepción del 2000, el Dibujo Técnico es llamativamente más duro que el Dibujo Artístico. Estas parejas de materias pueden ser ejemplos de las antes indicadas como «duras» y «blandas» que parecen distorsionar la homogeneidad de criterios en cuanto a métodos de trabajo, de esfuerzo y niveles de exigencia.

Y ¿de dónde viene la necesidad de saber más, o sea, para qué?

La falta de estímulos hacia los estudios científicos y técnicos parecen conducir a la disminución de vocaciones (menor demanda); los que eligen esta opción están menos preparados (notas medias más bajas); los índices de fracaso escolar aumentan de modo preocupante en la Universidad (menos conocimientos científicos básicos y escasos hábitos de estudio). Con este panorama no se prevé un futuro tecnológico halagüeño para nuestro país que está necesitado de este tipo de profesionales.



Otro criterio de referencia puede ser el de las Olimpiadas de Matemáticas, de Física y de Química. A ellas concurren estudiantes preuniversitarios, de COU o de 2º de Bachillerato, seleccionados en todos los Distritos y los primeros clasificados en la fase nacional participan en las Olimpiadas Internacionales e Iberoamericanas. Se trata ahora de alumnos de muy alto nivel, cuyos conocimientos son superiores a lo establecido en los programas oficiales y con iniciativa personal.

Se comentarán separadamente.

#### Olimpiada Matemática:

La Real Sociedad Matemática Española convoca y organiza la Olimpiada Matemática anualmente desde el año 1964 y durante el curso 2000/2001 se ha celebrado su XXXVII edición. Inicialmente, el premio para los ganadores de la fase local —tres por cada distrito universitario— era una beca para estudiar Matemáticas y fueron muchos los que se dedicaron a esta ciencia gracias a la Olimpiada. Desde finales de los años 80, cuando empezaron a organizarse las Olimpiadas de Física y de Química, el Ministerio sustituyó la beca por premios en metálico para los ganadores de las fases local y nacional. De estos últimos salen los participantes en las Olimpiadas Internacional e Iberoamericana.

Los equipos están formados por seis participantes y la puntuación máxima por equipo es de 252 puntos (42 puntos por cada uno). Los resultados numéricos obtenidos en las cinco últimas ediciones de la fase Internacional, junto con los de otros cinco países europeos son los siguientes:

	1966	1997	1998	1999	2000
	puntos	puntos	puntos	puntos	puntos
España	44	39	36	60	29
Francia	61	105	100	73	58
Italia	86	71	72	82	57
Portugal	21	15	6	29	21
Reino Unido	161	148	122	100	96
Alemania	137	161	130	108	108

Si se comparan estos resultados con los valores medios (puntuación media por estudiante participante) resultan poco favorables, excepto en 1986 en que se superó ligeramente la media.

Sede	Año	Países	Media	Puntos España	Media España
EEUU	1981	27	26,6		
Hungría	82	30	20,8		
Francia	83	32	15,3		
Checoslovaquia	84	34	18,7	43	7,17
Finlandia	85	38	14,9	23	5,75
Polonia	86	37	18,1	79	19,75
Cuba	87	42	19,9	91	15,17
Australia	88	49	15	34	5,67
Alemania	89	50	18,8	61	10,17
China	90	54	17,2	72	12
Suecia	91	55	19,1	66	11
Moscú	92	56		50	8,33
Turquía	93	73	12,7	43	7,17
Hong Kong	94	69		41	6,83
Canadá	95	73	18,9	72	12
India	96	75	12,52	44	7,33
Argentina	97	82	16,01	39	6,5
Taiwan	97	76	14,7	36	6
Rumanía	99	80	13,34	60	10
Corea	2000	82	13,4	29	4,83

Son mejores los resultados comparativos en las Olimpiadas Iberoamericanas, a las que asisten (en septiembre) los mismos alumnos de la fase Internacional (en julio); esta mejoría está probablemente relacionada con el haber superado ya la selectividad, con la presión y agotamiento intelectual que ello les supone.

#### Olimpiada Física:

Los datos de las últimas diez ediciones de las Olimpiadas Internacionales de Física pueden expresarse como «eficacia de la participación» a partir de las medallas y menciones recibidas por cada país  $[(MO*100 + MP*75 + MB*50 + MH*25)/volumen]$ , que da un número entre 100 y 0. Los equipos de España en estas diez Olimpiadas han obtenido en total 1 MB y 5 MH, cuya puntuación dividida por 50 (volumen) da una «eficacia» de 3,5 (sobre 100).

Este resultado es muy bajo; comparándolo con los de otros países se tiene: Alemania (59,5), Reino Unido (49), Holanda (30), Italia (26), Suiza (19,3), Argentina (15), Austria (14,5), Bélgica (7,0), Dinamarca (6,7), Irlanda (5,0), Islandia (3,5); por detrás de España sólo hay nueve países (Filipinas, Grecia, Colombia, Chipre, Portugal, Bosnia-Herzegovina, Méjico, Kuwait y Surinam).

Podrían tomarse otros parámetros numéricos como referencia, pero los datos seguirían apuntando hacia una posición muy desfavorable de nuestros estudiantes. Pero debe tenerse en cuenta que es habitual que uno, o más, finalistas de la fase nacional de Física esté también entre los mejor clasificados de las de Matemáticas o de Química; es decir, son alumnos extraordinariamente destacados en el conjunto de las ciencias.

#### Olimpiada Química:

Se ha participado en la edición internacional desde 1996, obteniendo en total 2 MB y 4 MH. Aplicando el mismo criterio anterior, resulta una «eficacia» de 8,3 (sobre 100). Los resultados de otros países son los siguientes para este mismo período: Argentina (76), Alemania (73,9), Francia (57,3), Austria (57,3), Reino Unido (56,3), Méjico (39,6), Italia (38,5), Holanda (30,2), Dinamarca (29,2), Suiza (22,9), Bélgica (17,7), Irlanda (13,7).

Para apreciar la correlación entre este criterio y otro, como sería, la media de las puntuaciones obtenidas por cada país en el período 1996-2000, los resultados son los siguientes: Alemania (7,56), Austria (7,2), Méjico (5,88), Bélgica (5,58). Con esta escala, las diferencias numéricas se atenúan pero la posición relativa sigue siendo la misma.

Comparamos los mejores estudiantes, todos ellos excelentes.

No tenemos otras referencias internacionales  
Lo resultados son modestos.

### 3. Peculiaridad de las Matemáticas como ciencia. Problemática de la enseñanza de secundaria en general.

*D. Manuel de León Rodríguez, Vicepresidente de la Real Sociedad Matemática Española. Investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.*

## Introducción

Cuando comenzamos nuestra colaboración con la Comisión de Educación del Senado, nuestra principal preocupación era como mejorar la enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria y en el BUP. Mejorando esta enseñanza, conseguiríamos un doble objetivo: por una parte, formar estudiantes con una base científica apropiada para seguir estudios superiores científicos o tecnológicos, y, por otra, una mayor apreciación sobre estas materias por parte de unos futuros ciudadanos mejor educados científicamente. Esto es importante, porque el mundo en el que vivimos hoy día, es un mundo tecnológico del que no se deberían desconocer las claves, sino, al contrario, ser cada vez más conscientes de ellas para poder acceder a una vida más plena. Y veíamos que la educación que se imparte actualmente no parecía cumplir con estos fines.

Un análisis inicial muestra, sin embargo, que los problemas de la enseñanza no se circunscriben al campo de las ciencias. En efecto, existen problemas generales, aunque, por supuesto, y como se pondrá en evidencia en esta ponencia, la enseñanza de ciencias como la física, las matemáticas y la química tienen problemas específicos.

Por una parte, el acceso (un logro de nuestra sociedad) de todos los estudiantes a la enseñanza, y por otra, los profundos cambios experimentados por la sociedad española en los últimos años, han propiciado un cúmulo de nuevas situaciones que, hasta el momento, no han sido afrontadas con la objetividad y el rigor necesarios. Es difícil ser objetivo en estos temas, pero su importancia y la urgencia de tomar medidas que mejoren el estatus actual nos obliga a todos los agentes que participan en el sistema educativo a efectuar una seria reflexión.

Esta reflexión pasa por una toma de conciencia de esta situación crítica, que no puede ni ser obviada ni ser utilizada como argumento partidista. Lo que se haga en el tema educativo ahora va a ser decisivo para el futuro de nuestro país en los próximos años.

Nuestras sociedades científicas, que representan a la mayoría de la comunidad de profesores e investigadores en ciencias han puesto grandes esperanzas en esta ponencia que hoy comienza su andadura, y nos consta la preocupación y el interés que todos los grupos políticos, representados por sus señorías tienen en el asunto. De esta ponencia deben emerger unas conclusiones que ayuden a las administraciones central y autonómicas a diseñar las medidas necesarias.

## El fracaso escolar y algunas de sus causas

Se ha hablado con profusión del fracaso escolar, entendiéndose por tal los malos resultados obtenidos por nuestros estudiantes en sus evaluaciones. Desde el ámbito universitario se percibe con mucha más claridad. A pesar de que los estudiantes que llegan a las universidades han pasado varios filtros, en las facultades de ciencias y las escuelas de ingeniería, son muchas las voces que denuncian la mala preparación, no sólo científica, sino general con la que vienen.

¿Cuáles son las causas de este fracaso? Hay que entender, en primer lugar, que el universo de alumnos ha cambiado de una manera drástica. Hace 25 años, sólo estudiaba el bachillerato una parte de los niños y jóvenes en edad escolar. Hoy en día, la educación es obligatoria hasta los 16 años. Es decir, todos los jóvenes tienen, no sólo la posibilidad, sino además la obligación de realizar los estudios de primaria y secundaria.

Este hecho ha constituido un gran logro social, pero, desgraciadamente ha conducido a graves problemas. La obligatoriedad de la enseñanza lleva implícito que al acabar los ciclos educativos se tenga que conceder un título que certifique la formación supuestamente adquirida. En consecuencia, por los medios que sean, el alumno debe adquirir una formación mínima, lo que no siempre es posible por las diferencias de aptitudes y actitudes de los alumnos.

La reforma realizada se basaba en tres puntos:

- Comprensividad (un currículo básico y común, el retraso en la selección y especialización);
- Atención a la diversidad (medidas ordinarias y extraordinarias de atención y respuesta a la diversidad de capacidades e intereses de los alumnos);
- Equidad (compensación de desigualdades y promoción de la igualdad de oportunidades).

Es evidente que, por motivos diversos, no se ha conseguido construir adecuadamente estos tres pilares.

Uno de los efectos nocivos del sistema, ha sido la pérdida de los valores tradicionales del aprendizaje, de los cuáles el más destacado es el esfuerzo personal. Sin esfuerzo personal, no hay aprendizaje posible. En la reciente encuesta sobre los problemas de la educación que ustedes han visto estos días, los propios alumnos, en un ejercicio de sinceridad que debe alabarse, reconocen con abrumadora mayoría que no se esfuerzan y ese es el motivo de sus malos rendimientos.

Otro efecto muy negativo ha sido la pérdida de autoridad de los profesores. No se trata aquí de defender un autoritarismo a ultranza, sino señalar que sin un respeto por la figura del profesor, difícilmente va éste a poder impartir sus enseñanzas. Ese respeto a los docentes es un valor a inculcar (no a imponer) a los estudiantes desde los primeros cursos. Hay que dignificar la figura del profesor y reconocer socialmente su papel decisivo, tanto o más que otras profesiones mucho más valoradas por los ciudadanos. Tenemos un plantel de buenos profesores, y debemos apoyarlos en una labor realmente complicada. Está cundiendo un gran desánimo entre estos profesionales.

Finalmente, debemos señalar que nuestra sociedad ha cambiado mucho. Tenemos la televisión presente en nuestros hogares, consumiendo muchas horas inútiles en programas sin ningún contenido formativo, tanto en las cadenas públicas como privadas. Las administraciones responsables deberían tomar conciencia de la importante labor educativa que deberían llevar a cabo. En la encuesta a la que me refería antes los alumnos piensan que el fracaso en los estudios no afecta en gran manera a su posibilidad de encontrar un empleo aceptable. Es decir,

no vinculan educación y profesión. Si repasamos el mensaje que llega desde las pequeña pantallas, veremos que, efectivamente, los futbolistas o las modelos, o ciertos personajes sin oficio ni beneficio, pero subvencionados por las propias televisiones, no son generalmente personas que han triunfado en los estudios. A este respecto, recuerdo la moción presentada hace poco más de un año por el senador Josep Varela para solicitar una emisión de sellos con matemáticos españoles con ocasión del Año Mundial de las Matemáticas, y justamente, sus argumentos eran la necesidad de ofrecer a nuestros jóvenes modelos de comportamiento que no se redujeran a los que he citado. Desgraciadamente, a pesar del acuerdo unánime de todos los grupos, la Casa de la Moneda y el Timbre no editó más sello que el dedicado al matemático riojano Julio Rey Pastor, gestión llevada a cabo por otros caminos.

### Las particularidades de las Matemáticas

Las matemáticas representan junto con la lengua lo que el Ministerio de Educación denomina materias instrumentales.

*«... el lenguaje matemático, aplicado a los distintos fenómenos y aspectos de la realidad, es un instrumento eficaz que nos ayuda a comprender mejor la realidad que nos rodea y adaptarnos a un entorno cotidiano en continua evolución.»*

Ésta es una frase del famoso decreto de mínimos del año pasado, frase atribuible pues al legislador, y que muestra la importancia de las matemáticas en el sistema educativo.

Sin embargo, cuando se examinan ese «contenido de mínimos» y sus razones sobre el carácter instrumental de las matemáticas se tiene la impresión de una concepción excesivamente utilitaria de las mismas, olvidando que las matemáticas son bastante más que un instrumento.

La periodista científica de *Los Angeles Times*, K. C. Cole, escribió un libro titulado *Las Matemáticas y la taza de té* pero ella no sabía que estaba escribiendo un libro sobre Matemáticas. Simplemente, su experiencia acumulada al tratar de temas científicos le había hecho percibir que había un nexo común a numerosos saberes, técnicas, formas de organizar información, y que este era el tema de su libro, pero sólo al comentar su proyecto comprendió que ese nexo común no eran otra cosa que las Matemáticas.

La actual directora de la National Science Foundation, Rita Colwell, explica este papel de las Matemáticas en los siguientes términos:

*«De forma creciente, vemos como las Matemáticas se están transformando en una suerte de catalizador de avances que tienen lugar a través del amplio espectro de las disciplinas del conocimiento. Me gusta como describe ese papel K.C. Cole: las herramientas de las Matemáticas nos permiten ver pautas y conexiones que de otro modo permanecerían ocultas. Nos revelan tendencias es-*

*condidas (como en el desarrollo del virus del SIDA), nuevos tipos de materia (quarks, materia oscura, anti-materia), y correlaciones cruciales (entre fumar y cáncer de pulmón).»*

Para eso sirven las matemáticas, no son sólo lenguaje. Y por eso, aunque para la mayoría de los ciudadanos, las matemáticas se reduzcan a aritmética y geometría elemental, que en general no ven de gran utilidad, son el reconocimiento de pautas y de relaciones lo que configuran la esencia de las matemáticas. Y por ello son fundamentales, enseñan no sólo a razonar sino que crean hábitos de pensar y abren la mente al mundo. Son instrumentales, sí, pero instrumento para conocer y crear. Y estas características no se circunscriben al mundo científico y tecnológico, sino a todos los ámbitos de la actividad y pensamiento humanos. Nos gustaría que estas reflexiones, compartidas universalmente por los matemáticos, se tuvieran muy en cuenta en próximas reformas.

### Algunas soluciones

- Matizar la obligatoriedad hasta los 16 años. Un porcentaje de alumnos no desea recibir más educación académica desde los 14 a los 16, sino que preferirían aprender un oficio que les permita un empleo digno. Estos alumnos crean en muchas ocasiones problemas en las aulas, al no estar cómodos en ellas y consideran el centro como una cárcel. Debería haber una opción que les permitiese recibir una enseñanza profesional especializada a la vez que se les imparten cursos de cultura general.

- Si se quiere una enseñanza comprensiva, hay que poner unos límites. No es bueno dividirlos según sus capacidades, pero si hay que permitir que las clases puedan impartirse, lo que obligará a seleccionar a los alumnos con problemas de actitud. Estos alumnos problemáticos requieren un trato especial por profesores que tengan la adecuada capacitación profesional.

- No se está prestando demasiada atención a los estudiantes provenientes de la inmigración. Tienen problemas de idioma, con un acervo cultural diferente, no se les puede colocar sin más en las mismas aulas si de verdad queremos darles una educación.

- Se precisa mejorar la formación de los profesores. Los métodos actuales no son los mejores. Por una parte, debería haber una profunda reforma en las facultades de matemáticas que forman a los licenciados como si todos fueran a ser futuros investigadores. Además, ha habido una profunda brecha entre las universidades y la secundaria, brecha que las sociedades científicas intentamos cerrar. Es precisa una continua realimentación para que este profesorado esté al día (ahí viene la sociedad de la información); los CPRs y similares deberían estar mucho más coordinados y ser mucho más abiertos y ligados a los propios centros docentes.

- La enseñanza de las matemáticas en primaria presenta graves deficiencias, motivada por la falta de preparación de los profesores, achacable no a ellos, sino a los propios programas. La formación matemática que reciben es-

tos profesores es en algunos casos inexistente, nada que ver con los países de nuestro entorno.

- El uso de las nuevas tecnologías tiene que ser potenciado.
- Los centros educativos deberían convertirse en centros culturales del barrio, y así deberían ser considerados por sus habitantes. Esto motivaría una mayor apreciación por la educación.
- El diseño de programas de divulgación que muestren los valores y la importancia de la ciencia han de ser una prioridad de la administración.

#### El papel de las sociedades científicas

Nuestra sociedad se caracteriza por no poseer una vertebración sólida. Esto es muy claro en el mundo científico y educativo. España es un país que posee todo tipo de instituciones científicas: academias, sociedades, colegios profesionales. Sin embargo, falta una articulación entre todas ellas, articulación necesaria cuando se trata de abordar medidas ante problemas nuevos o de una importancia nacional, como éste que nos ocupa.

Desde su reconstrucción en diciembre de 1996, la RSME ha intentado (y creo que poco a poco vamos consiguiendo resultados) el aglutinar todos los esfuerzos dispersos que se hacían en España para potenciar la investigación y mejorar el sistema educativo en el campo de las matemáticas. También para eliminar posturas individuales o institucionales, intentando que los problemas sean abordados colectivamente pero de una manera objetiva y coordinada. En España es frecuente que la notoriedad por algún motivo de algún profesional en los medios de comunicación lo lleve a convertirse en referente. Cuando la administración lleva adelante alguna reforma, tampoco está claro con quién ha consultado la misma.

En los países modernos, son las sociedades científicas los interlocutores naturales. Son los consultores natos para las administraciones, pues se trata de sociedades no corporativistas, con una tradición de siglos, congregando en sus filas a todo tipo de profesionales de la enseñanza y la investigación.

La celebración del año 2000 como AMM ha llevado a un trabajo de coordinación entre las sociedades matemáticas españolas en la que la labor de liderazgo de la RSME ha sido decisiva. En esta línea seguiremos trabajando, y recientemente hemos constituido un Comité de Política Científica, al estilo de nuestros colegas norteamericanos de la American Mathematical Society, para llevar adelante estos planes.

A la vez, estamos trabajando con la RSEF y la RSEQ para llevar adelante proyectos conjuntos, de los que esta ponencia es un buen ejemplo. Estamos convencidos que el trabajo compartido de todas las sociedades científicas españolas puede rendir un enorme beneficio a la sociedad española, y en esa tarea confiamos en seguir colaborando con las instituciones políticas y las diferentes administraciones.

### III. ASPECTOS HUMANÍSTICOS DE LA CIENCIA: VALORES ÉTICOS Y UNIVERSALES, COMPRENSIÓN DEL MUNDO TECNOLÓGICO ACTUAL, ASPECTOS FORMATIVOS.

#### 1. Valores y aspectos éticos en la actividad científica.

*D. Miguel de Guzmán Ozámiz, Académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Catedrático de Análisis Matemático de la Universidad Complutense de Madrid.*

De entre las componentes de la actividad científica actual una de las más básicas y fundamentales es el quehacer matemático. Desde él, principalmente, vamos a contemplar el tema, con la persuasión de que la mayor parte de las consideraciones que siguen son perfectamente extensibles a todas las demás ciencias.

La matemática, tal como la entendemos y practicamos hoy día, nació en la comunidad científico-religiosa de los pitagóricos, en el siglo 6 a. de C., y fue concebida como una vía, un método, a través del cual el hombre pudiera asomarse a lo profundo del universo, a eso que los pitagóricos expresaban como «*las raíces y fuentes de la naturaleza*».

En aquel tiempo, el quehacer matemático estaba muy lejos de ser la mera técnica rutinaria para dominar algunos aspectos de nuestro entorno físico en que en gran parte lo hemos convertido hoy. Lo que Pitágoras y los pitagóricos comenzaron a percibir en su contemplación matemática, y de ello fueron muy conscientes, eran las armonías más hondas presentes en la estructura misma de este universo en el que vivimos. Y en tal contemplación basaban su misma vida ética y religiosa.

Si el universo todo está construido de forma tan armónica como lo percibimos a través del conocimiento matemático, les resultaba claro que nuestra propia vida humana debería tratar de acomodarse a esa armonía, primero contemplándola, y después respetándola y favoreciéndola, tanto en sus aspectos físicos más externos como también en los más específicamente humanos, a través del respeto especial hacia los seres vivos, y muy en particular a través de las relaciones mutuas con los demás seres, tanto humanos como divinos.

El quehacer matemático fue entre los pitagóricos en cierto modo una guía de contemplación y de comportamiento. Una buena lección de humanismo ecológico que lastimosamente hemos desaprovechado convirtiendo, en gran parte, la educación matemática en una rutina un tanto vacía en las aulas de formación de nuestros jóvenes, precisamente donde sería más necesario hacer uso de la capacidad formativa e integradora del quehacer matemático.

Es claro sin embargo que la matemática ha sido también y debe seguir siendo, una ciencia en busca de la verdad, una herramienta que acude en ayuda de todas las otras ciencias y actividades del hombre, una actividad creadora de una belleza *sólo asequible a los ojos del alma*, como decía Platón. Y para hacerse eficientes en estos aspectos de la matemática es necesario, por supuesto adquirir un dominio básico inicial de sus herramientas más básicas.

Esta visión amplia del quehacer matemático debería transformar la educación matemática de rival, en perpetua competencia con la educación humanística, como parece ser percibida por muchos, en el aliado educativo valioso que ha sido en el pensamiento y en la práctica de los más destacados pensadores de nuestra civilización. Estas facetas hondamente humanas de la matemática son las que deberían hacer de ella uno de los grandes ejes de nuestro sistema educativo, si fuéramos capaces de preparar a nuestros profesores de los diversos niveles para tal tarea y de orientar convenientemente nuestros programas educativos.

Porque, por otra parte, la misma naturaleza del quehacer matemático es capaz de estimular algunos de los aspectos éticos importantes que una educación moderna debiera contemplar también como objetivos, tal como trataré de poner de manifiesto brevemente a continuación.

La raíz del carácter abarcante de la matemática incluso sobre los aspectos éticos de nuestro comportamiento está en su propia naturaleza. La matemática es una exploración de ciertas estructuras omnipresentes y más o menos complejas que aparecen en nuestra realidad y que admiten ese acercamiento racional, manipulable mediante símbolos, que pone en nuestras manos un cierto dominio de la realidad a que se refieren y que llamamos matematización. La matemática se acerca a la multiplicidad de las cosas y crea la aritmética, se aproxima a forma y se origina la geometría, explora el propio símbolo surgido en la mente y nace el álgebra, analiza los cambios y transformaciones en el espacio y en el tiempo y surge el análisis matemático, ...

En este quehacer el cometido de la mente humana consiste en interpretar racionalmente, lo mejor que puede, unas realidades, unos hechos que se le presentan como dados, como previos. Esto constituye una de las experiencias profundas que todo matemático vive en su tarea ordinaria: percibir que está siguiendo unas huellas que hasta cierto punto le están guiando en su trabajo. Este sometimiento a la verdad y a la realidad, que está normalmente tan enraizado en el científico, constituye sin duda uno de los rasgos importantes que deberíamos apreciar y estimular en todos nosotros.

Y esta búsqueda de la verdad, de cómo es la situación, constituye uno de los rasgos típicos del científico, y muy en particular del matemático, para quien suele estar bastante más claro que para los demás científicos cuándo una situación es una hipótesis de trabajo y cuándo ha llegado a convertirse en una verdad incontrovertible.

La aceptación gozosa de esta verdad, sea quien sea el que la haya encontrado y contradiga o no nuestras expectativas previas, es otro de los rasgos de generosidad que se dan en el trabajo matemático. El goce en la contemplación de la verdad y en la participación con otros de la belleza que suele resultar de su contemplación es el premio que el matemático recibe de esa actitud abierta y generosa.

El sentimiento de profunda humildad ante la multitud de verdades aún por descubrir es otra de las actitudes éticas importantes que la matemática puede estimular. Newton lo expresó en bellas palabras: *«No sé lo que la posteridad pensará de mí, pero a mí me parece haber sido solamente como un muchacho jugando a la orilla del mar y divirtiéndose al encontrar de vez en cuando un guijarro más*

*suave o una concha más bonita que de ordinario mientras que el gran océano de la verdad yace sin descubrir ante mí».*

El quehacer matemático nos hace sentir, más que en ninguna otra ciencia, cercanos a todos quienes trabajan con entusiasmo en la actualidad en nuestras mismas tareas y también a nuestros antecesores más lejanos. Los teoremas que fueron alcanzados por los babilonios o por los antiguos griegos siguen siendo tan válidos hoy como entonces. El trabajo matemático es tarea común y participada. Newton mismo decía: *«Si algo he conseguido, es porque me encaramado a hombros de gigantes».* Por eso desde la matemática podemos aprender a percibir muy claramente esta responsabilidad común en hacer progresar nuestra cultura.

La matemática se fundamenta en su mismo comienzo sobre el consenso. Sus propios inicios se llaman postulados, y las definiciones de los nuevos objetos que se van introduciendo también son convenciones. Sobre ellos se asienta la totalidad del edificio que vamos construyendo. La aceptación del consenso es otra de las actitudes importantes en nuestra sociedad que la matemática es capaz de fomentar.

La matemática es consenso, es sometimiento a la realidad, pero es también, y de forma muy importante, libertad creativa. Como Georg Cantor, el creador de la teoría de conjuntos afirmaba solemnemente al comienzo del siglo 20, *«la esencia de la matemática es la libertad».* Y es que, al igual que el artista que pretende expresar para los demás una vivencia, una visión muy especial que tiene, también el matemático dispone de muchos procedimientos posibles para hacerlo. La matemática es, sin duda, descubrimiento, pero también creación libre, aventura.

Todo esto comporta un gran reto para un sistema educativo que pretende ser actual y eficiente. En mi opinión, que creo compartida por un gran segmento de la comunidad matemática española, existen muchos elementos en la actual estructura de nuestro sistema educativo que impiden que nuestros jóvenes reciban en su educación matemática los grandes beneficios que ésta les puede proporcionar.

1. La formación en contenidos matemáticos y en métodos de didáctica propiamente matemática que en la actualidad reciben los profesores de enseñanza primaria, por diversos motivos, es insuficiente para su ejercicio posterior, incluso para desarrollar los relativamente pobres objetivos actuales, cuánto más para los que he señalado antes.

2. La formación de los profesores de enseñanza secundaria, y también la de los profesores de la enseñanza universitaria, fundamentalmente centrada en los contenidos y saberes propiamente matemáticos, omite muchos de los aspectos que tienen que ver con esa visión integral de la matemática en la que ellos mismos deberían estar imbuidos y descuida los conocimientos y actitudes necesarias para hacerles capaces de estimular un correcto aprendizaje en sus alumnos.

3. El tiempo dedicado por nuestros estudiantes de los primeros niveles, primario y secundario, al estudio de la matemática, es, en mi opinión, muy insuficiente. Estamos

olvidando que los dos ejes sobre los que debe girar la formación actual de nuestros más jóvenes son la lengua y la matemática, como sucede en los países más avanzados científicamente de nuestro entorno. La matemática, como disciplina claramente acumulativa, necesita tiempo suficiente para la adquisición de las herramientas básicas. Sin un dominio satisfactorio de ellas es imposible llegar a apreciar su papel en nuestra cultura actual. Es muy deseable, para aprovechar el papel integrador de la matemática, ir más allá de las meras consideraciones técnicas y rutinarias, pero es claro que sin un mínimo de conocimientos básicos nunca podremos conseguirlo. Aparte de que los elementos meramente rutinarios, en sí mismos, llegan a convertirse con el tiempo en un bagaje inútil.

4. La extensión de la educación obligatoria hasta los 16 años constituye claramente un progreso exigido por la sociedad y por el entorno en que nuestra sociedad está inmersa. Pero es patente que para realizar este cambio de manera satisfactoria no es suficiente aumentar o redistribuir el número de centros y de profesores, sino que es preciso efectuar una reforma mucho más radical de la organización del sistema secundario y de los programas mismos de estudio, con especial atención a la enorme heterogeneidad de alumnos, con intereses muy distintos, para los que ni los programas ni los profesores actuales están preparados para atender.

En todos estos aspectos señalados la comparación de las estructuras educativas de nuestro país con las vigentes en otros países de nuestro entorno manifiesta claramente las carencias en que nos movemos. Con ello estamos poniendo en peligro, no sólo la eficacia de nuestro sistema educativo en la dirección correcta, es decir hacia la formación integral apropiada de nuestros jóvenes, sino también el desarrollo de las capacidades de nuestro potencial industrial y tecnológico.

## 2. La actitud de la sociedad española ante la Ciencia.

*D. Antonio Fernández Rañada. Catedrático de Electromagnetismo de la Universidad Complutense de Madrid.*

Dedicaré mi intervención a argumentar que la sociedad española está cometiendo un serio error con su actitud ante la ciencia y la tecnología y ante su enseñanza. Este error puede tener consecuencias muy graves para el futuro. Por desgracia no se aprovecho el impulso de la transición política para atacarlo, a pesar de que la falta de integración de la ciencia en nuestra cultura merece ser considerado como uno de los problemas históricos de España.

1. Debido al fracaso de la Ilustración en España, no participamos en el fuerte desarrollo científico y tecnológico de Europa, ensanchándose la brecha que nos separaba de ella. Merece la pena destacar dos datos que, aunque conocidos, son pertinentes para nuestro caso. Uno: al llegar al 1900 teníamos una mortalidad de 29 fallecimientos por mil habitantes, la cifra más alta de la actual Unión Europea (Portugal tenía sólo 20 y Gran Bretaña 18). La esperanza

de vida era inferior a 35 años en 1900. Los españoles no sólo eran más pobres, también vivían menos que los demás europeos<sup>1</sup>. Dos: el estado de la educación era desastroso. En 1916, tras muchos esfuerzos del regeneracionismo, España dedicaba a la enseñanza sólo el 1,5% de su presupuesto, frente al 2,25% de Portugal o el 8,5% de Inglaterra<sup>2</sup>.

Un obstáculo muy serio con el que se enfrentaban los regeneracionistas era la concepción utilitaria de la educación que imperaba entonces. Según ella, sólo hay que enseñar cosas útiles, que se vayan a usar más tarde en la vida diaria. Con esa premisa, implícita o incluso explícita, algunos se negaban a atacar a fondo el problema. Pues, desde esa perspectiva, ¿por qué dedicar grandes cantidades de dinero a enseñar a leer y escribir a niños que no van a leer ni escribir luego? Por la misma razón no había ningún interés en enseñar y estudiar ciencia: el país no la usaría. La poca necesaria la aportarían algunas empresas extranjeras que explotaban las riquezas del país.

Hoy entendemos bien la falacia de la concepción utilitaria. Es cierto que hay que enseñar cosas útiles, pero esa no es la única misión de la educación general, ni siquiera la más importante. Sí lo es, en cambio, lograr una formación integral que capacite a la persona para, mediante el desarrollo de una cierta versatilidad intelectual, hacer frente a nuevos retos y nuevas formas de vivir y pensar que no podemos prever en este momento. Un país cuyos ciudadanos no hayan sido suficientemente educados no tendrá la agilidad colectiva necesaria para moverse con firmeza ante las demás naciones. Así le ocurrió a España, pues lo peor de la obsesión utilitaria es que acaba resultando muy inútil.

Pues bien, lo mismo le ocurre hoy a un país que no enseñe y practique lo bastante la ciencia: le será muy difícil enfrentarse a los nuevos retos. Eso le ocurre a España, entre otras razones porque sigue manteniendo la concepción utilitaria en la enseñanza de la ciencia.

2. Así es: después de la transición política iniciada hace 23 años, se reprodujo la misma situación, cambiando educación general por ciencia y tecnología. Se instauró de manera implícita la concepción instrumental de la ciencia, según la cual, ésta debe desarrollarse sólo pensando en sus aplicaciones concretas a corto plazo. Esta idea se combinó con una opinión extendida de modo difuso pero persistente: como España tiene sol, playas y hoteles, debemos dedicarnos a ser un país de servicios, abandonando las pretensiones de competir en tecnología con los países que llamamos avanzados. Nótese que esto equivale a aceptar una división del trabajo a nivel internacional, relegándonos nosotros mismos a jugar el papel subalterno de país poco creativo en la escala mundial, pues no hay que olvidar que el poder está hoy muy relacionado con la capacidad tecnológica.

En la transición política española, muchos dieron en pensar que con el cambio de régimen bastaba para recuperar el tiempo perdido. Se creó así la ilusión de que ya esta-

<sup>1</sup> G. Tortella, «La economía española, 1830-1900» en *Historia de España*, dirigida por M. Tuñón de Lara, vol. 8, Labor, Barcelona (1981).

<sup>2</sup> C. Morón, *El «Alma de España»*. Cien años de inseguridad, Ediciones Nobel, Oviedo, 1996.

ban resueltos nuestros problemas históricos. Pero no era así del todo, porque la democracia es sólo un método, el mejor para resolver los problemas de una sociedad. Pero para usarla hay que entender cuáles son esos problemas.

¿Y cuáles eran nuestros problemas históricos? Los historiadores suelen referirse a los que nos afectaban durante el XIX como «las cinco cuestiones», o sea: la cuestión social (ricos frente a pobres), la cuestión militar (¿debe tener autonomía el ejército?), la cuestión religiosa (¿estado laico o confesional?), la cuestión de la forma del estado (¿monarquía o república?) y la cuestión regional (hoy llamada la articulación del Estado de las Autonomías).

Sin duda los cinco están hoy básicamente resueltos (aunque quedan flecos en alguno de ellos, creo que todos estarán de acuerdo en esto). Pero España tenía otro serio problema del que se hablaba poco: la incorporación de la ciencia y la tecnología a la cultura. Bien comprendo que no es cuestión que apasione a los españoles ni que los incite a enfrentarse entre sí, como ocurría con las demás. Por eso pocos piensan en él como problema histórico. Mientras las otras son cuestiones estridentes, este es un problema silencioso o, todo lo más, rumoroso, susurrante. Pero es muy insistente y grave y puede llegar a serlo más porque la penuria tecnológica hace que un país sea más vulnerable. El problema opera mediante dos mecanismos; uno actúa sobre las cosas y el otro sobre las ideas. El primero consiste en un efecto sobre el mundo de la empresa y la economía, haciendo menos competitivo al país; el segundo, en un menoscabo de la cultura causado por una cierta inhibición del pensamiento crítico sobre las nuevas ideas. (No me refiero sólo al que se ejerce en las universidades, sino también al que se extiende por todo el medio social.)

3. Para integrar la ciencia en la cultura de un país, es fundamental la educación. En España tenemos varios elementos favorables para conseguir buenos resultados en la enseñanza de la ciencia: alta tasa de escolarización, buenos profesores y elevación de la cultura general del país, por ejemplo. Sin embargo la educación científica funciona mal en España, nuestros alumnos saben poco y se interesan poco por las ciencias.

Conviene que la opinión sobre este punto sea objetiva pues podría objetarse que los científicos demandamos en exceso. Afortunadamente podemos usar criterios bien fundados examinando los resultados obtenidos por nuestros estudiantes de enseñanza media en las Olimpiadas Internacionales de Ciencias, por ejemplo, de Matemáticas, de Física o de Química. Lo primero que hay que decir es que los estudiantes que nos representan en esas Olimpiada están entre los mejores. Se seleccionan en un proceso de varias etapas, organizado en colaboración por las Reales Sociedades Españolas de estas tres ciencias, las Universidades y el Ministerio del ramo (hoy el de Educación, Cultura y Deporte). Cada año se celebra el torneo correspondiente en un país distinto y allí se comparan nuestros estudiantes con los de los otros países, por lo que el resultado nos indica nuestro nivel de enseñanza secundaria en ciencias en comparación con otros países. Nos da un criterio objetivo de evaluación de lo que hacemos aquí.

Recientemente se realizó un estudio sobre nuestra actuación en los últimos diez años. Los resultados del de Física,

realizado por los profesores Juan León, del CSIC y José María Pastor, de la UAM, se resumen en los siguientes puntos.

i) Entre 37 países europeos, España se clasifica en la posición 33, sólo por delante de Grecia, Chipre, Portugal y Bosnia-Herzegovina.

ii) Entre 60 países de todo el mundo, España está en la posición 51. Sólo están peor Filipinas, Colombia, México, Kuwait y Surinam, además de los cuatro anteriores.

iii) Nuestra puntuación, en una escala de eficacia de cero a cien, es de 3,5, frente a Alemania (59,5), Gran Bretaña (49), Turquía (36), Yugoslavia (34,3), Holanda (30) o Eslovenia (18), por citar sólo algunos países.

iv) No hay motivos para pensar que nuestros estudiantes sean menos listos o más vagos. Ocurre simplemente que estudian menos Física, porque nuestro sistema sólo le dedica aproximadamente un 50 % del tiempo usual en Europa. Por ejemplo, no estudian nada o casi nada de electricidad, termodinámica o laboratorio, por lo que fracasan ante problemas sencillos de corriente eléctrica o de temperatura o ante medidas experimentales.

O sea que el problema está en el sistema educativo. Una consecuencia es que los estudiantes que entran en la universidad no están bien preparados para ello, lo que tira hacia abajo del nivel general y perturba a los más preparados. Esto es grave porque la Física está en la base de toda la tecnología.

Los resultados en otras ciencias no son muy distintos. Algo mejores en Matemáticas, aunque también por la parte baja de la tabla.

4. La ciencia y la tecnología están hoy en la base del bienestar de las naciones. No cabe duda de que nuestra carencia es una causa importante de nuestra alta tasa de paro, que tanto preocupa a los españoles. Conviene mencionar una razón: cuando se fabrica bajo licencia, como se hace con tanta frecuencia en España, los empresarios se ven obligados en la práctica por los contratos con los dueños de las patentes a importar muchas componentes ya fabricadas en vez de hacerlas aquí. O sea a caer en el simple ensamblaje. Como consecuencia, el valor añadido del producto hecho en España es más bajo, lo que repercute muy negativamente sobre el nivel de empleo. Por otra parte, nuestra penuria tecnológica es causa de un cierta imagen que tiene la empresa española en los países avanzados, como alguien a quien no se debe pedir productos tecnológicamente refinados. Esto reduce nuestra capacidad exportadora, como probó claramente un estudio de la Fundación CO-TEC de hace cuatro años.

Por eso, el Canciller alemán G. Schroeder publicó un artículo hace dos años en la prestigiosa revista norteamericana *Science*, en el que manifestaba su voluntad de intensificar sus esfuerzos en investigación pues «sólo así podrá Alemania mantener en el futuro un nivel alto de empleo de calidad».

Además, como se dijo antes, la ciencia y la tecnología son necesarias para que un país se pueda enfrentar a situaciones nuevas, imprevistas muchas veces. La semana pasada, el día 17 de octubre, se presentó en la Cámara de Re-

presentantes de EEUU la llamada «Tech talent act, H.R. 3130», para aumentar los fondos dedicados a investigación ante la nueva situación del mundo, y no tanto en gastos militares como en el acceso rápido a nuevas tecnologías. O pensemos en la importancia que tuvo disponer de equipos científicos preparados para incidencias tales como las vacas locas, el SIDA, la crisis del aceite de orujo, o el desarrollo espectacular de las telecomunicaciones. Una sociedad sin un buen sistema científico-tecnológico es hoy mucho más vulnerable, tiene menos cintura y es menos próspera.

#### 5. Termino con dos preguntas.

(i) ¿Qué diría la sociedad española si nuestra selección de baloncesto perdiese por 59 a 3 ante Alemania, o por 49 a 3 ante Gran Bretaña o por 34 a 3 ante Polonia? Pues así son los resultados que obtenemos en las Olimpiada de Ciencias para estudiantes de Enseñanza Media. Esto es mucho más grave que quedar mal en un deporte pero no parece preocupar a mucha gente.

(ii) Se dice que la ciencia es cara, lo que es verdad, pero ¿cuánto vale no hacer ciencia o hacer poco? Podemos entender lo que está en juego preguntando primero, tras examinar nuestra historia de antes de la democracia: ¿cuánto le costó a España no haber educado bien a los españoles hace cien años? Y después, ¿qué precio tendrá que pagar España en el futuro por educar tan mal en ciencias a los alumnos de Enseñanza Media o por gastar tan poco en I+D?

En 1994, Francia invertía en I+D el 2,38% de su PIB, Alemania el 2,33%, Reino Unido el 2,11%, EEUU el 2,6%, Japón el 2,8%. En cambio España se quedaba en el 0,85% (2,7 veces menos que el promedio de Francia Alemania y el Reino Unido). El número de personas que trabajan en I+D era en España de 2050 por cada millón de habitantes, mientras que el promedio de Alemania (5860), Francia (5420) y el Reino Unido (4780) era de 5350 por millón de habitantes, 2,6 veces más que en España. Cabe añadir que producimos menos de la cuarta parte de patentes por millón de habitantes que la UE. Un dato importante es que las empresas se portan aquí peor que el sector público, pues su contribución relativa es mucho menor que en el promedio de la UE<sup>3</sup>.

### 3. Situación particular de los estudios de Química.

*Luis A. Oro Giral. Presidente de la Real Sociedad Española de Química. Catedrático de Química de la Universidad de Zaragoza.*

Señorías, en primer lugar y en nombre de las tres sociedades científicas que hoy comparecemos, y muy especialmente de la Real Sociedad Española de Química, quisiera agradecer su apoyo para la creación de una ponencia que analice la situación actual de las enseñanzas científicas en la educación secundaria y fomente e impulse su conocimiento.

<sup>3</sup> Datos del Anuario sobre Tecnología e Innovación de COTEC, Madrid, 1998.

En términos humanísticos, parte de la belleza del conocimiento radica precisamente en el gusto universal por saber, y en ese saber englobamos las más dispares disciplinas. Deberíamos preguntarnos si estamos contribuyendo a esa necesaria síntesis que es el germen de la formación de personas cultas.

Existe una recomendación de la Unión Europea señalando la vital importancia de la educación científica para todos los estudiantes europeos, y no solo para los que pretenden seguir estudios científicos. A lo largo de mi vida profesional he tenido ocasión de vivir en varios países. En ninguno de ellos he podido escuchar esa expresión, tan nuestra y lamentablemente demasiado frecuente que dice «es que soy de letras». Con ello parece justificable desconocer principios científicos sencillos, lo que no parece razonable para hombres cultos acordes con su tiempo.

Porque es nuestro tiempo, este inicio de milenio, quien impone al saber científico un papel fundamental entre todas las disciplinas. Más allá de discutibles jerarquías entre saberes, es innegable que nuestra sociedad actual se encuentra inmersa en un contexto inevitablemente científico. Grandes cambios tanto en los aspectos científicos como tecnológicos nos llevan a una creciente globalización, pero ¿se está reflejando esta situación en las enseñanzas científicas de la educación secundaria? ¿Estamos preparando a estas generaciones para vivir, cada día más, en un mundo inevitablemente científico?

La respuesta no puede ser positiva. En nuestra opinión, no estamos adaptando nuestros estudios a los conocimientos que son, y serán, cada vez más necesarios y no parece que estemos abordando de un modo apropiado la formación de personas con conocimientos acordes con su tiempo.

La Ciencia que es una parte de la cultura se puede, y se debe, explicar incluso en las primeras etapas, es decir en la Educación Infantil y Primaria. Como acertadamente señalaba el Profesor Gerardo Delgado, Presidente de la Real Sociedad Española de Física, no es necesario saber leer y escribir para interesarse por qué caen los objetos y sin embargo no caen la luna o las estrellas, o preguntarse como se forman las estalactitas y estalagmitas. Los primeros estímulos provocan curiosidad y preguntas a los que solo puede responder la Ciencia. Es en esas etapas donde los educadores pueden llevar a los niños al interés por la ciencia y a los conceptos científicos y de explicación racional sin necesidad de una formalización demasiado científica.

Creo que todos compartimos la opinión que si España desea ocupar una posición digna entre los países avanzados es esencial que apoye la investigación científica y como condición indispensable la educación científica a todos los niveles. Sin embargo la educación secundaria es vital no solo para el desarrollo científico sino también para el desarrollo de unos ciudadanos cultos y con adecuada capacidad de análisis.

El nivel actual de la enseñanza de las ciencias fundamentales, Química, Física y Matemáticas, no parecen ser suficientes, en opinión generalizada de los propios Profesores de Enseñanza Secundaria y de los Profesores que los recibimos en la Universidad. Ya se ha hecho alusión en una intervención anterior que en las Reales Sociedades de Quí-



mica, de Física y de Matemáticas, hemos tenido ocasión de recibir, y en varios casos de publicar en nuestras revistas, manifiestos de los Profesores denunciando estas carencias. Resulta llamativo el hecho de que más de la mitad de los alumnos que pretenden seguir estudios de Ciencias o de Escuelas Técnicas no aprueba las asignaturas de Química y Física en los exámenes de acceso a la Universidad. Más que llamativo, resulta gravemente preocupante.

La conclusión desde la Real Sociedad Española de Química es que los estudios de Ciencias, pero muy especialmente los estudios de Química necesitan de una mayor atención a todos los niveles. La Química como disciplina presenta además un problema de imagen específico. La Química que en años pasados se le valoraba positivamente por sus grandes aportaciones al bienestar social, ha pasado a tener una consideración en parte negativa por asociarla, de algún modo, al deterioro del medio ambiente. Me permitirán Sus Señorías que discrepe con esa imagen.

La Química por su propia naturaleza, ocupa un lugar destacado entre todas las disciplinas científicas, con las que además está estrechamente relacionada. La Química es una ciencia central en nuestra vida cotidiana. Existe una constante interacción entre las sustancias químicas y el hombre. Así plásticos, polímeros y nuevos materiales son de uso habitual y mejoran nuestra calidad de vida. El feliz enlace entre la Química y las ciencias de la vida ha propiciado el nacimiento de nuevos productos: fármacos, que mejoran nuestra salud, fertilizantes y pesticidas, que incrementan la producción de alimentos, y otros muchos productos. Sin Química, Señorías, la humanidad estaría todavía en la edad de piedra.

La Química, en su continua búsqueda de procesos más eficientes, contribuye también a la conservación de materias primas y fuentes de energía, con un objetivo fundamental: mejorar la eficiencia de los procesos químicos, minimizando el consumo de energía y el impacto ambiental. Asimismo, la Química es necesaria para evaluar y proponer modificaciones, en procesos productivos y actividades humanas que permitan un desarrollo sostenible de la Tierra.

Los procesos químicos son de gran importancia en la vida cotidiana, y por tanto la Química es una ciencia central cuyo estudio debiera resultar no sólo fundamental sino también apasionante. Creemos que es posible, pero ello requiere más tiempo del que ahora se concede en la enseñanza secundaria, para poder presentar una visión clara, positiva, y sistemática de la Química y dar a conocer la implicación existente entre la Química y la tecnología, el medio ambiente y la sociedad. Nuestros estudiantes necesitan de una mayor dedicación al estudio de la Química para que les resulte estimulante y atractiva, y contribuya a la conveniente síntesis del mencionado hombre culto, que está inmerso en un contexto inevitablemente científico.

Desde la Real Sociedad Española de Química, y desde nuestra revista «Anales de Química» estamos apoyando la difusión de los aspectos positivos de la Química, así como nuevos planteamientos didácticos que permitan presentar la Química como una materia más atractiva en la que deben tenerse en cuenta los aspectos prácticos y experimentales de la misma.

Esperamos que esta Ponencia permita mejorar la situación de los estudios de ciencias, y de química en particular, que requieren de más atención, no solo en términos de dedicación horaria en la enseñanza secundaria, sino también en la motivación del profesorado que inexcusablemente debe de ser un especialista en su área. Una opinión frecuente entre los profesores de secundaria es que el horario lectivo es insuficiente para desarrollar los contenidos establecidos. En este contexto, y si lo estiman oportuno les entregaré un breve documento de la Asociación de Profesores de Física y Química de Aragón, en el que se sugieren algunas posibles medidas. Por otra parte, hace falta también disponer de laboratorios adecuados para demostrar adecuadamente que la química es una ciencia experimental. No quisiera que Sus Señorías tengan la impresión que mis comentarios acerca de la necesidad de una adecuada enseñanza de la Química en la enseñanza secundaria se limitan al objetivo de formar buenos químicos. No debemos olvidar que es difícil ser un buen médico, farmacéutico o ingeniero sin unos conocimientos adecuados de química, adquiridos en el nivel secundario.

Creo interesante, Señorías, recordar que la semana pasada en la Cámara de Representantes de Estados Unidos se presentaba el Acta 3130 proponiendo un presupuesto piloto de 25 millones de dólares para fomentar los estudios de ciencia y tecnología, por haber observado un notable descenso, superior al 30%, en las vocaciones y graduaciones en este ámbito, desde finales de los ochenta. Este descenso en la formación y vocaciones científicas no les parece compatible con el liderazgo de Estados Unidos. En nuestra opinión, y en nuestro país, empiezan a observarse varias indicaciones que ponen de manifiesto que de no modificarse las enseñanzas científicas podemos seguir esta tendencia, que sin duda es claramente indeseable.

La creación de esta Ponencia nos hace ser optimistas. Por ello, esperamos y deseamos que esta Ponencia ayude a impulsar las enseñanzas científicas en la enseñanza secundaria.

#### **IV. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENSEÑANZA CIENTÍFICA EN LA SECUNDARIA.**

##### **1. Situación general de la secundaria en España.**

##### **1.1. Situación de la enseñanza de las matemáticas en la educación secundaria.**

*D. Tomás Recio Muñiz. Presidente de la Comisión de Educación de la Real Sociedad Matemática Española. Catedrático de la Universidad de Cantabria.*

##### **Antecedentes**

Sus Señorías llevan ya una andadura de cierta longitud en esta Ponencia sobre la Enseñanza de las Ciencias. Han escuchado una descripción general de la situación y también algunas soluciones, como las que planteó nítidamente el prof. Manuel de León en su primera intervención, hace meses, y que me gustaría resumir a mi modo:

- matizar la obligatoriedad hasta los 16 años
- limitar la comprensividad
- adecuar la formación inicial / continua de los profesores (de secundaria y de primaria) a las necesidades de la escuela de hoy
  - promover el esfuerzo como elemento de progreso en el sistema escolar
  - reforzar la figura del profesor en el ejercicio de sus funciones
  - establecer en la sociedad la percepción de un vínculo entre educación y profesión, entre el éxito en el estudio y el éxito en la vida profesional

Estas propuestas tienen, en mi opinión, la virtud de recoger, sintéticamente y con claridad, la opinión de sectores bastante amplios del profesorado. Quisiera añadir que, en el ámbito más particular de la enseñanza de las Matemáticas (o, más generalmente, de las Ciencias) algunos profesores mencionan, como soluciones urgentes para paliar la situación actual.

- la segregación de los alumnos que no hayan superado determinados objetivos y no hayan alcanzado determinados niveles
  - el incremento en el número de horas docentes de sus materias, a costa de otras de menor enjundia científica
  - el retorno a unas directrices metodológicas en las que predomine

lo cuantitativo sobre lo descriptivo o cualitativo,  
 lo intenso sobre lo superficial,  
 lo formal sobre lo divulgativo,  
 lo determinado sobre lo abierto,  
 lo básico sobre lo transversal o lateral,  
 la argumentación lógica sobre la prueba intuitiva o la visualización,  
 el conocimiento sobre la actitud,  
 el estudio personal sobre la actividad grupal

- la obligatoriedad de cursar determinadas asignaturas de Matemáticas en el Bachillerato, para optar a una carrera científico-tecnológica
  - la implantación de una materia optativa, en ese nivel de Bachillerato, de profundización matemática, para evitar el alto índice de fracaso en los primeros años de universidad

El reciente anuncio de la preparación, por parte de las autoridades ministeriales, de una ley que contemplaría ciertas medidas coincidentes (en parte) con las arriba expuestas, no hace sino corroborar la amplitud de esta corriente de opinión.

#### Algo de lógica

Inevitablemente, dicho anuncio está contribuyendo a la polarización (ya de por sí muy elevada) del debate en torno a la búsqueda de soluciones efectivas a los problemas del sistema educativo. Y en el calor del debate se olvidan al-

gunas cosas bastante obvias, de pura lógica, que he creído conveniente recordar aquí.

Aunque tratemos aquí de la enseñanza de las Matemáticas no cabe olvidar que hay una componente ideológica importante (y legítima) en las distintas opciones que se plantean como remedio para los males del sistema. Esto es natural y así debería ser asumido. *Creo que esconder u obviar este hecho, planteando la evidente superioridad de unas propuestas concretas por ser, pretendidamente, el resultado de un análisis aséptico de la realidad y del sentido común, es incorrecto.*

También creo que una parte importante de la comunidad educativa estima que el actual sistema educativo tiene determinados defectos y que estos requieren una urgente solución. El consenso en la denuncia de los problemas no debe, empero, utilizarse como argumento en favor de determinadas soluciones, ni la oposición a determinadas soluciones debe ser esgrimida como una negativa al reconocimiento del problema. *De «no podemos continuar así» no se concluye lógicamente que «por tanto debemos hacer esto o aquello».*

Aunque sea una forma legítima de razonamiento el incluir la tesis entre las hipótesis de un argumento (estableciendo, por tanto, una tautología), no me parece que sean de interés las proposiciones que así se obtengan. Es tal vez necesario recordar esta obviedad, para evitar propuestas del tipo *«para que los alumnos se esfuercen en aprender más matemáticas es necesario que se esfuercen en aprender más matemáticas»*, variantes de las cuales se han oído estos días.

*Tampoco parece razonable, en buena lógica, que se incremente el éxito de un sistema educativo no incluyendo, en la tasa de fracasos del sistema, a los que fracasan. Ni que mejore la convivencia en la escuela o instituto excluyendo de la misma a los que la perturban.* Muchos profesores pueden pensar que medidas de esta índole significarán, para ellos, la posibilidad de una docencia más fructífera y más dedicada a los contenidos de su disciplina. Pero el argumento —tan utilizado hoy— de que son muchos los alumnos que deben seguir otros itinerarios (en un sentido amplio), significa también que serán muchos los profesores que deberán encargarse de ellos en otro lugar del sistema educativo.

Con frecuencia se invoca, como argumento supremo para explicar la necesidad de determinados cambios en el sistema educativo preuniversitario, el hecho de que «la universidad» exige esto o aquello. *Como profesor universitario no dejo de sorprenderme del valor absoluto que se le otorga a las decisiones de los órganos académicos universitarios*, su posición de inmunidad frente a los problemas del sistema.

A nadie se le ocurre, al parecer, reclamar legítimamente el que la universidad adapte sus enseñanzas a las condiciones de los alumnos que ingresan en ella. En el caso de las Matemáticas (para matemáticos o para no matemáticos) es obvio, para mí, que el nivel de exigencia de las enseñanzas universitarias de primer y segundo ciclo es, injustificadamente, uno de los más altos del mundo occidental. Más de una década de intercambios Erasmus/Sócrates no nos han dejado lugar a dudas. No es para estar orgullosos: dicho ni-

vel suele ser inversamente proporcional al de las enseñanzas de tercer ciclo (y, por tanto, al peso científico internacional de un país).

Como conclusión de estas observaciones triviales, me permito señalar que sería preciso buscar soluciones

- relativizando el valor de las mismas y sin descalificar como incoherentes o sesgadas otras posibles alternativas

- evitando la confusión entre fines y métodos

- proponiendo medidas adecuadas para los alumnos con problemas (y no sólo para los que no los tendrán o los tendrán en menor medida)

- incluyendo al sistema universitario en la consideración global del sistema educativo.

#### Algunas opiniones personales

Quisiera comentar aquí alguna de las opiniones de mi respetado colega, amigo y compañero de la Comisión de Educación de la RSME, con cuyo recuerdo he iniciado esta comparecencia. En todos los casos no se trata de manifestar mi discordancia con la intención declarada de sus propuestas (la mejora de la sistema educativo), sino argumentar mi escepticismo sobre su efectividad o poner de manifiesto ciertos aspectos de tales propuestas que tal vez no hayan sido tenidos en cuenta.

Frente a la «matización» de la escolarización obligatoria, creo que es difícil, en una sociedad europea de hoy, reducir «de facto» la escolarización obligatoria hasta los 16 años. Un eufemismo de moda, la «inserción laboral temprana», simplemente traslada el problema formativo del Ministerio de Educación al de Trabajo, si no al de Interior o al de Asuntos Sociales...

Frente a la limitación de la comprensividad, pienso que el establecimiento de itinerarios educativos diferenciados pudiera tener, en la práctica, un efecto de «rebote», por el que amplias capas de la población traten de que sus hijos sigan el itinerario más prestigioso, aunque no estén capacitados para ello, lo que acabaría incrementando el fracaso escolar que se trataría de reducir (piénsese en la situación de la Formación Profesional años atrás), por la vía expeditiva de trasladarlo a otro ámbito.

La confianza en la deseable actuación sobre la formación inicial / continua del profesorado tendrá, en mi opinión, limitados efectos en el sistema educativo actual, como se deduce de la consideración de distintos parámetros estadísticos (edad media del profesorado actual, descenso del número de vocaciones, reducción acusada de la natalidad en la última década), junto con otras consideraciones, como la escasa virtualidad de la denominada carrera docente. Si apenas ingresarán nuevos profesores en un futuro inmediato y no se incentiva el esfuerzo de los que ya existen, la mejora de la formación inicial y continua puede tener una escasa repercusión en el sistema educativo.

La mejora de la valoración social del esfuerzo es, desde un punto de vista sociológico, un tema demasiado complejo como para pensar que se puede actuar sobre él

con éxito, simplemente desde el sistema escolar. Como ocurriría si planteáramos en el mismo sistema, por ejemplo, una educación en el valor de la abstinencia sexual para evitar los altos índices de embarazos en adolescentes, o el valor de la fidelidad y del sacrificio conyugal, para evitar el creciente número de fracasos matrimoniales. Nadie confiaría en que la vía del consejo y la advertencia resolvería estos problemas. Seguiría siendo necesario poner en marcha otras medidas (profilácticas, de asistencia social, etc.) que traten ambos problemas de manera más global. Análogamente, aún siendo positiva la introducción en el mundo educativo de mecanismos de valoración del esfuerzo, resulta necesario concebir el desarrollo de las enseñanzas en el contexto actual de los niños y jóvenes, desde la escala de valores socialmente en vigor.

Otro tanto cabe decir del refuerzo de la figura del profesor (o del policía, o del padre, etc.), un deseo que compartimos, pero que difícilmente puede plantearse como solución genérica para los problemas concretos de la escuela, en el seno de una sociedad que, como todas las occidentales, es cada vez más permisiva.

Por otra parte me parece curioso que se reclame, precisamente por los defensores de un modelo de sociedad cada vez más liberal en materia económica, el apoyo institucional al estrechamiento de los vínculos entre el éxito en los estudios y los logros profesionales (es decir, el que los alumnos perciban que no se puede triunfar en la vida sin alcanzar una formación adecuada). Por coherencia con ese modelo de sociedad, éste vínculo debería confiarse a las fuerzas del mercado; desde la posición dominante hoy día, parece que sería más bien la escuela la que debería adaptarse a la valoración que el mercado tiene del producto de las enseñanzas impartidas.

En resumen, creo que no es posible resolver los problemas urgentes de un sistema educativo basándonos en la hipótesis voluntarista de que éste modifique, por decreto, los valores, usos y costumbres imperantes en la sociedad actual. Antes bien, es preciso proporcionar soluciones realistas, adaptadas a la sociedad de hoy, en la que un simple programa de televisión tiene más influencia entre los jóvenes que muchos cientos de horas de adoctrinamiento escolar. Son otros los mecanismos que tienen las autoridades para influir en los valores predominantes en nuestra sociedad: mejora decidida de las condiciones laborales de los padres y madres de familia, en tanto que tales padres o madres, desarrollo de alternativas sociales de ocio juvenil que potencien la tolerancia, la convivencia y el esfuerzo personal, etc.

Y, sobre todo, son precisos los diagnósticos finos, identificando el perfil de ese alumno desmotivado o provocador, torpe o vago, y describir las condiciones socioeconómicas de su entorno... No vaya a ser que las matizaciones a la escolarización obligatoria, la limitación de la comprensividad, la exigencia de un mayor esfuerzo y de un mayor nivel académico recaiga, justamente, sobre las capas más desfavorecidas de la población. Si así fuera, parece que la solución al problema sería, precisamente, la mejora de las condiciones escolares de tales alumnos, mediante una política de refuerzo positivo, y no su segregación.

ción del sistema educativo, en una sociedad que debe ofrecer oportunidades para todos.

#### El currículo de matemáticas en la ESO

Parece claro que la educación primaria y secundaria obligatoria deberían proporcionar a todos los ciudadanos una alfabetización numérica, simbólica y geométrica que les permitiera manejarse en el mundo de hoy, cualquiera que fuese su profesión en el futuro. Pero, ¿qué significa «alfabetización»? La adquisición de cierta destreza en las rutinas del cálculo y en la resolución de problemas estandarizados fue uno de los pilares de la enseñanza de las matemáticas en la escuela «moderna» surgida a finales del siglo XIX, pero este hecho está unido a la Revolución Industrial, que requirió que grandes capas de la población tuviesen unos conocimientos básicos de aritmética y medida.

El planteamiento, hoy día, ha de ser, por fuerza, diferente. La economía actual tiene otros requerimientos matemáticos básicos, relacionados con la capacidad de estimación, con el análisis y el tratamiento de la información, con la habilidad para modelar situaciones abiertas y para resolver problemas no tipificados.

Teniendo en cuenta este marco, yo creo que sería conveniente abordar el análisis del currículo de la ESO, diferenciando los tres primeros cursos del cuarto y último (aún a sabiendas de la ruptura de la estructura de ciclos que esto comporta). En general, tenemos un currículo de mínimos en los tres primeros cursos de la ESO con unos objetivos (que son comunes a los dos ciclos) y unos criterios de evaluación (de primer ciclo y de tercer curso) que me parecen razonables y que están en la línea de esa alfabetización numérica, simbólica y geométrica a la que he hecho referencia. Así aparecen objetivos del siguiente tenor:

— Utilizar las formas de pensamiento lógico en los distintos ámbitos de la actividad humana.

— Aplicar con soltura y adecuadamente las herramientas matemáticas adquiridas a situaciones de la vida diaria.

— Utilizar con soltura y sentido crítico los distintos recursos tecnológicos (calculadoras, programas informáticos) de forma que supongan una ayuda en el aprendizaje y en las aplicaciones instrumentales de las Matemáticas.

— Aplicar los conocimientos geométricos para comprender y analizar el mundo físico que nos rodea.

— Emplear los métodos y procedimientos estadísticos y probabilísticos para obtener conclusiones a partir de datos recogidos en el mundo de la información.

#### Y criterios de evaluación del siguiente tipo

— Utilizar de forma adecuada los números enteros, las fracciones y los decimales para recibir y producir información en actividades relacionadas con la vida cotidiana.

— Utilizar las unidades angulares, temporales, monetarias y del sistema métrico decimal para estimar y efectuar medidas, directas o indirectas, en actividades relacionadas con la vida cotidiana o en la resolución de problemas y valorar convenientemente el grado de precisión.

— Interpretar las dimensiones reales de figuras representadas en mapas o planos, haciendo un uso adecuado de las escalas, numéricas o gráficas.

— Obtener información práctica de gráficas sencillas en un contexto de resolución de problemas relacionados con fenómenos naturales y la vida cotidiana.

— Identificar y utilizar los distintos tipos de números racionales para recibir y producir información en situaciones reales de la vida cotidiana y elegir, al resolver un determinado problema, el tipo de cálculo adecuado (mental, manual, con calculadora), dando significado a las operaciones, procedimientos y resultados obtenidos, de acuerdo con el enunciado.

— Aplicar traslaciones, giros y simetrías a figuras planas sencillas utilizando los instrumentos de dibujo habituales, reconocer el tipo de movimiento que liga dos figuras iguales del plano que ocupan posiciones diferentes y determinar los elementos invariantes y los centros y ejes de simetría en formas y configuraciones geométricas sencillas.

En mi opinión, estos y otros ítems del decreto de enseñanzas mínimas, hasta el tercer curso de la ESO, reflejan, esencialmente, lo que puede hoy entenderse como alfabetización numérica (simbólica y geométrica). Falta, tal vez, una referencia a la nueva matemática que precisa el uso generalizado de los ordenadores (es decir, a la matemática para el ordenador, en vez de la referencia al auxilio del ordenador y de la calculadora para las matemáticas clásicas). Pero el problema fundamental no son los objetivos ni los criterios de evaluación, sino la interpretación y orientación que se dé a los mismos, tanto a través de la descripción de contenidos como mediante la metodología —y los medios— empleada para su enseñanza.

Por ejemplo, uno de los contenidos de Segundo Curso habla de las «raíces cuadradas aproximadas». Este tema se puede considerar como un recurso para la práctica de estrategias de estimación y redondeo, o se puede concebir de modo algorítmico (la regla para extraer raíces cuadradas). Las operaciones con fracciones admiten un tratamiento en el que se prime la adquisición de la destreza en la operatoria y simplificación de las fracciones ( $1/3+1/6=?$ ), pero también pueden ser una ocasión para «producir información en actividades relacionadas con la vida diaria» (como se indica en los criterios de evaluación).

En estos dos ejemplos, una de las alternativas es más académica y la otra es más alfabetizadora... Creo que el problema fundamental de nuestra ESO, en matemáticas, es reconocer «de facto» (ya lo está «de jure») el predominio de la alfabetización matemática frente a la «disciplina» matemática. Y también la confusión (generosamente extendida entre los distintos agentes del mundo educativo) entre lo que se enseña y lo que se aprende. Tenemos unos programas razonables, pero ¿qué parte de los mismos es asimilada de modo fehaciente por los alumnos? Tal vez sería necesario enseñar menos contenidos, para aprender más. Porque,

¿Cuántos conciudadanos tienen, tras la enseñanza obligatoria, instrumentos matemáticos personales para estimar, aún groseramente, las cuotas mensuales de amortiza-

ción de una hipoteca de 100.000 euros, a 15 años y con un interés fijo del 5%?

¿Cuántos entienden que si los impuestos suponen una retención del 15% del salario, para ganar 6000 euros líquidos no basta con solicitar un salario bruto de  $6000 + 15\%$  de 6000?

Y ¿cómo entenderán la calificación obtenida en un concurso en el que hay dos ejercicios, valorados en una escala 1-10, pero en el que uno de ellos pesa el 40% y el otro el 60% en la nota final?

¿Cuántos pueden hacer un cálculo mental para decidir que se han equivocado un orden de magnitud al hacer la declaración de la renta? ¿O para anticipar cuál sería —aproximadamente— el resultado final de la misma si incluyeran tal ingreso de rentas del trabajo, que se les había casualmente «olvidado» al realizar el primer borrador de la declaración?

¿Qué número de aficionados al deporte rey se haría una idea del número de viviendas que se pueden construir (100 metros cuadrados por vivienda, cuatro por planta, seis plantas, 15% del solar para jardín) si derriban el viejo estadio municipal?

¿Qué ecologista de pro pondría sobre la mesa, en una discusión con los amigos, el volumen de escombros que acarrearía la construcción de tal túnel del nuevo trazado de un ferrocarril, o las dimensiones pertinentes que habría de tener el lugar que se considera idóneo para ubicarlos?

¿Quién se hace una idea de si es fácil o difícil deducir quién ganó una carrera, ante una gráfica (por ejemplo, lineal) que muestre la velocidad a la que circulan los vehículos a lo largo de diversos puntos de un circuito?

Pero, sobre todo, ¿cuántos acudirán de modo “natural” a las matemáticas que aprendieron para abordar estos problemas sin depender del empleado del banco, sin usar el programa de ordenador que entrega Hacienda...? Hace falta, en resumen, que el momento de la extensión de la enseñanza obligatoria sea el momento, también, de la Educación Matemática para todos.

#### El currículo de matemáticas en el Bachillerato

Si anteriormente asumía como razonable buena parte del currículo de los tres primeros años de la ESO, me resultan más discutibles los contenidos de algunos criterios de evaluación de cuarto curso, tales como:

— Simplificar expresiones numéricas irracionales sencillas (que contengan una o dos raíces cuadradas).

— Determinar e interpretar el espacio muestral y los sucesos asociados a un experimento aleatorio, simple o compuesto sencillo, y utilizar la Ley de Laplace, los diagramas en árbol, las tablas de contingencia u otras técnicas combinatorias para calcular probabilidades simples o compuestas..., etc.

Creo que sus Señorías convendrán conmigo que no es fácil asumir que todos los ciudadanos deberían superar criterios de evaluación de esta índole para obtener el título terminal de su educación obligatoria: me pregunto cuántas personas adultas de extraordinaria cultura (humanística y

científica) estarían en condiciones de saber de qué tratan dichos ítems.

Sin embargo muchos profesores de secundaria nos dirían que, en la práctica escolar, el problema señalado no es tal, dado que estos y otros criterios son interpretados de modo muy superficial, con un nivel de dificultad muy bajo. ¿Merece entonces la pena introducirlos? O que se hace distinción entre unas Matemáticas A y unas Matemáticas B en cuarto curso...

También podrían decirnos que, sencillamente, no se imparten los contenidos correspondientes, por falta de tiempo.

El problema del tiempo es universal en todas las materias; aumentar la carga horaria de aquellas de mayor dificultad y abstracción frente a las más asequibles y próximas al alumno no hace sino disminuir, en el nivel obligatorio, las oportunidades de los alumnos más desfavorecidos.

Yo creo que no sería disparatado pensar en la traslación a Bachillerato de buena parte de los contenidos del último curso de la ESO, aligerando así los contenidos de ésta y derivando los contenidos del último año de Bachillerato (según las modalidades del mismo) a la Universidad (álgebra lineal; límites, derivación e integración; geometría analítica tridimensional; inferencia estadística); algo que, de todas formas, ya se está asumiendo la Universidad de manera no reglada. Tal vez sería posible desarrollar esa materia optativa que se reclama desde algunos sectores como un anticipo de lo que se va a impartir de modo más sistemático en la Universidad...

Por otra parte tengo que señalar que estoy totalmente de acuerdo con la propuesta de modificación, ya señalada por otros colegas, para que el acceso a las carreras científicas y técnicas tenga, como requisito, el cursar durante los dos años de Bachillerato las correspondientes materias de matemáticas.

El tan traído tema de la necesidad de revalidar, mediante un examen general y obligatorio, de carácter externo y esencialmente único, los conocimientos de los Bachilleres me parece menos relevante que la resolución de los problemas acuciantes a los que todos hemos hecho referencia.

#### Conclusiones

Creo que podría sintetizar mi intervención en unas pocas conclusiones:

##### 1) Debemos buscar soluciones:

- Relativizando el valor de nuestras propuestas y sin descalificar como incoherentes o sesgadas otras posibles alternativas. La búsqueda de la calidad es un asunto demasiado técnico y sutil para pensar que existan medidas milagrosas.

- Evitando la confusión entre fines, deseos y modos de conseguirlos.

- Proponiendo medidas adecuadas para los alumnos con problemas (y no sólo para los que no los tendrán o los tendrán en menor medida).

- Incluyendo al sistema universitario en la consideración global del sistema educativo.

- Cuidando de que el esfuerzo en pos de una mayor calidad del sistema educativo no perjudique, justamente, a las capas más desfavorecidas de la población.

- Mejorando de las condiciones escolares de esos alumnos, mediante una política de refuerzo positivo, y no mediante el fácil recurso de su segregación del sistema educativo, en una sociedad que debe ofrecer oportunidades para todos.

2) Debemos potenciar el carácter predominantemente alfabetizador de la educación matemática en la ESO, tal como aparece en el currículo de mínimos:

- acomodando el estilo docente a ese carácter
- enfatizando lo que realmente pueden aprender y aprenden los alumnos frente a la ilusión de enseñar lo que está reglamentado

- disminuyendo los contenidos matemáticos de la ESO (cuarto curso)

- modificando, en consecuencia, los contenidos del Bachillerato y remitiendo parte de los mismos al nivel universitario

- analizando cuidadosamente las necesidades matemáticas básicas de la sociedad de la información e introduciendo, en su caso, las adaptaciones de contenido correspondientes (y no sólo, como ocurre ahora, usando las nuevas tecnologías como herramienta para la docencia de contenidos tradicionales).

3) A tal fin, se debe

- Apoyar decisivamente una modificación substantiva en la formación inicial del profesorado, para que éste tenga los conocimientos y recursos necesarios para las peculiaridades de su docencia.

- Establecer un incentivo real para la formación continua del profesorado en ejercicio (carrera docente).

- Poner en marcha auténticos planes generales de formación continua.

## 1.2. Análisis de los currículos de Física y Química en la ESO y en el Bachillerato.

*D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Jesús del Arco. Profesora de Física y Química en el Instituto de Enseñanza Secundaria Gerardo Diego de Madrid.*

Señorías: ante todo agradecer la oportunidad que se brinda a una profesora de Enseñanza Secundaria de exponer en este lugar la situación en que nos encontramos en los Centros los profesores de estas materias de Ciencias, en mi caso particular de Física y Química y, más aún, desde la perspectiva de una licenciada en Ciencias Físicas.

Sin intentar, ni mucho menos, desmerecer la importancia de otras materias en la formación de las nuevas generaciones, intentaré poner de manifiesto la absoluta precariedad en que se encuentra en estos momentos la enseñanza de

la Física en la que quizá sea la etapa más importante de nuestro sistema educativo, la educación secundaria y como, de no poner un pronto remedio, el analfabetismo en una materia tan básica como esta en el mundo en que vivimos puede ser no la excepción sino la tónica general entre nuestros estudiantes, con la indudable trascendencia que esto puede tener en la competitividad de nuestro país con los de nuestro entorno.

Antecedentes: situación anterior a la LOGSE

Sin remontarnos mucho en el tiempo, recordemos cómo han evolucionado los planes de estudio en la secundaria en lo que se refiere a las Ciencias en el periodo de tiempo, no tan dilatado bajo un punto de vista histórico aunque sí en lo personal, en el que la que ustedes se dirige ha ejercido su actividad profesional como profesora de Física y Química desde 1969 hasta el presente.

En 1969, la enseñanza de la Física y Química en los Institutos respondía al siguiente plan de estudios:

- Tercer curso de Bachillerato Elemental: asignatura de Física y Química para todos los alumnos.

- Cuarto curso de Bachillerato Elemental: asignatura de Física y Química para todos los alumnos.

- Quinto curso de Bachillerato Superior: asignatura de Química para todos los alumnos de Ciencias.

- Sexto curso de Bachillerato Superior: asignatura de Física para todos los alumnos de Ciencias.

- Curso Preuniversitario: asignaturas separadas de Física y de Química para todos los alumnos de Ciencias.

En 1970 con la Ley General de Educación, desaparece de los Institutos el Bachiller Elemental, estableciéndose los llamados BUP y COU y para nuestras materias el plan de estudios queda así configurado:

- Segundo de BUP: Física y Química obligatoria para todos los alumnos, inicialmente con 5 horas semanales que pasarían posteriormente a 4 h.

- Tercero de BUP: Física y Química con 4 h semanales obligatoria para los alumnos de Ciencias.

- COU: Física y Química como asignaturas separadas con 4 horas semanales, elegidas ambas o una de ellas por los alumnos de Ciencias en función de la opción cursada.

Los cursos que desaparecen de los Institutos pasan a los Centros de EGB, donde la Física y la Química se incluyen en la segunda etapa, integradas en un área, la de Ciencias de la Naturaleza y son impartidas por un mismo profesor que imparte también el área de Matemáticas. Comienza de esta forma la tendencia a impartir la llamada «ciencia integrada», más bien ciencia mezclada, que como veremos se acentúa en la etapa actual.

Situación actual.

Con la promulgación de la LOGSE en 1990, estas materias se incluyen en los planes de estudio de la siguiente forma:

— Primer ciclo de ESO: en los dos cursos que forman el ciclo se incluye el área de Ciencias de la Naturaleza, en la que se integran Física, Química, Biología y Geología, con 3 h semanales. Al pasar estos cursos a los Institutos, esta área normalmente está impartida por los hasta ahora profesores de EGB que pasan a los Institutos y se adscribe por la ley a los Departamentos de Ciencias Naturales. Con ello, generalmente la Física y la Química suelen quedar relegadas.

— Tercer curso de ESO: continúa el área de Ciencias de la Naturaleza, obligatoria para todos los alumnos, con 4 h semanales, aunque puede desdoblarse en 2 h de Física y Química y 2 h de Biología y Geología; de hacerse así, hasta ahora la evaluación era conjunta, aunque a partir del próximo curso podrán evaluarse ambas separadamente, dado los problemas sin cuento que la evaluación conjunta producía.

— Cuarto curso de ESO: Física y Química separada de Biología y Geología, ambas con 3 h semanales pero optativas para los alumnos.

— Primero de Bachillerato: Física y Química como una sola asignatura obligatoria para los alumnos de algunas modalidades, con 4 h semanales.

— Segundo de Bachillerato: Física y Química como materias separadas, de 4 h semanales cada una, como materias troncales en según qué itinerarios de según qué modalidades y como optativas en otros casos.

Resulta evidente cómo la Física y la Química han ido perdiendo peso en el currículo de Secundaria. Si a esto añadimos su carácter de optativas incluso en el Bachillerato de Ciencias, se explica el hecho de que el número de estudiantes que las cursa va disminuyendo progresivamente, dada su dificultad conceptual frente a otras materias que les abren académicamente las mismas vías, siendo esto aún más acentuado en el caso de la Física.

#### Análisis del currículo de Física y Química en la ESO

Voy a ceñirme a los Reales Decretos 3473/2000 y 3474/2000 de 29 de diciembre por los que se modifican los R.D. 1007/1991 de 14 de junio por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria, 1700/1991 de 29 de noviembre que establece la estructura del bachillerato y 1178/1992 de 2 de octubre por el que se establecen las enseñanzas mínimas del bachillerato, sobre los que las distintas Comunidades Autónomas pueden añadir sus propios currículos respetando siempre estos contenidos mínimos que son bastante significativos para lo que queremos poner de manifiesto.

En el primer ciclo de ESO, según la declaración de principios de estos Decretos, se mantiene el concepto de ciencia integrada, eligiendo, se afirma, en el primer curso como hilo conductor la Tierra y en el segundo la Energía. Se indica que debe darse un tratamiento preferentemente cualitativo, enfatizando los aspectos visuales y generalistas sobre los formales y académicos, que afirma deben abordarse en el segundo ciclo. Los contenidos de este primer ciclo abundan más en Biología y Geología que en Física

y Química dado que se entiende que en este nivel los alumnos no tienen aún suficiente capacidad de abstracción.

En el referido Decreto se afirma textualmente: «Los bloques de contenidos que se refieren al segundo ciclo en la materia de Física y Química se han distribuido de forma asimétrica entre los dos cursos que lo componen. Teniendo en consideración los conocimientos matemáticos que poseen los alumnos, en el tercer curso predominarán los contenidos de Química sobre los de Física y en cuarto los de Física sobre los de Química, para lograr al final de la etapa un conocimiento homogéneo y adecuado de ambas materias». Es fácil ver el grado de asimetría que se consigue, dado que en 4º la Física y Química es una materia optativa.

Respondiendo a estos criterios, en el programa de tercero en lo que a Física se refiere se incluyen solamente dos bloques: el de Energía, poniendo el énfasis sobre aspectos meramente descriptivos de la misma (fuentes de energía, energías tradicionales, energías alternativas...) y Electricidad, estudiando ésta de una forma simple y poniendo el énfasis en su aspecto puramente cualitativo. En este curso de 3º en Química se contempla el estudio de la materia, elementos y compuestos, estados de agregación, partículas constituyentes de los átomos, nomenclatura química, concepto de mol, ecuaciones químicas sencillas y su ajuste, cálculos estequiométricos sencillos, química y medio ambiente, petróleo y derivados, medicamentos, energía nuclear...

El estudio algo más profundo de la Física se deja para 4º curso en cuyo programa figuran temas como estudio del movimiento, fuerzas y equilibrio, energía, trabajo y calor, ondas, luz y sonido; en el caso de la Química se deja para 4º el estudio de las uniones entre átomos, tipos de enlace, reacciones químicas y cálculos estequiométricos y la química de los compuestos del carbono.

Recordemos que en 4º la Física y Química es una materia optativa: el alumno debe elegir dos materias entre Física y Química, Biología y Geología, Tecnología, Educación Plástica y Visual y Música, por lo que un número considerable y creciente de alumnos no la cursa y se decanta por otras de menor dificultad conceptual. El bagaje de muchos alumnos en esta materia se reduce al adquirido en tercero, en el que sólo se dispone de 2 horas semanales, lo que impide incluso en muchas ocasiones visitar el laboratorio al que no se puede acudir sin una mínima preparación previa a no ser que lo consideremos como un simple divertimento.

No obstante esta optatividad en 4º, muchos alumnos que no han elegido la materia deciden ser ingenieros y se lanzan a cursar un bachillerato de Ciencias. Imaginen los resultados.

Resulta curioso, después de ver el enfoque dado a la Física en la ESO, ver los programas de Tecnología, donde en 1º figura un tema como electricidad y electrónica que incluye circuitos serie y paralelo, en 2º electromagnetismo, en 3º control y robótica y en 4º sistemas electrónicos. ¿Cómo se estudia nada de esto sin conocimientos de Física imprescindibles?

Añadamos a todo lo anterior las dificultades derivadas del bajo nivel de Matemáticas. En 3º a duras penas consi-

guen operar correctamente con fracciones un número reducido de alumnos y en 4º manejan con dificultad la ecuación de segundo grado y prácticamente desconocen la trigonometría.

Con todo lo expuesto, huelga decir que el acudir al Laboratorio resulta misión casi imposible, no tanto por la disponibilidad de profesores para desdoblar los grupos de alumnos, sino por la falta material de tiempo para ello, con lo que se desvirtúa por completo el carácter experimental de estas materias. Se puede decir que no es posible realizar prácticas en 3º con solo dos horas semanales de clase y que únicamente se realizan algunas en el curso de 4º.

#### Análisis de currículo de Física y Química en el Bachillerato

La Física y Química es obligatoria en 1º para los alumnos de las modalidades de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud y la de Tecnología, ambas ciencias en una única materia de 4 h semanales. En 2º de estas modalidades, según los itinerarios elegidos cursan Física como materia separada y Química en el caso de la modalidad de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud.

En el caso de Física y Química de 1º de Bachillerato el programa incluye:

- La medida.
- Estudio de movimientos.
- Dinámica.
- Energía.
- Electricidad.
- Naturaleza de la materia.
- Estructura de la materia.
- Cambios materiales en los procesos químicos.
- Química del carbono.

Téngase en cuenta el bagaje de conocimientos matemáticos con que los alumnos terminan 4º. En Matemáticas no se estudia el concepto de derivada, literalmente «iniciación al cálculo de derivadas», hasta la segunda mitad del curso y prácticamente desconocen el cálculo vectorial. Recordemos que hay alumnos que no habrán estudiado Física y Química en 4º y por tanto se enfrentarán a esto sin haber estudiado más Química que la que vieron en 3º. Incluso para los que la cursaron en 4º será difícil dado lo poco que se puede profundizar en ese curso donde hay que dedicar buena parte del escaso tiempo disponible a la Física.

En Física de 2º, 4 h semanales, hay que estudiar:

- Vibraciones y ondas.
- Interacción gravitatoria.
- Interacción electromagnética.
- Óptica.
- Introducción a la Física moderna.

Dadas las dificultades matemáticas que tenían en 1º, es imprescindible repasar cálculo vectorial, cinemática, dinámica y trabajo y energía si no queremos que los alumnos se encuentren totalmente perdidos. Al comenzar el

curso los alumnos aún tienen dificultades importantes con el cálculo de derivadas y prácticamente desconocen el cálculo integral.

En Química de 2º hay que estudiar:

- Estructura de la materia.
- Enlace químico.
- Termoquímica.
- Cinética química.
- Equilibrio químico.
- Reacciones de transferencia de protones.
- Reacciones de transferencia de electrones.
- Química descriptiva.
- Química del carbono.

Con las dificultades apuntadas para el desarrollo del programa de 1º es fácil ver como se refleja esto en el curso de 2º: nos remitimos a los resultados de la materia en las pruebas de acceso a la Universidad.

Huelga decir que el acceso al Laboratorio, sobre todo en 2º, resulta imposible si se quieren terminar los programas.

#### Conclusiones

Visto todo lo anterior y a modo de resumen se me ocurren algunas preguntas a las que creo necesario dar respuesta.

— ¿Cómo es posible pretender un desarrollo científico en un país en el que buena parte de sus estudiantes no van a tener ningún conocimiento de Física?

— ¿Cómo es posible un currículo en el que cada uno de los cuatro cursos de Secundaria Obligatoria los alumnos deben enfrentarse a al menos diez asignaturas diferentes?

— ¿Cómo es posible profundizar en ninguna materia disponiendo de dos horas semanales de clase, como nos ocurre en 3º de ESO?

— ¿Cómo es posible pretender realizar prácticas de laboratorio en Física o en Química con los programas que hay que impartir y el tiempo de que se dispone para ello?

— ¿Cómo es posible que un alumno de Bachillerato de Ciencias, itinerario científico-tecnológico, supuestamente dirigido hacia ingenierías, de sus 30 horas semanales de clase pueda cursar solamente 12 de materias científicas?

— ¿Ha sumado alguien el número total de horas dedicadas a las Ciencias entre la ESO y el Bachillerato, incluso el de Ciencias? ¿Puede alguien que lo haya hecho seguir hablando de una supuesta crisis de las llamadas Humanidades?

— ¿Y qué son las Humanidades? ¿Acaso las Ciencias son propias de extraños seres no humanos?

— ¿Puede un país permitirse que al menos el 50% de su población sea científicamente analfabeta? Que desconozca de dónde sale la electricidad que utilizamos, cómo funciona un automóvil o qué es eso de la crisis energética o incluso qué es un quark o cómo surgió nuestro Universo en el Big Bang, de dónde surge la energía nuclear y cómo podemos aprovecharla, o qué es el efecto invernadero y qué dice la teoría de la relatividad, qué son los



agujeros negros y tantas y tantas preguntas a las que da respuesta la Física.

— ¿Cómo es posible que nuestros mejores estudiantes de secundaria tengan tantas dificultades para superar satisfactoriamente forma el primer curso universitario?

— ¿Cómo pueden ser tan penosos los resultados de nuestros estudiantes en las Olimpiadas Internacionales de Física?

Señorías, puedo afirmarles que los profesores de materias científicas y en particular de Física en la etapa de Secundaria vivimos con auténtica angustia y preocupación la situación de estas enseñanzas, en las que el número de alumnos decrece paulatinamente porque son materias que han llegado a hacerseles insuperables en muchos casos. Y resulta patético ver cómo nuestros mejores estudiantes de 2º de Bachillerato se angustian ante su inseguridad en el estudio de nuestras materias, al ser conscientes de su falta de bases sólidas, imposibles de adquirir con la falta de tiempo para asentarlos correctamente.

No sé cuál será la solución a esta situación. Pero si no somos capaces de encontrarla en el menor plazo posible, nos estamos jugando el desarrollo científico de nuestro país y privando a nuestros jóvenes de la posibilidad de competir en este terreno con sus colegas de la Unión Europea. Muchas gracias.

### 1.3. Situación de las asignaturas de Matemáticas, Física y Química.

*D. Manuel Gómez Rubio. Profesor Titular de Química Inorgánica de la Universidad de Alcalá.*

#### Introducción

Aunque no nos corresponde a nosotros modificar aspectos legales del sistema educativo actual, en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y en Bachillerato (BAC), ni mucho menos cambiar las tendencias y formas de comportamiento de nuestra sociedad, no podemos desvincular la vida en el aula y su entorno, de términos tan decisivos como sociedad, familia, educación, legislación, ...

La compleja sociedad actual, en la que prima lo inmediato y lo fácil, nos presenta, en general, a un alumno que ha perdido, sin saberlo, la ilusión por el conocimiento y la cultura, que huye de cualquier tipo de atadura, de obligación, de responsabilidad y que no se esfuerza lo necesario porque, probablemente, en su casa recibe más de lo que necesita. En definitiva, se han perdido los valores tradicionales del aprendizaje y de esta forma, los alumnos no aprovechan en su totalidad una serie de años en los que deberían haber progresado y rendido más, asimilando muchos más conocimientos.

Adicionalmente, se ha perdido el respeto por la figura del profesor, y la familia, lejos de confiar en los educadores, cree siempre a pies juntillas que su hijo es maravilloso y el profesor es su enemigo. Este planteamiento produce un gran desánimo entre los docentes, al comprobar que su

labor, sin duda alguna muy complicada, no está suficientemente valorada por el ciudadano. Se requiere, por tanto, dignificar la figura del profesor y reconocer su aportación a nivel social.

De nuestra realidad actual sería posible extraer una serie de datos que pueden ser muy significativos, por alarmantes, y que son constatados por muchos profesores. En el sistema educativo anterior, la Educación General Básica (EGB), la mayoría de los niños/as de 4-5 años sabían leer y escribir, en el sistema actual los de 6 no saben todavía. En 7º, se empezaban a manejar conceptos de cinemática, fuerzas, dinámica, energía, fluidos, ... y en 8º, formulaban los compuestos químicos, tenían ideas básicas sobre el átomo, los enlaces, conocían parte del SP, ... Ahora, una amplia mayoría de alumnos llega al último curso de BAC sin esos conceptos.

Hoy se trabaja mucho la lateralidad, el arriba y abajo, el dentro y fuera. Hay tal diversidad de optativas, que considerando las de varios Centros puedes llegar a sacar la impresión de que se están impartiendo estudios diferentes. Aunque siempre es deseable la amplitud de conocimientos, también lo es establecer un orden de prioridades, sobre todo si las deficiencias empiezan por lo más elemental —no saben leer bien un párrafo, no manejan el lenguaje matemático o no se expresan con fluidez—. Tratemos de resolver las deficiencias elementales y dejemos para otras ocasiones el vídeo, la cerámica, la astronomía, el teatro, ...

Tengan la seguridad, Señorías, que el objetivo fundamental de esta ponencia se centra en conseguir que nuestros estudiantes alcancen la formación básica necesaria para abordar estudios científicos o tecnológicos superiores, en la idea de que una mejor educación científica cristalizará en una formación integral más completa.

#### Segundo ciclo de la enseñanza secundaria obligatoria

##### a) Contenidos científicos obligatorios.

##### 1. Matemáticas insuficientes.

La legislación actual señala claramente que las matemáticas, junto a la lengua, es una materia instrumental y aunque para una parte de la ciudadanía significan aritmética y geometría elemental, no siempre de gran utilidad, para los científicos son sinónimo de razonar, pensar, conocer y crear. Por todo ello, creemos que su carácter instrumental no solo es aplicable al mundo científico y tecnológico, sino también a todos los ámbitos de la actividad y el pensamiento humanos.

Tres horas semanales de matemáticas tanto en 3º como en 4º de la E.S.O. son insuficientes para que el alumno posea las herramientas necesarias para cualquier estudio científico, a lo que hay que añadir las carencias con que, por el mismo motivo, llegan desde el primer ciclo.

##### 2. Conocimiento parcial de Física, Química, Biología y Geología al estar unificadas en el área de Ciencias de la Naturaleza.

El área de Ciencias de la Naturaleza, que comprende Física, Química, Biología y Geología, aparece en el curso 3º de ESO como una asignatura única y en su enseñanza pueden participar, por una parte profesores de la especialidad de Física y Química y por otra, de Biología y Geología. Al tratarse de una evaluación única, es posible que un alumno pueda conseguir un resultado positivo aunque tenga un conocimiento prácticamente nulo de alguna de dichas materias.

Con sólo dos horas semanales, no es posible mantener la continuidad necesaria para que los alumnos sean capaces de desarrollar una adecuada capacidad de análisis y comprensión de los conceptos impartidos. No se trata solo de informar al alumno, también se le debe formar.

El carácter de la asignatura es cuatrimestral y la falta de tiempo impide abordar, incluso de una manera discreta estas disciplinas. Si además se imparten clases de laboratorio, que por otro lado son imprescindibles en una ciencia experimental, el vacío que se crea entre las clases lectivas es abismal. No obstante, se realizan algunas experiencias con una notable escasez de medios al tratarse de grupos muy numerosos. A esto se debe unir las graves deficiencias que se presentan en dicho curso. Algunos de los alumnos han repetido y pasan al curso siguiente sin haberlas superado, un buen porcentaje de ellos están escolarizados contra su voluntad y el ambiente en el aula no es el más apropiado. Por todo ello, cualquiera comprenderá la frustración personal que siente el profesor cuando, al hacer el balance final, piensa en la cantidad y en la importancia de los objetivos que no se han podido cumplir.

Cuando la totalidad de la asignatura es impartida por un solo profesor, cualquiera que sea su especialidad, siempre hay una o varias partes ajena a la suya, a la que generalmente se dedica menos tiempo, y por consiguiente, la escasa preparación y entusiasmo del profesor puede quedar reflejada en los conocimientos de los alumnos.

Por tanto, la asignatura de Física y Química debería estar separada de la de Ciencias Naturales y aumentar su carga lectiva en 1 hora semanal. A nuestro entender, el currículum del curso 3º de ESO debe ser divulgativo y práctico para que el alumno pueda utilizar la tecnología actual, conocer los avances científicos y comprender el mundo que le rodea.

### 3. Optatividad en las materias científicas de 4º de la ESO.

En 4º de ESO se ofertan cinco materias optativas: Física y Química, Biología y Geología, Educación Plástica y Visual, Música y Tecnología, entre las cuales el alumno tiene que elegir dos. Con ello, se pretende que un alumno reciba la formación básica suficiente para abordar estudios posteriores.

Sin embargo, las materias de Humanidades y Ciencias Sociales son todas obligatorias: Lengua y Literatura (3º y 4º = 8 horas), Ciencias Sociales (3º y 4º = 6 horas) y Ética (4º = 2 horas). Las lenguas clásicas han desaparecido prácticamente, al igual que ocurría en el anterior sistema de enseñanza.

Este esquema refleja claramente que, tanto las Ciencias de la Naturaleza como las de la Salud están discriminadas respecto de las Humanidades y Ciencias Sociales en la ESO, ya que de las materias que pueden aportar una formación adecuada sólo son obligatorias las Matemáticas (3º y 4º = 6 horas) y las Ciencias de la Naturaleza (en 3º = 4 horas y en 4º optativa, 3 horas).

Es decir, cuando se implanta la LOGSE, solo se dedican 2 horas semanales obligatorias en el curso 3º y 3 horas en el curso 4º, siendo en éste último caso materia optativa. Con este planteamiento solo se consigue que muchos alumnos tengan grandes dificultades cuando promocionan al Bachillerato, ya que los contenidos de la asignatura se mantienen con respecto al sistema de enseñanza anterior, eso sí, con una importante reducción de tiempo. Además, con el área de Matemáticas no existe la coordinación deseable, ya que, para explicar algunos aspectos de Física son imprescindibles conceptos y operaciones matemáticas que los alumnos no conocen hasta mediado el curso, por lo que los primeros no pueden ser desarrollados con el nivel necesario.

Con ello, el fracaso escolar se incrementa en la asignatura de Física y Química y se crea un estado de opinión según el cual, la mayor parte de los alumnos de 3º de ESO estiman que se trata de una disciplina muy difícil, que el aparato matemático necesario en su desarrollo es considerable y que se deben hacer muchos ejercicios. Es decir, que los alumnos tienen ante sí la posibilidad de elegir asignaturas que podríamos denominar «más cómodas», y nos encontramos con dificultades para formar siquiera un grupo de Física y Química. Según datos de la Comunidad Autónoma de Madrid, el número de alumnos que en la enseñanza actual cursan esta asignatura es aproximadamente el 50% de los que la cursaban en el modelo de enseñanza anterior (BUP).

Pero, con todo, lo más grave es el tremendo vacío legal que presenta el sistema actual, por el cual hay alumnos que no cursan Física y Química en 4º de ESO y que posteriormente, no tienen ningún problema para matricularse en el primer curso del Bachillerato de Ciencias junto a los que sí lo han hecho. Esto determina la existencia de grupos de alumnos con un nivel de conocimientos básicos muy heterogéneo, con el consiguiente caos.

Al mismo tiempo, sólo se dispone de 3 horas semanales y no es posible completar el programa. Es decir, en la enseñanza actual se reduce la carga lectiva pero no el programa de la asignatura, resultando un bagaje científico muy pobre para alumnos que pretenden cursar licenciaturas de Ciencias o Ingenierías. Puesto que en este curso se deben impartir los principios básicos de Física y Química, pensamos que la carga lectiva debería incrementarse en 1 o 2 horas semanales, solo así los aspectos teóricos y prácticos de dicha disciplina se podrían impartir con cierta holgura.

#### b) Condiciones de trabajo del profesorado.

##### 1. Ciencias experimentales.

La Física, Química, Biología y Geología son consideradas como ciencias experimentales. Sin embargo, a pesar de

que el BOE recoge la posibilidad de que pueda haber doblamientos semanales de una hora para prácticas de laboratorio por cada grupo de alumnos que supere los 25, en la mayoría de los casos esto no ocurre, ya que dichas horas sólo se conceden si hay profesorado de plantilla para poder realizarlas. En este sentido, conviene señalar que tanto la Dirección de los IES como la Inspección correspondiente ponen múltiples trabas para dotar el profesorado necesario para ello. Esta realidad, aparece reflejada en las reiteradas reducciones de plazas de Física y Química que se vienen sucediendo desde hace varios años.

## 2. Alumnos con necesidades educativas especiales.

Otra generalización que afecta a esta etapa es la integración de los alumnos con necesidades educativas especiales. Es indudable que tienen derecho a la educación, pero no es menos cierto que los demás también lo tienen y con los medios actualmente disponibles, el profesorado no está preparado para atender sus necesidades educativas. En muchos centros, el Departamento de Orientación no considera que el área de Ciencias Naturales sea instrumental y por tanto, el profesor no recibe ningún tipo de apoyo, algo que paradójicamente si ocurre en otras áreas como Lengua y Matemáticas. Como consecuencia de ello, el profesor debe atender de forma individualizada a dichos alumnos y ralentiza el ritmo de los demás. Por tanto, parece absolutamente necesario, que los IES sean dotados con especialistas para esta misión y solo así, el progreso de dichos alumnos estaría garantizado.

Junto a ellos, en 3º de ESO y por tratarse de una enseñanza obligatoria, nos encontramos con alumnos que están escolarizados contra su voluntad, aguantando hasta los 16 años para poder tener alguna opción de trabajo y su presencia dificulta notablemente el ritmo normal de la clase. Sería conveniente crear una opción que les permitiese recibir una enseñanza profesional, a la vez que reciben el curso de cultura general.

Dentro de este apartado, sería conveniente considerar a los alumnos inmigrantes, a los que no se les presta la atención debida. Si se les quiere educar y lograr su rápida incorporación al sistema educativo, hay que tener en cuenta su cultura, su idioma y antes de ubicarles en un aula, se les deben proporcionar unos conocimientos mínimos del idioma y la cultura de nuestro país.

## Bachillerato

### a) Contenidos científicos obligatorios.

En el Bachillerato, el alumno debe afrontar un sistema de enseñanza voluntario para el que la mayoría no está preparado. En los cursos anteriores han estado «entretenidos», con escasas exigencias y de golpe se dan cuenta que «el tema va en serio». Muchos de ellos entran en un estado de agobio personal, al comprobar que ni tienen hábito de trabajo diario, ni método para el estudio.

El Bachillerato está estructurado en materias comunes: Historia, Lengua castellana, Lengua extranjera con un to-

tal de 9 horas, ampliadas recientemente con la incorporación de la asignatura de Filosofía, lo que supone, globalmente, 12 ó 13 horas. Todas estas asignaturas, propias de Humanidades, deben ser cursadas obligatoriamente por los alumnos de Ciencias.

El currículo de Ciencias obligatorio para los alumnos de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud consta de dos materias concretas para cada una y otra, de las dos vinculadas con dicha vía, lo que supone un total de 12 horas. En el curso 1º, los alumnos disponen de 4 horas semanales de Física y Química, a todas luces muy escasas. En el curso 2º de Bachillerato se tratan por separado, por fin, la Física y la Química. No obstante, en las dos opciones de Bachillerato de Ciencias ambas asignatura solo tienen carácter optativo, esto es, Física en el de Ciencias de la Salud y Química en el Tecnológico. Además, si los alumnos de 2º de Bachillerato de Ciencias optan por la vía Científico-Tecnológico deben cursar obligatoriamente Física, Matemáticas y una tercera materia propia de la modalidad que tiene que ser necesariamente Dibujo o Biología. En este sentido, nos parece muy poco adecuada la exclusión de la Química, mucho más apropiada a dicha vía que la Biología.

En el Bachillerato, siguen vigentes las graves deficiencias de tipo aritmético-lógico que exhiben los alumnos y la falta de coordinación con el área de Matemáticas obliga a introducir cálculos matemáticos en las clases de Física y Química, con el consiguiente retraso en el desarrollo normal de la materia. El programa de la asignatura es muy extenso y no se puede dedicar todo el tiempo deseable para su impartición, por lo que muchos alumnos llegan al curso 2º sin recibir las nociones más básicas e imprescindibles, sobre todo de Química, para afrontar el último curso que es donde realmente aprenden lo que luego se les exige en Selectividad. El problema se agrava si los alumnos arrastran una o varias asignaturas pendientes del curso anterior, pero se convierte en difícilmente superable cuando se trata de alumnos que no cursaron Física y Química en el 4º curso de ESO.

Ni que decir tiene, que con estas dificultades se dedica muy poco tiempo a la parte experimental, si es que realmente se lleva a cabo, y al final sólo se trata de algo anecdótico en el mejor de los casos, toda vez que las dificultades para ir al laboratorio son cada día más insuperables. Este aspecto resulta especialmente penoso para el profesor, ya que a estas alturas de su período de formación, los alumnos han adquirido mejores capacidades y destrezas, y por tanto, sería posible conseguir un mayor rendimiento experimental.

El currículo del Bachillerato se puede completar con asignaturas optativas, tales como: Comunicación audiovisual, Música, 2ª Lengua extranjera, Tecnología de la Información o Ciencia, Tecnología y Sociedad; en la práctica con escaso valor científico. Esta diversidad permite que, por un lado, tengamos IES donde los alumnos no pueden cursar en 2º de Bachillerato la Física y la Química, fundamentales para una formación científica debido a la proliferación de optativas y por otro, que los alumnos con carencia básicas en contenidos científicos, como pueden ser los que habiendo seguido la vía de Ciencias de la Salud (Biología y Química) no hayan cursado ni Matemáticas ni Fí-

sica, el día de mañana comiencen los estudios de Ingeniero Aeronáutico (BOE Martes 22 mayo 2001), por poner un ejemplo reciente y concreto.

En este contexto de la optatividad, resulta especialmente llamativo que en algunos IES pequeños no se cumpla el tan cacareado «derecho a la educación». Cuando en uno de esos centros no se llegan a reunir 15 alumnos por materia, no la pueden cursar, con el consiguiente perjuicio si se trata de disciplinas útiles para los estudios de grado superior.

A nuestro juicio, estos problemas se podrían afrontar si desde el curso 1º de Bachillerato, la Física y la Química fuesen materias obligatorias y separadas, con una carga lectiva mínima de 3 horas semanales cada una. No podemos olvidar que bajo el epígrafe «Física y Química» hay un doble curriculum, son dos ramas de la Ciencia diferentes y constituyen dos Licenciaturas distintas. Se trata de asignaturas básicas y fundamentales en más de 70 titulaciones universitarias, incluyendo las que se imparten en Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería. Adicionalmente, de los 74 ciclos formativos de grado superior existentes en la actualidad, en 64 de ellos los alumnos deben cursar estas disciplinas en el Bachillerato.

A modo de conclusión, me gustaría destacar los siguientes aspectos:

1. los contenidos científicos obligatorios de Matemáticas, Física y Química son claramente insuficientes, ya que no se dispone del tiempo (horas/semana) necesario para impartir el programa docente de dichas asignaturas,
2. la asignatura de Física y Química debería estar separada de la de Ciencias de la Naturaleza, es más, la Física y la Química deberían estar separadas y ser impartidas por físicos y químicos, respectivamente. Este hecho resolvería, desde mi punto de vista, muchos de los problemas que tiene planteados la enseñanza de la Física y la Química en el Bachillerato,
3. la excesiva optatividad en 4º de ESO, permite que un alumno pueda elegir asignaturas más cómodas y adquiera un nivel de conocimientos básicos muy heterogéneo, en perjuicio de los principios básicos científicos,
4. para la correcta impartición de una ciencia experimental es absolutamente imprescindible que los alumnos disfruten de clases en el laboratorio, para lo que sería recomendable una mayor dotación de profesorado y/o medios y también una mayor colaboración de todas las instituciones implicadas (dirección de los IES, Inspección, ...),
5. el grado de atención óptimo a los alumnos con necesidades educativas especiales solo se alcanzará con medios humanos y materiales especiales, y
6. es preciso dignificar la figura del Profesor de Instituto y reconocer desde los niveles institucionales más altos su notable aportación social.

En definitiva, Señorías, en nuestra manos está resolver la deficiente preparación académica de estas asignaturas en la enseñanza preuniversitaria. De esta forma, conseguiremos que nuestros bachilleres accedan a los estudios superiores en las mejores condiciones, con unos principios básicos sólidos.

#### 1.4. Las ciencias biológicas en la enseñanza secundaria

*D<sup>a</sup> Margarita Salas Falgueras y D. Pedro García Barrero. Presidenta y Secretario General del Instituto de España y académicos de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.*

Vaya por delante nuestro agradecimiento a la Comisión de Educación del Senado por afrontar una tarea de enorme dificultad y trascendencia: ayudar a la Nación a decidir donde quiere ir en cuestiones de educación en matemáticas, ciencias y tecnología. La «culturización científica» —que se ocupa de ciencia, matemáticas y tecnología— debe ser un objetivo central de la educación.

Una premisa fundamental es que la escuela no debe enseñar más y más contenido. Debe centrarse en lo que es esencial en el conocimiento científico y enseñarlo con la mayor eficacia. De acuerdo con ello, nuestra recomendación para construir un cuerpo común de enseñanza y aprendizaje se limita a las ideas y tareas que tienen mayor relevancia científica y significado educativo, para lograr una culturización científica de los ciudadanos del futuro. Unas recomendaciones enraizadas en la creencia de que un ciudadano con una base científica adecuada es aquel que asume que la ciencia, las matemáticas y la tecnología son ingrediente primordial de la empresa humana, con sus claros oscuros; que comprende los conceptos básicos y los principios de la ciencia; que no extraña el mundo natural en el que está inmerso y reconoce su diversidad y, a la vez, su unidad; y, sobre todo, que utiliza el conocimiento científico y los modos del pensamiento científico para propósitos personales y sociales. Ello, independientemente, del oficio que desempeñe en el futuro.

Como pasos previos hacemos las siguientes consideraciones. Primero y para asegurar la formación científica básica de «todos» los estudiantes de la escuela secundaria, deben cambiarse los currículos a efectos de reducir la cantidad del material y de las especificaciones ahora cubiertas; reducir o eliminar las rígidas fronteras impuestas entre materias; insistir machaconamente en las conexiones y no en las separaciones, primero entre ciencia, matemáticas y tecnología, y, más importante, con los otros dominios del conocimiento. Es importante presentar la empresa científica como un compromiso social que influye y es influenciado por el pensamiento y la acción de la humanidad. En segundo lugar, la enseñanza eficaz de la ciencia, matemáticas y tecnología deberá ser consistente con el espíritu, el carácter inquisitivo y los valores de la ciencia. Ello pretende una aproximación a base de preguntas sobre los fenómenos y no pretender la memorización de respuestas; también, acostumbrar a los alumnos en el uso de hipótesis, la recopilación y utilización de pruebas y el diseño de investigaciones y de procesos. Y no olvidar —tal vez lo más importante— estimular al alumno hacia la curiosidad y la creatividad. En tercer lugar, tales objetivos deben desarrollarse de manera integrada; un desarrollo enfocado sobre las necesidades de aprendizaje de todos los jóvenes, cubriendo todos los grados escolares y todas las áreas docentes, comprometiendo

a todos los integrantes y aspectos del sistema educativo, y reclamando la financiación pública durante décadas. Por último, tan ambicioso plan debe reclamar la colaboración de administradores, profesores universitarios y líderes de la sociedad civil; de los líderes de los empresarios, de los sindicatos y, fundamentalmente, políticos. También, de los profesores de enseñanza secundaria, de los padres y de los propios estudiantes.

No existen razones válidas —intelectuales, sociales o económicas— para renegar de la posibilidad de que todos los jóvenes obtengan una capacitación básica en ciencia, matemáticas y tecnología. Todo lo que se necesita es un compromiso nacional, determinación y un compromiso para trabajar juntos hacia la consecución de un objetivo común, garante del porvenir de las futuras generaciones.

Las recomendaciones que siguen constituyen un cuerpo central, básico, de enseñanza-aprendizaje en el área de la biología para todos los jóvenes, independientemente de sus circunstancias sociales y sus aspiraciones de futuro, y se basan en los criterios de utilidad, responsabilidad social, valor intrínseco del conocimiento, valor filosófico y enriquecimiento personal. Las recomendaciones se estructuran en dos capítulos: biosfera y el organismo humano.

## Biosfera

La gente siempre ha tenido curiosidad por las cosas vivas: cuantas especies hay, cómo son, donde viven, cómo se relacionan y comportan. Todos los organismos vivos, incluidos los humanos, contienen los mismos componentes, exhiben las mismas transformaciones energéticas y se mueven utilizando las mismas fuerzas básicas. Se proponen recomendaciones sobre el conocimiento básico a cerca de cómo funcionan los organismos vivos y cómo interactúan entre ellos y con el medio en el que viven. Ello enfocado en seis temas principales: biodiversidad, el mecanismo de la herencia, la célula, la interdependencia de la vida, el flujo de materia y energía a través de los grandes ciclos biológicos, y la evolución biológica.

**Biodiversidad.** Hay millones de especies diferentes. Los biólogos clasifican los organismos en una jerarquía de grupos y subgrupos sobre la base de semejanzas y diferencias en sus estructuras y comportamientos. Los reinos vegetal y animal. Procariotes y eucariotes. Organismos uni y pluricelulares. Definición de especie. La importancia de la biodiversidad.

**Herencia.** La transmisión de los caracteres hereditarios y las mutaciones. La emergencia de nuevas especies. Los genes. Reproducción asexual y reproducción sexual.

**Células.** Teoría celular. Estructura y función celulares: membrana, citoplasma, organelas citoplasmáticas, núcleo. El ADN: genoma. Enzimas y proteínas estructurales. Comunicaciones intracelular e intercelular. La organización celular en tejidos y en órganos.

**Interdependencia biológica.** Relación presa/predador. Parásitos y comensales. Ecosistemas.

**Flujos de materia y de energía.** Ciclo de la materia orgánica. Ciclos biológicos del carbono y del nitrógeno. Cadena alimentaria. La interrupción del flujo energético: combustibles fósiles.

**Evolución biológica.** El origen de la vida. El registro fósil. Extinciones. La teoría de la evolución.

## El Organismo Humano

Tan similares como somos los humanos a otras especies en muchos aspectos, somos únicos entre las diferentes formas de vida sobre la tierra por nuestra capacidad de hablar y de pensar. Habiendo desarrollado un gran y complejo cerebro, nuestra especie tiene la capacidad de pensar, imaginar, crear y aprender de la experiencia, de tal manera que excede, con mucho, al resto de las especies. Utilizamos tal capacidad para crear tecnologías, literatura y trabajos artísticos, y para desarrollar teorías que permiten la comprensión científica de nosotros mismos y del universo. Y somos también únicos en nuestra profunda curiosidad sobre nosotros mismos. Seis aspectos humanos recogen las recomendaciones: la identidad humana, el ciclo vital, las funciones orgánicas básicas, consciencia, habla y aprendizaje, y bienestar personal (salud física y mental).

**Identidad humana.** La especie humana como identidad biológica, social, cultural y tecnológica.

**El ciclo vital.** Fertilización, embriogénesis y nacimiento; incidencia ambiental. Infancia, juventud y adolescencia. Madurez y paternidad. Envejecimiento.

**Funciones básicas.** Necesidades energéticas: alimentación y respiración. Eliminación de residuos: riñón. El sistema cardio-circulatorio. Defensa: piel y sistema inmunológico. El sistema endocrino. El sistema nervioso. Reproducción.

## El cerebro. Consciencia, habla, aprendizaje

**Salud física.** Dieta: hábitos alimentarios. Ejercicio físico. Prevención de enfermedades: higiene, vacunas, tabaco y xenobióticos. El control del medio. Infecciones: bacterias y virus. Vías de contagio. Sida. Los sistemas de salud.

**Salud mental.** Estrés. Comportamiento. Hábitos. Drogas. Enfermedades psiquiátricas. Demencias en el anciano.

Vivimos en una era de logros científicos y técnicos sin precedentes. Nuestras vidas se han transformado por los ordenadores, por los logros médicos, por las sondas espaciales y por un sin fin de otros cambios. Aun así, a pesar de su importancia, los numerosos desarrollos de la ciencia y de la tecnología permanecen ignorados por millones de personas. Los ciudadanos apenas han oído nombrar los semiconductores, la ingeniería génica u otros muchos acontecimientos que están cambiando sus vidas. Ante esta situación, el editorialista científico Ben Patrusky señala *que la indiferencia para comprender el desarrollo científico es más preocupante que la ignorancia.*

La indiferencia supone un verdadero reto para la sociedad democrática que tiene que hacer frente y tomar decisiones ante temas como el SIDA, las drogas, la defensa nacional, la tecnología médica o las comunicaciones, que involucran al sistema de ciencia y tecnología. ¿De que manera pueden los ciudadanos tomar partido y los políticos actuar razonadamente en temas que desconocen? La economía requiere la excelencia científica y tecnológica de la

industria y de la investigación, en temas punteros como la óptica, la biotecnología o la microelectrónica. La competitividad internacional en ciencia y tecnología es, cada vez, más fuerte; la capacidad de empleo y prosperidad personales así como el desarrollo comunitario, dependen de ellas. De cara a las próximas décadas, el conocimiento de la ciencia y la tecnología ha dejado de ser una curiosidad para convertirse en una necesidad.

*En estos días de problemas y soluciones tan complejas* —escribe Thomas Kean, periodista y ex gobernador de New Jersey— *es esencial que todos comprendamos las leyes de la naturaleza a través de la información científica para poder abordar las leyes de los hombres.* Como apuntó Frank Press, expresidente de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU., *... con la esperanza de que los mundos científico y profano se aproximen un poco más.* El resumen de la situación actual, referida a los avances de la medicina, la plasma con claridad el Prof. David Weatherall: *El papel, cada vez más importante, de la ciencia en la provisión de los cuidados médicos junto con la dificultad y lo complicado de los factores sociales y éticos asociados, que orientarán la capacidad para determinar el futuro, exigen de todos nosotros una mayor preparación científica. Los políticos deben comprender los rudimentos de la evidencia científica y la sociedad, en su conjunto, debe estar suficientemente informada para poder participar en el debate de las complejas repercusiones que, continuamente, derivan del avance de la investigación biomédica. Esta sensibilidad hacia el conocimiento debe comenzar en la escuela, donde la formación científica debe ocupar un lugar relevante.*

Los problemas más serios a los que la humanidad hace frente son de carácter global: explosión demográfica, lluvia ácida, deforestación y esquilmación de recursos, contaminación ambiental, cáncer, enfermedades infecciosas y desnutrición, inequidad de la riqueza y el riesgo de conflictos bélicos en relación con el emergente choque de civilizaciones; la lista es larga y alarmante. El futuro depende en gran medida en la sabiduría con que los humanos utilicen la ciencia y la tecnología, y ello depende, a su vez, de las características, de la distribución y de la efectividad de la educación que la gente recibe.

La mayoría de la población no tiene capacitación científica o son analfabetos funcionales desde el punto de vista científico, tecnológico y matemático. La reversión de la situación requiere un sistema escolar suficientemente dotado, maestros cualificados, administradores eficaces y un currículo apropiado. Insistimos en que las escuelas no tienen que enseñar más tiempo ni más contenido, sino enfocar los esfuerzos a las cuestiones fundamentales y a mejorar la enseñanza. Una verdadera reforma educativa en ciencia, tecnología y matemáticas, que sacuda los cimientos de la hoy vigente, exige un esfuerzo colaborador en el que participen las comunidades educativa y científica, la tecnológica y la industrial; pero ello sólo será posible con el compromiso público. No existen razones válidas intelectuales, sociales o económicas, por las que no puedan transformarse el sistema educativo en aras a conseguir la capacitación científica de todos los estudiantes. Lo que se exige es el compromiso, la

determinación y la voluntad de trabajar juntos hacia objetivos comunes.

El futuro va a ser bien distinto del pasado y aún del presente. Nada escapa a esta marea que a todo afecta. Hay que establecer metas comunes desde la convicción de nuestra responsabilidad solidaria respecto de las futuras generaciones. El fundamento del nuevo orden debe ser el convencimiento de que las iniciativas e instituciones humanas tan sólo tienen razón de ser si sirven a los hombres todos. Esencial en tal empeño es que los valores nazcan como parte de la renovación interior de cada ser humano y nunca impuestos por otros. A la vista de todo ello, la educación de jóvenes y de mayores en un proceso continuo a lo largo de la vida, así como el constante acceso a mayor conocimiento, son ingredientes fundamentales para potenciar un mayor sentido de responsabilidad y una mayor capacidad de respuesta por parte de los ciudadanos de todos los países más o menos desarrollados. El hombre moderno es consciente de que necesita criterios para poder ejercitar coherentemente los valores que proclama.

La tarea es inmensamente difícil, tanto más porque si bien la educación ha coadyuvado de manera indiscutible a las grandes transformaciones sociales, al desarrollo económico o al progreso científico y tecnológico, la educación en sí misma, en cambio, nunca ha logrado romper dramáticamente con sus propios enfoques y prácticas del pasado. En ese continuo, la educación juvenil ha ido dejando de ser la cenicenta para configurarse en la mayor esperanza del sistema educativo; el bachillerato, que sigue siendo la mayor oportunidad para una formación cultural integral en humanidades, ciencia y tecnología, es uno de los aspectos peor tratados. La transformación tiene que producirse, esta vez, de abajo hacia arriba, desde una reconversión de cada uno de los centros educativos; su excelencia es un condicionamiento básico en estos planteamientos.

*Una generación educada en libertad tendrá esperanzas más amplias y audaces de las que nosotros tuvimos. No somos nosotros* —afirmaba B. Russell a pocas líneas de concluir su «Ensayos sobre educación»— *sino los hombres y mujeres libres que formemos, quienes pueden contemplar un mundo nuevo. Mil temores obstruyen el camino hacia la libertad.* Y el temor a la ciencia, matemáticas y tecnología es uno de los más sólidamente instaurados.

### **1.5. Enseñanza de la Biología. Diversas ayudas institucionales.**

*D. Emiliano Aguirre Enríquez. Académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.*

Mi presencia e intervención en este ciclo no estaba prevista inicialmente. He sido invitado ante la necesidad de sustituir al Excmo. Sr. D. Ángel Martín Municio, Director de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, que falleció en noviembre del pasado año. Debía hablar Don Ángel en esta sesión sobre el tema «Bio-

logía» y en la perspectiva de las Academias. Estoy muy por debajo de su calidad y experiencia, pero hago lo posible por honrarle con mi intervención, y por ayudar a esta Comisión y a la Cámara del Senado. Expondré un resumen de la problemática en Enseñanza de la Biología y algunos ejemplos de lo que en España se hace y se puede hacer para ayudarla en Academias, Museos, Parques y por asociaciones de ciudadanos.

El campo de la Biología es muy vasto y complejo, como lo es la Vida misma. Los seres vivos son compuestos naturales de moléculas de hidrocarburos, lípidos y proteínas con extraordinaria y compleja diversidad constitutiva y funcional de estos últimos, capaces de nutrirse, de reproducirse y de cambiarse generando sistemas orgánicos cada vez más complicados, activos y diversos.

Son seres vivos los virus; las simples células de algas, bacterias, protozoos, foraminíferos del plancton, los hongos; las plantas y los animales; el ser humano. Son mutables, adaptables a los cambios del ambiente, por eso diversos. Son interactivos e interdependientes, y por eso constituyen diversos sistemas ecológicos en la Biosfera. Y tienen una muy larga historia evolutiva de la que quedan vestigios fósiles —partes orgánicas y huellas de acción— en las rocas de otras edades.

De ahí que la Biología no es una, sino un racimo de ciencias, pues incluye: la Bioquímica, la Genética y Virología; la Biología Celular y la Microbiología, la Micología, Botánica, Zoología, con la Fisiología Vegetal y Animal; la Antropología Biológica, la Ecología, la Paleontología con todas sus ramas y la Biología Evolutiva, además de la Biomatemática, sin entrar en campos tecnológicos de la Biología que se estudian en ramas de ingeniería.

Consecuencia también de esta naturaleza compleja y diversa de la vida, y de que su evolución ha llegado a constituir nuestro organismo, nuestras capacidades, y hasta nuestras responsabilidades, son ciertas exigencias ineludibles en la enseñanza de la Biología.

Primero: el aprendizaje de unos conceptos básicos, conocimiento de funciones y modos de responder y de operar con el propio organismo y con el entorno natural, es tan básico y necesario en la educación desde la infancia como el aprendizaje de la aritmética, la gramática, arte y manualidades elementales.

Segundo: el conocimiento de la vida y su dinámica en el entorno exige no sólo abstracción y manejo de categorías y relaciones conceptuales como las matemáticas y las lenguas, sino percepciones sensoriales por las que se nos manifiestan directamente los seres vivos. Hay que conocer las plantas y los animales por sus partes diferenciales, tenerlos ante los ojos y entre los dedos, y verlos en sus ambientes naturales además de bajo el microscopio. La enseñanza de la Biología básica ha de ser desde el comienzo práctica, y con salidas al campo.

Tercero: la enseñanza de la Biología, en primero y segundo grado, debe ser ejercida por graduados en Biología y con experiencia. He sabido de colegios e institutos en que el profesor de Biología, o de Ciencias Naturales, no tenía este currículum, y el resultado eran deficiencias graves en las promociones de alumnos.

Pasemos a considerar las acciones que en España pueden desarrollar y desarrollan las Academias, Museos, Sociedades, para asistir al profesorado de enseñanzas básicas, media y superior en el campo educativo de la Biología, con ejemplos concretos, que también inspirarán esfuerzos de mejora y progreso. Lo haré en resumen, sin dejar de recordar a D. Ángel Martín Municio. Comienzo por mencionar los programas de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid.

El Programa de Promoción de la Cultura Científica se dirige a universidades jóvenes, ateneos, centros culturales, y asociaciones de profesores, con ofertas de conferencias sobre temas de actualidad científica que cada año varían y se publican en un libro. Así desde 1998. Entre los campos de diversas ciencias, se encuentran atendidos temas de Biología avanzada:

— En 1998-99, de Biomedicina, Medio ambiente y Cambio Global, de Evolución humana y en concreto Atapuerca;

— En 1999-2000, de Microbiología, nuevos fósiles humanos, Biotecnología y biomateriales;

— En 2000-2001, de Bioquímica y Proteómica, sobre el colágeno, de genes y Epigenética, de Paleoecología humana;

— En 2001-2002, de Biología molecular y virus, de Genómica, de Bioinformática celular, de Celulómica terapéutica, del origen de la mente humana;

— En 2002-2003, del dolor, de la base celular del Alzheimer, del Cambio climático en la Historia de la Tierra y de la Vida, del envejecimiento y longevidad sana.

Del Vocabulario de Ciencia y Tecnología de esta Academia se ha editado una versión abreviada y puesta al día, con intención expresa de que sirva al profesorado de centros de enseñanza. En Jornadas, Cursos y «créditos» para universitarios se ha atendido en los últimos años a varias ramas de la Ciencia.

Se están preparando Jornadas sobre ecología y recursos biológicos de mares y océanos en junio próximo, y sobre Biodiversidad en otoño.

Los museos de Historia Natural, o de Ciencias Naturales, no sólo no están sujetos a programas y horarios académicos como las universidades ni a las divisiones departamentales de éstas, sino que despliegan los objetos de enseñanza de modo ligado e integrados, con medios visuales y audiovisuales, sin sujeción de tiempos fijos para cada sujeto, abiertos a toda clase de públicos y edades, escolares y mayores, familias y grupos, de la ciudad y del campo. Permítanme expresar por ello el profundo dolor y asombro que me causa la desatención que viene afectando a los Museos de Ciencias Naturales en España, por parte tanto de los medios como de las autoridades, desde hace decenas de años, y que se continúa en el presente.

El Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid cumple con altura la triple función clásica de estos museos —custodia del patrimonio en las colecciones, progreso en su conocimiento por la investigación y extensión de su disfrute con las exposiciones—. Además organiza cada año

programas de conferencias, en ciclos, cursos, seminarios de actualidad; actividades didácticas dirigidas específicamente a profesores y alumnos según sus edades; salidas al campo; talleres y actividades para niños en tiempos de vacaciones. El espacio de que dispone, las ayudas y la consideración que recibe no están a esa altura.

Museos escolares de Historia Natural o de Paleontología, cien por cien didácticos, hay en colegios de Hermanos de La Salle y de HH. Maristas, en institutos de Enseñanza Superior, como el del Cardenal López de Mendoza en Burgos, por citar un ejemplo.

Hoy ya hay empresas y fundaciones mixtas conscientes del valor y atractivo de los museos de Historia Natural que los están montando, como la Dinópolis de Teruel, los acuarios de Coruña y Valencia. Merecen atención y deben multiplicarse museos de Ciencias Naturales provinciales y locales, como el de Vitoria que merece una alta calificación, el de Arnedo, el de Paleontología de Sabadell y el nuevo de Estepona. En Vitoria se organizó un importante Congreso, cuyos trabajos acaban de publicarse en el «I Simposio sobre el Patrimonio Natural en las colecciones públicas de España».

Fuera de salas y edificios, ofrecen contactos ilustrativos con la naturaleza vegetal y merecen fomentarse los Jardines Botánicos, entre los que cabe mencionar el de Córdoba, y más aún los Parques Naturales. Estos deben tener los itinerarios bien trazados y bien guiados, cuidada información y mantenimiento. Me atrevo a desear, como propuse hace ya más de 30 años, la creación planificada de centros de formación profesional para Parques Naturales. Varios centros del CSIC, entre ellos el Museo Nacional de Ciencias Naturales y el Jardín Botánico de Madrid, han desarrollado en el último cuarto de siglo más de 25 expediciones a la Isla de Coiba, en el Océano Pacífico, y han divulgado sus estudios de fauna y flora.

Los aspectos ecológicos, de conservación de los ambientes naturales y de la biodiversidad merecen la máxima atención e inversión de los gobiernos, de la legislación, las administraciones públicas y fundaciones o empresas privadas, que será bueno fomentar, así como cuidar la calidad de estos centros. Si son bien proyectados y eficaces, es obvio que crean puestos de trabajo con un notable rendimiento en bienestar, atractivo turístico y ocio de calidad. Valgan como ejemplo los itinerarios de la Sierra Norte de Madrid, de Jaén, Asturias, Castilla-La Mancha; las rutas por los extraordinarios campos con huellas de Dinosaurios y sus museos de introducción en La Rioja, que se extienden a Burgos y Soria. Crece el número de ayuntamientos que cuidan de la conservación, el estudio, la atracción y el disfrute instruido de sus visitantes, en diversas comarcas españolas.

No puedo concluir sin hacer mención de contribuciones valiosísimas de grupos espontáneos que se han constituido en Sociedades o Asociaciones con estos fines. No cabe exagerar su ejemplaridad. Cuando han surgido por iniciativa de amigos o agrupaciones locales, como la ACAHIA de Ibeas de Juarros o la Asociación Cultural Bajo Jalón, no ha costado nada al estado ni a la administración su nacimiento, pero sí merecen subvención y ayudas en sus eficaces infraestructuras logísticas y algunas actividades de notable rendimiento, y desde luego la atención de ambas Cámaras.

La ACAHIA, Asociación Cultural de Amigos del Hombre de Ibeas y Atapuerca, se constituyó por jóvenes vecinos de Juarros con la inspiración de un industrial de la localidad en 1992. Consiguieron de la alcaldía un local, y se las ingeniaron para montar un pequeño museo. Gestionan, informan, guían las visitas a los yacimientos paleontológicos y ecológicos de la Sierra de Atapuerca, que son miles al año, también con preparación didáctica adecuada y tipo «taller» para niños. Tienen disponibles libros y revistas científicos y de divulgación. En Atapuerca queda mucho por excavar: para más del siglo, y para nuevas generaciones de científicos. Desgraciadamente están parados los proyectos de un Museo de la Evolución humana en Burgos, y de un «Centro de Interpretación» adecuado para introducir y guiar las visitas más una Biblioteca en el Aula Arqueológica que promueven vecinos y el Ayuntamiento en Ibeas de Juarros. Temo que falta información y apertura en la decisión política. También para poner en marcha el proyecto de Parque Cultural y Natural, con entrada por Ibeas y por Atapuerca, itinerarios eficaces, bien cuidados y guiados.

Las Jornadas Paleontológicas de Aragón comenzaron por iniciativa de varios vecinos de Ricla, de diversas profesiones y oficios, en 1989. Se celebran cada dos años: las de éste en noviembre, serán las octavas. Las promueve la Asociación Cultural Bajo Jalón, con la dirección científica de la Universidad de Zaragoza. En todas ha colaborado la Universidad Complutense de Madrid, y reciben ayuda de una Fundación y del Gobierno de la Comunidad de Aragón. En las Jornadas de Ricla se reúnen: conferencias sobre temas especiales cada año, por especialistas de diversas universidades españolas y extranjeras; una exposición temporal temática en que concurren centros oficiales como el Museo Paleontológico de Zaragoza, aficionados y coleccionistas particulares que colaboran ejemplarmente con los científicos, y son visitadas por colectivos de toda edad que vienen desde muy lejos; también se organizan «talleres» para niños y excursiones a yacimientos. Las Jornadas de Ricla son modélicas.

Varios Ateneos locales han acogido bien el Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica de la Real Academia de Ciencias. No veo tanto interés en otros. En el Ateneo Científico, Literario y Artístico de Madrid, tuve ocasión de organizar ciclos de conferencias y cursillos sobre Evolución biológica en general, sobre el paleontólogo Pedro Teilhard de Chardin, sobre Antropología y la Evolución humana entre 1963 y 1965. No veo ahora tal interés en éste, sí en otros centros análogos.

En Resumen, la Vida ofrece un campo de conocimientos esencial al desarrollo de la persona desde la primera edad, y muy diverso.

Los objetos de la Biología se observan por los sentidos «a simple vista», por técnicas microscópicas, ultramicroscópicas y análisis químico, también por fósiles e integrados en los ecosistemas.

Es muy importante: 1º ordenar progresivamente los conocimientos de Biología en los planes de estudio



desde la enseñanza más elemental y básica. 2º que se escojan personas idóneas y capacitadas para impartir estas enseñanzas. 3º que desde el comienzo se practiquen contactos reales de los alumnos con la naturaleza y los seres vivos.

La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, así como otras Academias, desarrollan programas de actualización de conocimientos científicos, en los que entran temas de Biología, ofrecidos al profesorado.

El Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid desarrolla programas específicamente dirigidos a profesores, y a alumnos de diversos grados en estas materias.

Los Jardines Botánicos, los Zoológicos y los Parques Naturales merecen también atención y ayuda para dichos conocimientos prácticos sobre la Vida. Será importante erigir escuelas de formación de técnicos y operarios de Parques Naturales.

Merecen asimismo acogida y apoyo institucional las Asociaciones espontáneas de ciudadanos orientadas a la preservación del Patrimonio Biológico de España y a su disfrute en visitas de un turismo culto y ocio de calidad.

En fin, me gustará haber contribuido, con este resumen de necesidades, ayudas, realizaciones y carencias de la enseñanza de la Biología, al acierto del Senado en el fomento de la enseñanza eficaz en España sobre la Vida, su evolución, y el patrimonio biológico, su conservación y su disfrute.

### **1.6. Propuesta para los currícula científicos en la ESO y el Bachillerato.**

*D. Javier Barrio Pérez, Inspector de Educación y Catedrático de Instituto de Física y Química.*

— En cuanto a la distribución de las enseñanzas de Ciencias de la Naturaleza en el primer ciclo de la ESO, se podría hacer una modificación sin cambiar los contenidos del currículo, pero sí su distribución, de forma que los contenidos de Ciencias Naturales pasasen a 1º de la ESO y los de Física y Química a 2º de la ESO.

— En 3º y 4º de la ESO no se propone modificación teniendo en cuenta los borradores que propone el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de los decretos que desarrollan la Ley de la Calidad de la Educación.

— En cuanto al Bachillerato y para dar cabida a la propuesta de separación de la Física y de la Química en 2º, se adjunta una posible distribución organizativa que afecta a todas las modalidades de Bachillerato y que encaja perfectamente con la Ley de la Calidad de la Educación.

— Se adjuntan posibles borradores de currículos de las materias de Física y Química en el Bachillerato, que parten de los currículos actuales y que tienen pequeñas modificaciones con los mismos, cuya naturaleza de ser viene dada por el desdoble de la materia de Física y Química en 1º de Bachillerato.

## DECRETO BACHILLERATO DE LA LEY DE CALIDAD

Una distribución posible de acuerdo con el planteamiento de la Ley de Calidad y teniendo en cuenta el informe de la ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la Educación Secundaria del Senado, Boletín del 5 de junio de 2002, podría ser el siguiente:

Bachillerato: 30 h		
Asignatura	Primero	Segundo
Lengua	3 h	3 h
Filosofía	3 h	3 h
Historia	-	3 h
Lengua Extranjera	3 h	4 h
Educación Física	2 h	-
Sociedad-Cultura y Religión	2 h	-
Tutoría	1 h	1 h
Optativa	3 h	4 h
Materias de Modalidad	13 h	12 h

La oferta de materias optativas (a cursar una) puede mantener la misma estructura actual con una oferta de segunda lengua extranjera a lo largo de todo el ciclo y otras materias de oferta obligatoria como Comunicación Audiovisual, etc. En el caso de elegir la segunda lengua extranjera, su distribución horaria es la misma que la de la primera lengua a lo largo de todo el Bachillerato y también tiene la misma carga lectiva que las materias de modalidad, para permitir que los alumnos puedan escoger como optativa otra materia de modalidad de otro Bachillerato.

Modalidad Ciencias y Tecnología (cuatro materias en Primero y tres en Segundo)			
Primero: 13 h		Segundo: 12 h	
Opción: Biosanitaria	Opción: Científico-Tecnológico	Opción: Biosanitaria	Opción: Científica
Matemáticas I: 4 h	Matemáticas I: 4 h	Química II: 4 h	Matemáticas II: 4 h
Física I: 3 h	Física I: 3 h	Biología: 4 h	Física II: 4 h
Química I: 3 h	Química I o Tecnología Industrial I: 3 h	Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente: 4 h	Dibujo Técnico II o Química II: 4 h
Biología-Geología: 3 h	Dibujo Técnico I: 3 h		
			Tecnología Industrial II: 4 h
			Electrotécnica: 4 h
			Mecánica: 4 h

Modalidad Humanidades y Ciencias Sociales (cuatro materias en Primero y tres en Segundo)			
Primero: 13 h		Segundo: 12 h	
Opción: Humanidades	Opción: Ciencias Sociales	Opción: Humanidades	Opción: Ciencias Sociales
Literatura Universal: 4 h	Matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales I: 4 h		
Historia: 3 h	Historia: 3 h	Arte: 4 h	Matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales II: 4 h
Latín I: 3 h	Economía o Latín I: 3 h	Latín II: 4 h	Economía y Organización de Empresas o Latín II: 4 h
Griego I o Segunda Lengua Extranjera: 3 h	Psicología: 3 h	Griego II o Segunda Lengua Extranjera: 4 h	Geografía: 4 h

Modalidad de Artes cuatro materias en Primero y tres en Segundo		Segundo: 12 h
Primero: 13 h	Opción: Artes Plásticas	Opción: Artes Aplicadas
Dibujo Artístico I: 4 h	Dibujo Artístico II: 4 h	Dibujo Artístico II: 4 h
Volumen: 3 h	Arte: 4 h	Arte: 4 h
Dibujo Técnico I: 3 h	Técnicas de Expresión Gráficas o Dibujo Técnico II: 4 h	Fundamentos de Diseño o Imagen: 4 h
Diseño Gráfico asistido por ordenador o Matemáticas de la forma: 3 h		

Posible distribución de los contenidos de la Química 1º de Bachillerato independiente de la Física:

#### El átomo

1. Antecedentes históricos.
2. Teoría corpuscular de Dalton.
3. Partículas subatómicas.
4. Modelo atómico de Thomson.
5. La radiactividad.
6. Modelo atómico de Rutherford.
7. Radiación electromagnética.
8. Espectros atómicos.
9. Explicación de los espectros atómicos: modelo de Bohr.
10. Número atómico y número másico de un átomo.

#### Sistema periódico

1. Origen de los elementos químicos.
2. Primeras clasificaciones de los elementos químicos.
3. Clasificación periódica de Mendeleiev.
4. Clasificación actual de los elementos químicos.
5. Organización de los electrones en el átomo.
6. Tabla periódica actual.
7. Propiedades periódicas más importantes.

#### El enlace químico

1. Antecedentes históricos.
2. El enlace químico.
3. Enlace iónico.
4. Enlace covalente.
5. Parámetros que caracterizan a los compuestos covalentes.
6. Carácter iónico del enlace covalente.
7. Geometría de los compuestos covalentes.
8. Fuerzas intermoleculares.
9. Propiedades de los compuestos covalentes.
10. Significado de la fórmula química en los compuestos covalentes e iónicos.
11. Enlace metálico.

#### Leyes fundamentales de la Química

1. La alquimia.
2. Leyes fundamentales de la Química.
3. Diferencia entre cambio físico y químico.
4. El lenguaje químico actual.
5. Cantidad de sustancia y su unidad el mol.
6. Ley de conservación de la masa.
7. Ley de las proporciones definidas.
8. Ley de las proporciones múltiples.
9. Ley de las proporciones recíprocas.
10. Estequiometría de una reacción química.
11. Ajuste de reacciones químicas.
12. Reactivo limitante.
13. Riqueza y rendimiento en una reacción química.

## Gases

1. Antecedentes históricos sobre el estudio de los gases.
2. Leyes de los gases.
3. Gas ideal.
4. Teoría cinética de los gases.
5. Ley de los volúmenes de combinación de los gases.
6. Hipótesis de Avogadro.
7. Ecuación general de un gas ideal.
8. Mezcla de gases.

## Disoluciones

1. Sistemas materiales.
2. Disoluciones.
3. Clasificación de las disoluciones.
4. Concentración de una disolución.
5. Preparación de una disolución.
6. Fenómeno de disolución.
7. Solubilidad.
8. Propiedades de las disoluciones.
9. Propiedades coligativas de las disoluciones.
10. Conductimetría.
11. Propiedades de las disoluciones de compuestos iónicos.

## La reacción química

1. La magia de las reacciones químicas.
2. Tipos de reacciones químicas.
3. La energía en las reacciones químicas.
4. Teoría de las colisiones de las reacciones químicas.
5. Velocidad de reacción.
6. ¿Cómo se mide la velocidad de una reacción?
7. Factores que influyen en la velocidad de reacción.
8. Reacciones reversibles e irreversibles.

## Reacciones químicas y nuestro entorno

1. Clasificación de las reacciones químicas.
2. Ácidos y bases.
3. Reacciones entre ácidos y bases.
4. Reacciones de oxidación-reducción.
5. Reactividad de los metales.
6. Pila eléctrica.
7. Electrólisis.
8. Metalurgia.
9. El ácido sulfúrico.
10. Corrosión de los metales.
11. Reacciones fotoquímicas.
12. El medio ambiente y las reacciones químicas.

## Química orgánica

1. Primeros pasos de la química orgánica.
2. El átomo de carbono.
3. Enlaces carbono-carbono.
4. Propiedades generales de los compuestos orgánicos.

5. Clasificación de los compuestos orgánicos.
6. Isomería.
7. El petróleo y el gas natural.
8. Destilación fraccionada del petróleo.
9. Refino de petróleo.
10. Productos finales de una refinería.

## Compuestos químicos orgánicos más importantes

1. Los compuestos químicos.
2. Hidrocarburos.
3. Alcoholes.
4. Ácidos carboxílicos.
5. Ésteres.
6. Reacción de saponificación.
7. Compuestos químicos orgánicos de mayor importancia desde el punto de vista biológico.
8. Polímeros artificiales.

Posible distribución de los contenidos de la Física 1º de Bachillerato independiente de la Química:

## La medida

1. Magnitudes físicas.
2. Sistema Internacional de Unidades conversión.
3. Instrumentos de medida.
4. Cifras significativas y notación científica.
5. Errores en la medida.
6. Representaciones gráficas.

## Cinemática: Elementos del movimiento

1. Magnitudes escalares y vectoriales.
  2. Sistema de referencia.
  3. Operaciones con vectores: suma y resta de vectores.
  4. Descomposición de un vector en componentes.
- Vectores unitarios.
5. Posición y trayectoria.
  6. Vector desplazamiento y distancia recorrida.
  7. Velocidad media y rapidez.
  8. Velocidad instantánea.
  9. Aceleración media.
  10. Componentes intrínsecas de la aceleración.
  11. Clasificación de los movimientos.

## Tipos de movimiento

1. Movimiento rectilíneo uniforme.
2. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.
3. Movimiento vertical.
4. Composición de movimientos.
5. Lanzamiento horizontal.
6. Lanzamiento oblicuo
7. Movimiento circular uniforme y uniformemente acelerado.

## Leyes de la Dinámica

1. Evolución histórica del concepto de fuerza.
2. Cantidad de movimiento.
3. Primera ley de Newton o ley de la inercia.
4. Segunda ley de la dinámica o segunda ley de Newton.
5. Composición de fuerzas.
6. El peso.
7. Fuerzas elásticas: el dinamómetro.
8. Impulso.
9. Conservación de la cantidad de movimiento.
10. Tercera ley de la dinámica o tercera ley de Newton o principio de acción y reacción.
11. Equilibrio de traslación.
12. Interacción gravitatoria: Ley de Newton.

## Fuerza y movimiento

1. La fuerza de rozamiento.
2. Momento de una fuerza.
3. Movimiento de un objeto extenso.
4. Equilibrio de un objeto extenso.
5. Sistemas de referencia no inerciales.
6. Medida de la aceleración de un vehículo.
7. Dinámica del movimiento circular.

## El trabajo

1. La energía.
2. Producto escalar de dos vectores.
3. Trabajo.
4. Energía cinética.
5. Energía potencial gravitatoria.
6. Energía potencial elástica.
7. Ley de la conservación de la energía mecánica.
8. Ley de la conservación de la energía.
9. Choques.
10. Máquinas simples.
11. Potencia.
12. Fluidos.
13. La presión.
14. Ecuación fundamental de la hidrostática.
15. Movimiento estacionario de un fluido.
16. Teorema de Bernoulli.
17. Teorema de Torricelli.

## El calor

1. El calor: antecedentes históricos.
2. Energía interna.
3. La temperatura.
4. El calor y la energía interna.
5. Propagación del calor.
6. Dilatación.
7. Calor específico.
8. Cambios de estado.
9. Calor y trabajo.
10. Primer principio de la termodinámica.
11. Máquinas térmicas.

## 12. Degradación de la energía.

## Electricidad: Corriente eléctrica

1. El fenómeno de la electrización.
2. Carga eléctrica.
3. Interacción electrostática.
4. Campo eléctrico.
5. Energía potencial eléctrica.
6. Potencial eléctrico.
7. Capacidad eléctrica.
8. Condensadores y sus asociaciones.
9. La corriente eléctrica.
10. Circuito eléctrico.
11. Ley de Ohm.
12. Resistencia eléctrica de un conductor.
13. Asociación de resistencias.

## La energía eléctrica

1. La energía en un circuito eléctrico.
2. Ley de Joule.
3. Potencia.
4. Fuerza electromotriz de un generador.
5. Motores eléctricos.
6. Ley de Ohm generalizada.
7. Leyes de Kirchhoff.
8. La instalación eléctrica en una vivienda.
9. Producción y transporte de la corriente eléctrica.

## Nueva Química 2º Bachillerato:

## El átomo

1. Antecedentes históricos.
2. Orígenes de la teoría cuántica.
  - 2.1. Hipótesis de Planck.
3. Efecto fotoeléctrico.
  - 3.1. Explicación del efecto fotoeléctrico.
4. Espectros atómicos.
5. Modelo atómico de Bohr.
  - 5.1. Interpretación de Bohr de los espectros atómicos.
6. Modelo atómico de Sommerfeld.
7. Introducción a la teoría atómica moderna.
  - 7.1. Hipótesis de De Broglie.
  - 7.2. Principio de incertidumbre de Heisenberg.
  - 7.3. La ecuación de ondas de la mecánica ondulatoria.
  - 7.4. Concepto de probabilidad de la teoría cuántica.
8. Orbitales atómicos.
9. Niveles de energía.
10. Spin del electrón.

## Configuraciones electrónicas y propiedades periódicas

1. Átomos polielectrónicos.
2. Configuración electrónica de un átomo.
3. Clasificación periódica de los elementos: introducción histórica.
4. Clasificación de Meyer.
5. Tabla periódica de Mendeleiev.
6. Ley de Moseley.
7. Sistema periódico actual.
8. Propiedades periódicas y configuración electrónica.
  - 8.1. Radio atómico.
  - 8.2. Energía de ionización.
  - 8.3. Afinidad electrónica.
  - 8.4. Electronegatividad y carácter metálico.
  - 8.5. Número de oxidación.

## Naturaleza del enlace químico: enlaces iónico y metálico

1. La unión entre los átomos.
2. Enlace químico.
3. Tipos de enlaces químicos.
4. Clasificación de las sustancias químicas.
5. El enlace iónico.
  - 5.1. Geometría de los compuestos iónicos.
  - 5.2. Índice de coordinación.
  - 5.3. Energía reticular de un sólido: Ciclo de Born-Haber.
  - 5.4. Justificación de las propiedades iónicas.
  - 5.5. Fórmula química de un compuesto iónico.
6. Preparación de una disolución de un compuesto iónico.
  - 6.1. Disolución de compuestos iónicos y conductimetría
7. Propiedades de los sólidos metálico.
8. El enlace metálico.
  - 8.1. Modelo de burbujas.
  - 8.2. Modelo de la nube de electrones.
  - 8.3. Modelo de bandas.

## El enlace covalente

1. El enlace covalente.
  - 1.1. La regla del octeto.
  - 1.2. Enlace covalente coordinado.
  - 1.3. Limitaciones de la teoría de Lewis del enlace covalente.
2. Parámetros moleculares de las sustancias covalentes.
3. El enlace covalente según el modelo de repulsión de pares de electrones.

4. Teoría del enlace de valencia del enlace covalente.
5. Hibridación de orbitales atómicos.

- 5.1. Hibridación  $sp^3$ .
- 5.2. Hibridación  $sp^2$ .
- 5.3. Hibridación  $sp$ .

6. Resonancia.
7. Carácter iónico del enlace covalente.

- 7.1. Distinción entre polaridad de un enlace y de una molécula.

8. Fuerzas intermoleculares.

- 8.1. Enlace por puentes de hidrógeno.
- 8.2. Fuerzas de Van der Waals.

9. Justificación de las propiedades de las sustancias covalentes.

10. El proceso de disolución de una sustancia covalente.

11. Propiedades coligativas de las disoluciones.

- 11.1. Presión de vapor de las disoluciones: Ley de Raoult.

- 11.2. Variación de las temperaturas de ebullición y fusión de una disolución.

- 11.3. Presión osmótica.

12. El color y las sustancias químicas.

## Reacciones químicas

1. Transformación química.
2. Estequiometría de las reacciones químicas.
3. Ajuste de las reacciones químicas.

- 3.1. Método algebraico modificado.

4. Reactivo limitante.

5. Avance de una reacción química.

- 5.1. Reacciones químicas con diversos coeficientes estequiométricos.

- 5.2. Reacción química con proporciones estequiométricas.

- 5.3. Extensión y rendimiento de una reacción química.

6. Estudio de las reacciones de combustión.

7. Humanidad y contaminación.

8. Contaminación de la atmósfera.

- 8.1. El aire natural y el aire contaminado.

9. Contaminantes atmosféricos más importantes.

- 9.1. Monóxido de carbono.

- 9.2. Óxidos de nitrógeno.

9.3. Hidrocarburos y derivados como los halogenuros de alquilo.

9.4. Óxidos de azufre.

9.5. Partículas sólidos de compuestos no volátiles.

10. Principales problemas medioambientales en la atmósfera.

#### Termoquímica

1. Sistemas termodinámicos.

2. Energía interna de un sistema termodinámico.

3. Primer principio de la termodinámica.

4. Transformaciones termodinámicas.

5. Concepto de entalpía.

6. Termoquímica.

6.1. Factores de los que depende el calor de reacción.

7. Entalpías de formación, de reacción, de enlace y de disolución.

8. Ley de Hess.

8.1. Relación entre entalpía de enlace y entalpía de reacción.

9. Entropía.

9.1. Variaciones de entropía de una reacción química.

10. Energía libre de Gibbs.

10.1. Energía libre de Gibbs normal de las sustancias.

10.2. Discusión de la espontaneidad de una reacción química.

11. Valor energético de un combustible.

#### Cinética química

1. Cinética química.

2. Teoría de las colisiones.

3. Energía de activación.

4. Teoría del estado de transición.

5. Velocidad de reacción.

6. Medida de la velocidad de reacción.

7. Estudio de los factores de los que depende la velocidad de reacción.

7.1. Naturaleza de los reactivos.

7.2. Dependencia de la velocidad de reacción con la concentración.

7.3. Influencia de la temperatura.

7.4. Influencia del estado físico o de agregación de los reactivos.

7.5. Catalizadores.

8. Tipos de catálisis.

8.1. Propiedades de los catalizadores.

8.2. Autocatálisis.

9. Orden de una reacción y molecularidad.

9.1. Reacciones de primer orden.

9.2. Reacciones de segundo orden.

10. Mecanismos de reacción.

11. Reacciones en cadena.

#### Equilibrio químico

1. Reacciones reversibles e irreversibles.

2. Equilibrio químico.

3. Ley de acción de masas.

4. Reversibilidad y sistema químico.

5. Ley de acción de masas en sistemas heterogéneos.

6. Estequiometría y constante de equilibrio.

6.1. El cociente de reacción.

7. Otras expresiones de la constante de equilibrio:  $K_p$  y  $K_x$ .

8. Grado de disociación.

9. Equilibrios heterogéneos sólido-líquido.

9.1. Reacciones de precipitación.

10. Factores que modifican el equilibrio químico: Principio de Le Châtelier.

10.1. Variación de la concentración de algún componente del sistema.

10.2. Variación de la presión sobre el sistema.

10.3. Variación de la temperatura del sistema.

10.4. Empleo de un catalizador.

11. Termodinámica y equilibrio.

12. Variación de la constante de equilibrio con la temperatura.

13. Formación de complejos o compuestos de coordinación.

14. Estabilidad de los complejos.

#### Reacciones ácido-base

1. Teoría de Arrhenius de los ácidos y las bases.

2. Teoría de Brønsted-Lowry.

3. Teoría de Lewis.

3.1. Síntesis comparativa de las teorías ácido-base.

4. Equilibrio iónico del agua.

5. Concepto de pH.

6. Fuerza relativa de los ácidos y de las bases y grado de ionización.

6.1. Ácidos y bases fuertes.

6.2. Ácidos y bases débiles.



7. Reacción de hidrólisis.
  8. Valoraciones ácido-base.
    - 8.1. Determinación del punto de equivalencia.
    - 8.2. Valoraciones conductimétricas.
  9. Indicadores ácido-base.
    - 9.1. Determinación del punto de equivalencia mediante un indicador.
  10. Disoluciones reguladoras o amortiguadoras del pH.
- Reacciones de oxidación-reducción
1. Oxidación y reducción.
    - 1.1. Reacciones de oxidación-reducción.
  2. Número de oxidación.
  3. Ecuaciones químicas de las reacciones redox.
  4. Método del ion-electrón del ajuste de ecuaciones de reacciones redox.
    - 4.1. Ajuste de ecuaciones de reacciones redox en medio ácido.
    - 4.2. Ajuste de ecuaciones de reacciones redox en medio básico.
  5. Tipos de reacciones de oxidación-reducción.
    - 5.1. Reacciones redox en vía seca.
    - 5.2. Reacciones redox en vía húmeda.
    - 5.3. Volumetrías de oxidación-reducción.
  6. Generadores electroquímicos.
    - 6.1. Capacidad de un generador electroquímico.
  7. Pila eléctrica.
    - 7.1. Pila Daniell.
    - 7.2. Representación simbólica de una pila.
  8. Potencial normal de electrodo.
  9. Espontaneidad de los procesos redox.
    - 9.1. Predicción del transcurso de las reacciones redox.
    - 9.2. Interpretación de la tabla de potenciales normales de reducción.
  10. Influencia de la concentración en el valor de la f.e.m. de una pila.
    - 10.1. Determinación de constantes de equilibrio.
    - 10.2. Determinación del pH de una disolución.
  11. Acumuladores y pilas de combustión.

12. Corrosión.
13. Electrólisis.
  - 13.1. Leyes de Faraday de la electrólisis.
  - 13.2. Aplicaciones de la electrólisis.

#### Química descriptiva

1. El hidrógeno.
2. Elementos del grupo IA: alcalinos.
3. Elementos del grupo IIA: alcalinotérreos.
4. Elementos del grupo IIIA: térreos.
5. Elementos del grupo IVA: carbonoides.
6. Elementos del grupo VA: nitrogenoides.
7. Elementos del grupo VIA: anfígenos.
8. Elementos del grupo VIIA: halógenos.
9. Elementos del grupo VIIIA: gases nobles.

#### Química orgánica

1. Naturaleza de los compuestos orgánicos.
2. Propiedades generales de los compuestos orgánicos.
3. Isomería.
  - 3.1. Isomería estructural.
  - 3.2. Isomería espacial o estereoisomería.
4. Reactividad de los compuestos orgánicos.
  - 4.1. Efecto inductivo.
  - 4.2. Efecto mesómero.
5. Ruptura de enlaces e intermedios de reacción.
6. Reactivos nucleófilos y electrófilos.
7. Tipos de reacciones orgánicas.
  - 7.1. Reacciones de sustitución.
  - 7.2. Reacciones de adición.
  - 7.3. Reacciones de eliminación.
8. Reacciones de oxidación-reducción en química orgánica.
9. Reacciones de hidrogenación.
10. Reacciones de esterificación, hidrólisis y saponificación.
11. Polímeros.
12. Polímeros naturales.
  - 12.1. Proteínas.
  - 12.2. Polímeros de la glucosa.
  - 12.3. El caucho natural.
13. El caucho sintético.
14. Polímeros artificiales.

#### Nueva Física 2º Bachillerato:

#### Ley de gravitación universal

1. El modelo geocéntrico del Universo.

- 1.1. La cosmología de Aristóteles.
- 1.2. La escuela de Alejandría.
- 1.3. El modelo de Tolomeo.
2. El modelo geocéntrico de Copérnico.
  - 2.1. Las aportaciones de Galileo.
3. Leyes de Kepler.
4. Ley de gravitación universal.
  - 4.1. Expresión vectorial.
  - 4.2. La constante de gravitación.
  - 4.3. El peso.
5. Momento de una fuerza respecto de un punto.
6. Momento angular.
7. Ecuación fundamental de la dinámica de rotación.
8. Ley de conservación del momento angular: fuerzas centrales.
9. La ley de gravitación y las leyes de Kepler.

#### Campo gravitatorio

1. Concepto de campo.
2. Campo gravitatorio.
3. Campo gravitatorio terrestre.
  - 3.1. Líneas de campo gravitatorio.
4. Fuerzas conservativas.
5. Energía potencial gravitatoria.
6. Potencial gravitatorio.
  - 6.1. Superficies equipotenciales.
  - 6.2. Relación entre campo y potencial gravitatorios.
7. Ley de conservación de la energía.
8. Velocidad de escape.
9. Satélites artificiales.
  - 9.1. Energía de enlace satélite.
10. Ley de conservación de la energía: energía en órbita a un satélite.

#### Movimiento vibratorio

1. Movimiento periódico.
2. Movimiento vibratorio armónico simple.
  - 2.1. Descripción del movimiento.
3. Movimiento armónico simple y movimiento circular.
  - 3.1. Magnitudes características.
4. Ecuaciones del movimiento.
  - 4.1. Cálculo de la elongación.

- 4.2. Concordancia y oposición de fase.
- 4.3. Cálculo de la velocidad y de la aceleración.
5. Dinámica del movimiento.
6. Energía del oscilador armónico simple.
7. El péndulo.
8. Amortiguamiento.
9. Resonancia.

#### Movimiento ondulatorio

1. ¿Qué es un movimiento ondulatorio?
  - 1.1. Pulso y tren de ondas.
  2. Clasificación ondas.
  3. Magnitudes que caracterizan a una onda.
  4. Ondas mecánicas transversales.
    - 4.1. Ondas en cuerda.
    - 4.2. Ondas en la superficie del agua.
    - 4.3. Ondas sísmicas.
    - 4.4. Propagación de la perturbación.
  5. Ecuación de las ondas armónicas unidimensionales.
    - 5.1. Consideraciones físicas ecuación ondas.
    - 5.2. Doble periodicidad de la ecuación de ondas.
  6. Energía y potencia asociadas al movimiento.
  7. Intensidad de una onda.
  8. Atenuación de una onda.
  9. Absorción.
  10. Ondas longitudinales: el sonido.
    - 10.1. Representación ondas sonoras.
    - 10.2. Velocidad sonido.
    - 10.3. Clasificación de las ondas sonoras.
  11. Cualidades del sonido.
    - 11.1. Intensidad sonido.
    - 11.2. Tono de un sonido.
    - 11.3. Timbre de un sonido.
  12. Nivel de intensidad sonora y sonoridad.
  13. Contaminación acústica.

#### Fenómenos ondulatorios

1. Principio de Huygens.
2. Reflexión.
  - 2.1. Justificación geométrica.
3. Refracción.
  - 3.1. Justificación geométrica.
4. Difracción.

5. Polarización.	5. Fuerza de Lorentz.
6. Interferencias.	
6.1. Interferencias de dos ondas coherentes.	5.1. Selector de velocidades: determinación de la relación entre la carga y la masa del electrón.
6.2. Interferencias constructiva y destructiva.	5.2. Espectrómetro de masas.
	5.3. Aceleradores de partículas: el ciclotrón.
7. Interferencias de dos ondas longitudinales: medida de la longitud de onda y de la velocidad sonido.	6. Acción de un campo magnético sobre un conductor de corriente rectilíneo.
7.1. Pulsaciones o batidos.	7. Acción de un campo magnético sobre un circuito.
8. Ondas estacionarias.	7.1. Momento magnético de una espira.
8.1. Vientres y nodos de la onda estacionaria.	7.2. Galvanómetro.
8.2. Ondas estacionarias cuerda fija por uno y por dos extremos.	7.3. Motor corriente continua.
8.3. Ondas sonoras estacionarias.	8. Campo magnético cargas movimiento.
9. Efecto Doppler.	8.1. Campo creado por carga móvil.
Campo eléctrico	8.2. Campos eléctrico y magnético creados por una carga puntual.
1. Carga eléctrica.	8.3. Campo magnético creado por un elemento de corriente.
1.1. El fenómeno de la electrización.	8.4. Campo magnético creado por un conductor rectilíneo indefinido: ley de Biot y Savart.
2. Ley Coulomb.	8.5. Campo magnético creado por una espira circular.
3. Campo eléctrico.	9. Interacciones entre corrientes eléctricas rectilíneas paralelas.
3.1. Líneas de campo eléctrico.	9.1. Definición de amperio.
4. Flujo de un campo eléctrico.	10. Ley de Ampère.
4.1. Ley de Gauss.	10.1. Campo magnético creado por un solenoide.
4.2. Aplicaciones de la ley de Gauss.	11. Propiedades magnéticas materia.
5. Energía potencial eléctrica.	12. Diferencias entre campo electrostático y campo magnético.
6. Potencial eléctrico.	Inducción electromagnética
7. Superficies equipotenciales.	1. Inducción electromagnética.
7.1. Relación entre campo y potencial eléctricos.	2. Experiencias de Faraday.
8. Movimiento en el seno de un campo eléctrico.	3. Experiencia de Henry.
8.1. El tubo de rayos catódicos.	4. Flujo campo magnético.
9. Comportamiento de la materia por la acción de un campo eléctrico.	5. Ley Faraday.
10. Analogías y diferencias entre el campo gravitatorio y eléctrico.	6. Sentido de la corriente inducida: ley de Lenz.
Campo magnético	6.1. Interpretación de las experiencias de Faraday.
1. El fenómeno del magnetismo.	6.2. Interpretación de la experiencia de Henry.
2. La experiencia de Oersted.	7. Síntesis electromagnética Maxwell.
3. El campo magnético.	7.1. Generalización Faraday.
3.1. Líneas de campo magnético.	7.2. Generalización Ampère.
4. Campo magnético terrestre.	7.3. Ecuaciones de Maxwell.
	8. Producción de corriente alterna.
	8.1. Alternador y dínamo.

9. Motores de inducción.
10. Transformadores.
11. Impacto ambiental de la producción y transporte de la energía eléctrica.

#### Óptica: La luz

1. Antecedentes históricos.
2. El modelo corpuscular de la luz de Newton.
3. El modelo ondulatorio de la luz de Huygens.
4. La luz como onda electromagnética: síntesis de Maxwell.
5. El espectro electromagnético.
6. Propagación rectilínea de la luz: principio de Fermat.
7. Velocidad de la luz.
  - 7.1. Medida de la velocidad de la luz por métodos astronómicos.
  - 7.2. Medida de la velocidad de la luz por métodos terrestres.
8. Índice de refracción.
9. Reflexión y refracción de la luz.
10. Ángulo límite y reflexión total.
11. Prisma óptico.
12. Dispersión de la luz.
  - 12.1. Espectroscopía.
  - 12.2. Visión del color.
13. Interferencias luminosas.
14. Difracción de la luz.
  - 14.1. Producción de la difracción: difracción de Fraunhofer.
15. Polarización de la luz.
16. Efecto Doppler en la propagación de la luz.
17. Absorción y medida en luminosa. Para saber más: Producción y detección ondas electromagnéticas.

#### Óptica geométrica

1. Óptica geométrica.
  - 1.1. Sistemas ópticos.
2. Conceptos básicos de óptica geométrica.
  - 2.1. Objeto e imagen.
  - 2.2. Sistema óptico perfecto.
  - 2.3. Estigmatismo de un sistema óptico.
3. La esfera como superficie óptica.
  - 3.1. Nomenclatura y criterios de signos en los sistemas ópticos.
  - 3.2. La óptica paraxial.
  - 3.3. Focos y planos focales en una superficie esférica.

4. Dioptrio esférico.
  - 4.1. Focos y distancias focales.
  - 4.2. Aumento de un dioptrio.
  - 4.3. Construcción de imágenes.
5. Dioptrio plano.
6. Espejos.
  - 6.1. Espejo plano.
  - 6.2. Espejos esféricos.
  - 6.3. Construcción de imágenes en espejos esféricos.
  - 6.4. Imágenes formadas por un espejo cóncavo.
  - 6.5. Aplicaciones de los espejos cóncavos.
  - 6.6. Imágenes formadas por un espejo convexo.
7. Lentes.
  - 7.1. Ecuación fundamental lentes delgadas.
  - 7.2. Focos y distancias focales.
  - 7.3. Potencia de una lente.
  - 7.4. Aumento lateral de una lente.
  - 7.5. Construcción de imágenes en una lente.
8. Instrumentos ópticos.
  - 8.1. El ojo humano.
  - 8.2. Cámara fotográfica.
  - 8.3. La lupa.
  - 8.4. El microscopio.
  - 8.5. Anteojos y telescopios.

#### Relatividad

1. Física Clásica y Física Moderna.
2. Primeras nociones: el espacio y el tiempo.
3. Sistemas de referencia: sistemas inerciales.
4. Principio de relatividad de Galileo.
  - 4.1. Velocidad y aceleración relativa.
  - 4.2. Movimiento relativo rectilíneo uniforme.
5. Referenciales absolutos: el éter.
6. Experimento de Michelson-Morley.
  - 6.1. Consecuencias.
7. Teoría de la Relatividad Especial de Einstein.
8. Transformación de Lorentz.
9. Consecuencias de las ecuaciones de transformación de Lorentz.
  - 9.1. Contracción de la longitud.
  - 9.2. Dilatación del tiempo.
10. El espacio cuatridimensional.
11. Masa y energía relativistas: principio de equivalencia entre masa y energía.
12. Teoría General de la Relatividad.

## Física Cuántica

1. Insuficiencia de la Física Clásica.
  - 1.1. Teoría Cuántica moderna.
  - 1.2. Evolución de la teoría Cuántica.
2. Radiación del cuerpo negro.
  - 2.1. Distribución espectral de la radiación.
  - 2.2. Interpretación clásica de la distribución espectral.
3. Teoría de Planck.
4. Efecto fotoeléctrico.
  - 4.1. Explicación del efecto fotoeléctrico.
  - 4.2. El fotón.
5. Espectros atómicos.
  - 5.1. Modelo atómico de Bohr.
  - 5.2. Explicación de los espectros atómicos.
  - 5.3. Dificultades del modelo atómico de Bohr.
6. Dualidad onda-corpúsculo.
7. Principio de incertidumbre de Heisenberg.
8. La ecuación ondas en mecánica cuántica ondulatoria.
9. Concepto de probabilidad de la teoría cuántica.
10. Aplicaciones de la Física Cuántica.

## Física Nuclear

1. Descubrimiento de la radiactividad.
2. Tipos de radiactividad.
  - 2.1. Detección de la radiactividad.
  - 2.2. Propiedades de los rayos catódicos.
3. El núcleo atómico.
  - 3.1. Nucleidos.
4. Leyes de la desintegración radiactiva.
  - 4.1. Leyes de desplazamiento.
  - 4.2. Conceptos estadísticos utilizados en los procesos radiactivos.
5. Energía de enlace nuclear y energía media de enlace por nucleón.
6. Modos de desintegración radiactiva.
  - 6.1. Notación de los procesos nucleares.
7. Reacciones nucleares y radiactividad artificial.
  - 7.1. Notación de una reacción nuclear.

8. Fuerzas nucleares.
9. Partículas elementales.
10. Interacciones fundamentales.
11. Fisión y fusión nuclear.
12. Centrales nucleares.
13. Usos de la energía nuclear.
14. Efectos biológicos de la energía nuclear.

**2. Motivación del profesorado y del alumnado.****2.1. La formación del profesorado.**

*D. Salvador Llinares Ciscar. Catedrático de Didáctica de la Matemática en las Universidades de Sevilla y Alicante y miembro de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM).*

## El profesor de matemáticas en el Sistema Educativo

Llegados a este momento, sus señorías habrán podido escuchar reflexiones y aportes de los diferentes componentes de la Ponencia que contribuyen a realizar un diagnóstico de la situación de la enseñanza de las ciencias y de las matemáticas. Algunos de los aspectos sobre los que han incidido mis compañeros han sido

- la estructura del sistema educativo (horas lectivas, optatividad ofertada, distribución de las materias y la cuestión de la promoción de los alumnos);
- la caracterización del currículum, en el sentido de lo que tienen que estudiar los alumnos y cuando, y
- las características de los alumnos y las dificultades generadas en particular con el segundo Ciclo de la ESO y el Bachillerato.

Para completar la descripción realizada, me gustaría aportar una reflexión en relación a otro de los pilares sobre los que se basa la enseñanza: El profesor y, en particular, lo relativo a su formación y desarrollo profesional. Este es un aspecto importante que fue incluido en la Proposición no de Ley que la Comisión Mixta Congreso de los Diputados-Senado de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico aprobó, por unanimidad el día 9 de febrero de 2000, con motivo de la celebración del Año Mundial de las Matemáticas 2000. Y así, en la exposición de motivos se señalaba: «Es indispensable mejorar la formación del profesorado, tanto en lo que se refiere a los contenidos matemáticos, como al conocimiento de los hallazgos de la investigación en Didáctica de las Matemáticas.»

La ampliación de la Educación obligatoria desde los 14 años a los 16 años ha conllevado que muchos de los profesores de Matemáticas formados básicamente en las Facultades de Matemáticas o Ciencias hayan tenido que ampliar sus competencias profesionales: Enseñar matemáticas a todos los alumnos de 14 a 16 años y no solo aquellos que decidían seguir estudiando (como sucedía en la Bachillerato Unificado Polivalente, BUP). La problemática que ha generado esta situación ya ha sido identificada en esta Ponencia (profesores Manuel de León, Miguel de Guzmán,

Tomas Recio) recogiendo la preocupación que, desde determinados sectores profesionales, se está generando en relación a la formación del profesorado.

Pero hay algo que quiero especialmente destacar. Desde hace algunos años se ha empezado a asumir, en diferentes contextos académicos y científicos, que para enseñar matemáticas no es suficiente saber el contenido matemático. Tanto en el contexto español como internacional se han estado debatiendo y presentando durante las últimas décadas caracterizaciones de este nuevo conocimiento que debe ayudar a capacitar a un profesional de la enseñanza. En nuestro ordenamiento universitario un reflejo de estas aportaciones es la creación de la Didáctica de la Matemática como Área de Conocimiento en el catálogo de Áreas de Conocimiento con la LRU (esta reflexión sirve también para las demás áreas de conocimiento de Didácticas específicas —Ciencias Experimentales, Sociales, Lengua—). Sin embargo, la existencia de este conocimiento específico para enseñar matemáticas —Ciencias, Lengua, ...— ha sido mal recogida en la estructura de los planes de formación de profesorado mostrando que la toma de decisiones de las Administraciones Educativas sigue estando por detrás de las reflexiones y conocimiento generado en los dominios científicos. Dos detalles pueden ayudarnos a comprender esta última afirmación.

a) un Diplomado en el Título de Maestro (generalista) (que puede enseñar matemáticas a niños de 6-12 años) puede obtener el Título con solo un 2% de su formación en Educación Matemática (conocer Matemáticas para enseñar, aproximaciones al proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, ...), y

b) para enseñar matemáticas en Secundaria tenemos la estructura 5+1 (Licenciatura en Matemáticas o alguna Ciencia y un curso de Postgrado, el CAP o el CCP), que no reconoce la existencia de la profesión de ser profesor de Matemática con un saber específico.

Con estas breves referencias iniciales intentaré concretar mis reflexiones considerando tres aspectos: la formación inicial del profesor de Matemáticas, el aprendizaje del profesor a lo largo de la vida profesional (formación permanente / desarrollo profesional), y por último, la necesidad de tener en cuenta el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior hacia el que nos encaminamos en las decisiones que la Administración Educativa pueda tomar.

#### La formación inicial del profesorado de Secundaria

Las ideas que voy a exponer en esta sección proceden del documento «Posición del Área de Conocimiento Didáctica de la Matemática ante la Formación del Profesorado de Matemáticas en Educación Secundaria». Borradores previos de este documento han sido debatidos públicamente durante los últimos meses en sesiones presenciales (Simposios de la SEIEM —Almería 2001— y de Didáctica de la Matemática —Alicante 2002—) y virtualmente a través de diferentes páginas web.

En la formación del profesorado de Educación Secundaria se ha mantenido el principio de que para enseñar ma-

temáticas es suficiente el dominio de la disciplina, lo que ha dado lugar a que el profesor de ESO y Bachillerato tenga una fuerte formación científica y una casi nula formación sobre otros elementos profesionales necesarios para ejercer la profesión de profesor de Matemáticas. En estos momentos solo existen 7 facultades de Matemáticas que tienen incorporadas asignaturas optativas de Didáctica de la Matemática en su plan de estudios, ampliando de esta manera la formación que pueden conseguir en la Licenciatura.

Actualmente, el conocimiento del contenido matemático es, casi el único referente profesional de la mayoría de los profesores de secundaria. Y ello, a pesar de que ya nadie discute que el profesor necesita también disponer de otros conocimientos y que desde el área de Didáctica de la Matemática se han realizado numerosas e interesantes aportaciones acerca de la naturaleza y desarrollo del conocimiento base para la formación del profesor de matemáticas reconocidas en los ámbitos de investigación, tanto nacionales como internacionales. La unicidad curricular para todos los estudiantes de matemáticas independientemente de su futuro profesional no parece acertada ya que los profesores de matemáticas requieren de un conocimiento de las matemáticas específico a la tarea de enseñar.

El modelo aún vigente de formación de profesorado, basado en un curso de postgrado (CAP o CCP) no creemos que sea la solución. Este curso alarga la formación innecesariamente y se sigue basando en un modelo sumativo y no integrado, con las didácticas y el conocimiento profesional desconectados.

El profesorado de Matemáticas de Educación Secundaria debería tener una formación científica específica, con la materias de Didáctica de la Matemática y las prácticas de enseñanza formando parte de la troncalidad e integradas en una licenciatura de segundo ciclo. Esta licenciatura (a la que se podría acceder desde un primer ciclo de Matemáticas u otras ciencias) debería ser especialmente diseñada según un perfil de «profesor de matemáticas de Educación Secundaria». Se adoptaría así una estructura basada en dos ciclos (3+2) que debería sustituir a la estructura 5+1 existente en estos momentos.

#### El aprendizaje del profesor a lo largo de la vida profesional

En líneas generales, el profesorado en activo en estos momentos tiene una vida profesional larga que le ha permitido conocer alguna de las reformas realizadas y, posiblemente, llegará a conocer nuevas reformas. Desde esta perspectiva hay que contemplar la posibilidad de una actualización continua que permita a los profesores ir incorporando a su bagaje de conocimientos profesionales todos aquellos generados en la investigación sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas.

Este posicionamiento implica tener que considerar el papel de la Universidad, y en particular el de la Didáctica de la Matemática como Área de Conocimiento, como un referente en la incorporación del nuevo conocimiento generado por la investigación educativa en las iniciativas dirigidas a la formación permanente. La complementariedad del papel de la Universidad en la articulación de la actuali-

zación del profesorado debe ser contemplada de manera sistemática y no puntual como ocurre en estos momentos.

La formación para y en una vida profesional larga contemplada desde el papel complementario que puede desempeñar la Universidad es más factible en estos momentos como consecuencia del acceso a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. La posibilidad de utilizar los contextos virtuales que proporciona Internet y el diseño de herramientas específicas para la actualización del profesorado desde los Departamentos universitarios complementaria las iniciativas que ha empezado a desarrollar el Ministerio de intercambio y de compartir materiales curriculares entre los profesores (proyecto Descartes, pnctic, etc.). En este sentido, la complementariedad entre una formación desde la práctica e innovación educativa y la investigación en Didáctica de la Matemática es necesaria y beneficiosa.

#### Necesarias reformas estructurales y el espacio Europeo de Educación Superior

Vincular la calidad de la enseñanza de las matemáticas en la enseñanza secundaria a la calidad de la formación del profesorado parece una cuestión evidente. En los apartados anteriores se ha argumentado y propuesto iniciativas que inciden en la mejora de la profesión de enseñar matemáticas. Estas iniciativas inciden en la toma de decisiones sobre la estructura de la formación del profesorado. En estos momentos de integración política en la Unión Europea estas decisiones deben ser coherentes con el contexto europeo.

En la declaración de Bolonia (junio, 1999) se empezaron a colocar las primeras referencias para la «creación del Área Europea de Educación Superior como vía clave para promocionar la movilidad de los ciudadanos y la capacidad de obtención de empleo y el desarrollo general del Continente». En la declaración inicial de principios se establece que «la independencia y autonomía de las Universidades asegura que los sistemas de educación superior e investigación se adapten continuamente a las necesidades cambiantes, las demandas de la sociedad y los avances en el conocimiento científico». Es en este sentido en el que se argumenta en el apartado II de esta presentación la necesaria adaptación de la estructuras educativas de la formación inicial del profesorado de matemáticas reconociendo los avances del conocimiento científico en el campo de la Didáctica de la Matemática.

Uno de los principios defendidos en la Declaración de Bolonia era la coordinación de las políticas para alcanzar en un breve plazo de tiempo, y en cualquier caso dentro de la primera década del tercer milenio, entre otros, «un sistema de titulaciones fácilmente comprensible y comparable... con la adopción de un sistema basado esencialmente en dos ciclos fundamentales, diplomatura (pregrado) y licenciatura (grado). Desde esta perspectiva, se promueven las dimensiones Europeas necesarias en Educación Superior dirigidas hacia el desarrollo curricular, cooperación entre instituciones, esquemas de movilidad y programas de estudio e integración de la formación e investigación». Es en el encuentro de Ministros en Praga (Praga, 2001) donde se reconoce que la adopción de un sistema basado esen-

cialmente en dos ciclos debe conllevar el que los «programas deberían tener diferentes orientaciones y varios perfiles para acomodarse a una diversidad individual, académica y al mercado de trabajo».

En esta última dimensión, el comunicado del encuentro de ministros europeos en Praga (mayo, 2001), articulando la creación del Espacio Europeo de Educación Superior, incide en la necesidad de reconocer las perspectivas de aprendizaje a lo largo de la vida profesional. En relación al desarrollo de esta dimensión he argumentado en el apartado III de esta presentación la necesidad de integrar la formación e investigación en el ámbito del desarrollo profesional de los profesores de matemáticas en nuestro país. El reconocimiento de las necesarias estrategias de aprendizaje a lo largo de la vida profesional se apoya en los desafíos de la competitividad y el uso de las nuevas tecnologías como instrumentos para mejorar la competencia profesional y subrayando el necesario papel en la retro-alimentación profesional de los profesores de matemáticas por parte de las Universidades.

Precisamente en el desarrollo de esta dimensión del Espacio Europeo de Educación Superior es en el que la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM) puede convertirse en un interlocutor ante las Administraciones educativas y la propia Universidad. En este sentido la SEIEM y los profesores de Didáctica de la Matemática, como colectivos implicados en una reflexión sobre estas cuestiones pueden ayudar a articular la coordinación de la formación con el conocimiento generado por las investigaciones en el desarrollo de estrategias en las estructuras educativas para reconocer el aprendizaje a lo largo de la vida profesional de los profesores de matemáticas.

#### 2.2. La alfabetización científica, una revolución pendiente en la enseñanza.

*D. José M. López Sancho. Investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y miembro de la Real Sociedad Española de Física.*

Señoras y Señores Senadores:

El motivo de esta comparecencia es esclarecer las causas y, en la medida de lo posible, buscar soluciones al problema del bajo rendimiento escolar de nuestros alumnos en las materias científicas.

Mi intención es la de actuar como los investigadores en cuestiones históricas, exponiendo los conocimientos que considero relevantes para entender el problema, buscando antecedentes históricos recientes de situaciones similares ocurridas en otros países y estudiando los remedios que se han ensayado y aplicado. Así, basados en su experiencia, propondremos las soluciones que nos parezcan más apropiadas a nuestra situación.

A lo largo de mi intervención presentaré lo que, en mi opinión, es la historia de la enseñanza, e intentaré demostrar que nuestro problema tiene, a la vista de esta historia, un diagnóstico claro y una solución que, al menos en el plano teórico, es simple y evidente.

Las reflexiones que a continuación voy a exponerles están basadas en los resultados de la investigación realizada y de la experiencia adquirida por el Grupo de Didáctica del Instituto de Matemáticas y Física Fundamental del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Nuestro grupo está formado por investigadores y por maestros de Educación General Básica, con dilatada experiencia en sus tareas profesionales. Asimismo formamos parte del Grupo de Enseñanza de la Física de la Real Sociedad, a través de la cual nos relacionamos con profesores de distintas universidades.

Básicamente nuestro trabajo puede clasificarse en los apartados siguientes:

1) Formación científica del profesorado de Infantil y Primaria, por medio de colaboraciones con distintos Centros de Apoyo al Profesorado, en especial con el de Vallecas, anteriormente del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, y en la actualidad de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. A través del contacto directo que nos proporciona esta actividad, obtenemos una experiencia viva e inapreciable sobre los niveles de conocimiento y actitudes de los maestros en ejercicio, sus carencias y prejuicios, y sus necesidades en cuanto a materiales y recursos didácticos. Dicho contacto resulta imprescindible para llevar a cabo una labor útil de formación.

2) De igual forma, trabajamos en estrecha colaboración con el Centro de Estudios Superiores en Ciencias de la Educación y Humanidades D. Bosco, adscrito a la Universidad Complutense. Con éste centro elaboramos proyectos de investigación referentes a la enseñanza de la ciencia en las primeras etapas y diseñamos cursos específicos de formación del profesorado, tanto en contenidos científicos como en métodos y recursos para el aula.

3) Asimismo realizamos tareas de actualización de conocimientos dirigidas a profesores de Enseñanza Media, diseñando e impartiendo los correspondientes cursos en una amplia variedad de Centros de Apoyo al Profesorado. Estas tareas las complementamos con conferencias de divulgación dirigidas al público en general, a través de Museos y otras instituciones similares.

4) El Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que gestiona el Portal del Ministerio de Ciencia y Tecnología el la red, nos ha encargado la parte didáctica y de divulgación científica que hemos llamado Ventana de la Ciencia.

5) En colaboración con la Real Sociedad de Física se organizan encuentros, reuniones y congresos con el propósito de poner en contacto a los profesionales de la enseñanza con el mundo de la investigación científica.

Recibimos apoyo e infraestructura del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en especial de su Vicepresidente Emilio Lora Tamayo; del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, a través del Instituto de Formación del Profesorado, concediendo créditos oficiales a nuestros cursos; de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, financiando nuestros proyectos de investigación y de la Real Sociedad de Física, facilitando nuestra proyección en el resto de Europa, a través de la European Physical Society.

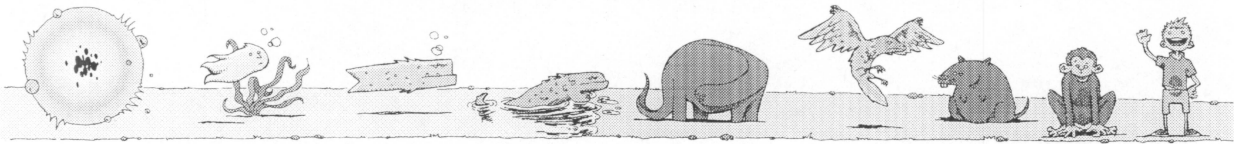
#### Consideraciones previas

La verdadera esencia de la facultad humana de aprender:

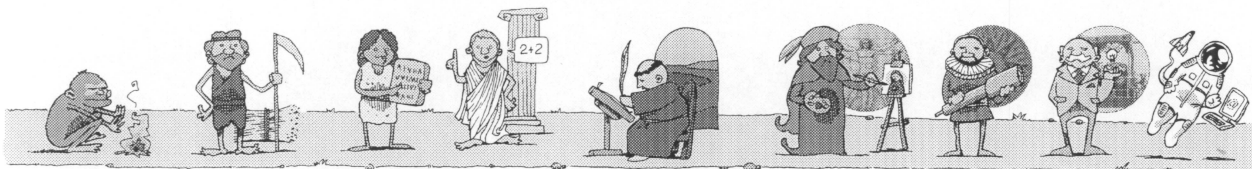
En primer lugar me voy a referir a la naturaleza del conocimiento. Una de las ideas más esclarecedoras sobre el tema de la enseñanza es la nueva concepción de la facultad de aprender, que los seres humanos tienen tan desarrollada. Como consecuencia de los trabajos modernos sobre construcción del conocimiento, biología evolutiva, psicología, etc., en este momento se considera la transmisión del conocimiento como una nueva forma de evolución. Efectivamente, me estoy refiriendo a una evolución en el sentido biológico, darwiniano, de la palabra. La idea que les presento es una generalización de lo que podríamos llamar «adaptación intelectual».

Un ejemplo esclarecedor es el del comportamiento evolutivo del mamut y el hombre ante la última glaciación. Al producirle el descenso de temperatura en forma lenta y gradual, el mamut evolucionó cubriéndose con un pelo denso y aislante, que le permitió sobrevivir. La capacidad de producir este pelo protector se le comunicaba a su prole a través de la herencia biológica, pues iba «impreso» en sus genes. El hombre, en cambio, se adaptó a las bajas temperaturas aprendiendo a fabricar vestidos hechos con pieles de animales apropiados (con todas sus complicaciones de curtido, diseño y cosido), y transmitió este conocimiento a sus descendientes, enseñándoles las técnicas que había desarrollado. Pero la etapa de glaciación terminó de una manera brusca, demasiado rápida para que los mecanismos de evolución genética permitiesen al pobre mamut perder su pelo, y su especie se extinguió. Para los descendientes del hombre, en cambio, desandar el camino de la adaptación fue tan fácil como quitarse el abrigo o elegir ropas menos calurosas, debido a que la forma de transmisión del conocimiento era mucho más rápida de modificar y adaptar que el mecanismo genético que descubrió Darwin. En la figura les mostramos una representación gráfica que ilustra esta idea.





*El largo camino de la evolución por «hardware».*



*El camino rápido de la evolución por «software».*

Mientras que la Naturaleza necesitó millones de años para transformar un dinosaurio en un animal capaz de volar, o un pez en un ser que pudiera desenvolverse en tierra firme, en sólo unos miles de años hemos visto cómo el homo sapiens pasa de pobre recolector de frutos silvestres, no ya a ser capaz de volar, sino a lanzar satélites artificiales e incluso a viajar hasta la Luna. Esta enorme capacidad de evolución se basa tanto en el hecho asombroso, en palabras de Einstein, de que «*el mundo pueda entenderse*», como en la facilidad, e incluso la necesidad, que presenta el niño de absorber todo conocimiento que se pone a su alcance.

Breve historia de la democratización de la enseñanza:

Para tratar con perspectiva el problema que nos ocupa, situaremos la enseñanza dentro de un contexto histórico y social. La historia de la enseñanza se puede describir, en general, como un «país tranquilo», formado por largos periodos estables y convulsionado por tres importantes hitos. Éstos se pueden considerar, con toda justicia, como auténticas revoluciones del pensamiento, en el sentido que Kuhn da a esta expresión y que luego describiremos brevemente. Estos tres hitos están constituidos por

- I. La alfabetización en sentido literal.
- II. La aparición de la Enseñanza Profesional.
- III. La revolución de la alfabetización científica, que se está produciendo en el momento actual en el mundo occidental.

A continuación los describiremos brevemente...

- I. La alfabetización en sentido literal.

Los principios de este movimiento se pueden situar a mediados del siglo XVI, como una consecuencia de la Reforma Protestante. Al considerarse como seña de identidad del nuevo movimiento la libertad de interpretación de los libros sagrados, se hacía indispensable el acceso a los mis-

mos y, fundamentalmente, ser capaz de leerlos. Tanto Lutero como Calvino dieron gran importancia a la difusión de sus libros. En los años cincuenta, los impresores de Ginebra exportaban cerca de 300.000 volúmenes al año, la inmensa mayoría en lenguas vernáculas, entre los que se encontraban Biblias, libros de salmos y la Institutio de Calvino. Los libros se distribuían en la feria de Frankfurt y viajantes vendedores los llevaban a lo largo y ancho de Europa, llegando a América en los barcos que unían las rutas comerciales de ambos continentes. Todo este esfuerzo editorial estaba acompañado, lógicamente, por otro similar en la alfabetización de la población. De hecho, los calvinistas diseñaron un sistema de control de la educación por parte del gobierno que se aplicó en Alemania y que es actualmente el imperante.

La contrarreforma empleó, como reacción, los mismos métodos de educación del pueblo, creando escuelas en las que se enseñaba a leer. Aparecieron en el mundo católico nuevos métodos de enseñanza, entre los que caber destacar los de las Escuelas Pías de San José de Calasanz.

Pero la alfabetización fue mucho más lenta de lo que cabía esperar del esfuerzo de las religiones. Las ocupaciones agrícolas y ganaderas, para las que leer no era fundamental y la atomización en pequeños núcleos poblacionales, aislados desde el punto de vista cultural, dificultaron el proceso. A pesar de ello, en el siglo XVII en Rusia y Prusia y sobre todo en Inglaterra del Norte, se implantaban las escuelas dominicales, introduciéndose el sistema de monitores, consistente en emplear a los alumnos más avanzados en las tareas de enseñar a los más pequeños. Con este sistema se multiplicaba la acción de un profesor, pudiendo enseñar a cientos de alumnos.

En el siglo XIX, con la revolución industrial, se hace necesario manejar gran cantidad de información, con propósitos no solo de producción sino de distribución de las mercancías. La compra por catálogo es la única forma de adquirir bienes de un cierto nivel de precios (desde una cocina de hierro o una máquina de coser hasta una segadora), demasiado caras para tenerlas almacenadas en los comercios locales. Por ello se hace necesario establecer sistemas

nacionales de escolarización. El Reino Unido, Alemania, Italia, España, Estados Unidos, Japón, etc. dictan leyes y destinan grandes recursos.

En el siglo XX se generaliza la educación obligatoria y puede decirse que se completa el ciclo de este tipo de alfabetización. Así lo considera, por ejemplo, la pedagoga sueca Elen Key, dando a uno de sus libros el título de «El Siglo de los Niños».

#### Aparición de la Formación Profesional

En las sociedades rurales, los oficios se heredan. Los padres son los maestros y patronos de sus hijos, dejándolos en herencia el conocimiento, los instrumentos de su arte y la clientela. Distinto es el caso de los oficios llamados itinerantes, que no se radicaban en un pueblo, como los de canteros, vidrieros, albañiles, etc.; los artesanos, en estos casos, se agruparon en gremios de ámbito nacional y establecieron un sistema universal de formación: aprendiz, oficial y, finalmente, maestro. A este nivel se llegaba mediante la presentación de un trabajo importante (la obra maestra), que era juzgado por un comité del gremio.

Pero en el siglo XIX, debido al desarrollo científico e industrial del XVII y del XVIII, se introdujeron máquinas y herramientas que no habían sido utilizadas anteriormente. Y, como consecuencia, fallaron tanto el sistema familiar de transmisión de oficio como el sistema gremial. Para solucionar este problema hubo que poner en contacto personas de distintos estamentos sociales y niveles de conocimiento: tuvieron que ser los ingenieros los que enseñaran a los obreros a manejar las máquinas de vapor, los telares, etc., de tecnología completamente nueva. Esta relación entre estamentos diferenciados por sus diferentes conocimientos marca una nueva era social y es la esencia de este tipo de enseñanza.

La formación profesional se comenzó a impartir en las fábricas, dejando al margen a gran cantidad de jóvenes, desplazados del campo por el aumento de producción causado por la introducción de máquinas. Estos jóvenes, sin ninguna formación en los nuevos procesos de producción, quedaban marginados al no poder acceder a un puesto de trabajo e integrarse en la sociedad. El efecto de la marginación creada por el avance en los conocimientos fue detectada, en primer lugar, por Don Bosco (considerado el iniciador de la formación profesional), que aportó como solución el estableciendo escuelas especiales, gratuitas, de alfabetización y formación profesional. Esta idea pasó, al poco tiempo, a formar parte de los sistemas educativos nacionales.

#### Tercera Revolución: La Alfabetización Científica

Ésta es realmente la etapa que nos interesa. Comienza exactamente el 4 de octubre de 1957 y se sitúa en Estados Unidos. Ese día, en las noticias de la mañana, los americanos se enteraron de que en el sistema solar había un nuevo cuerpo celeste; la Tierra, además de con la Luna, contaba con un nuevo satélite: el Sputnik. Hay que tener en cuenta que Estados Unidos disponía del equipo de científicos alemanes de Von Braun, el más avanzado en conocimientos

sobre cohetes, que se encontraban en ese país desde el final de la segunda guerra mundial. Y el pueblo americano, convencido de que contaba con la ciencia más avanzada y la tecnología más potente, sufrió una tremenda decepción. Este tipo de decepciones y las reacciones que desencadenan, son importantes e indicativas en la historia de los pueblos. España las ha sufrido en varias ocasiones: la derrota de la Invencible o la pérdida de Cuba y Filipinas en el 98 son dos buenos ejemplos.

La reacción de Estados Unidos fue rápida y efectiva. El Congreso se dirigió a las instituciones científicas, tanto oficiales como profesionales, y a las grandes empresas, requiriendo informes sobre el origen del retraso tecnológico puesto de manifiesto por el Sputnik. Y las respuestas no se hicieron esperar. Comenzó una etapa de introspección social y de investigación en enseñanza de la ciencia. Cualquiera que fuese capaz de analizar el problema y aportar soluciones recibía fondos para llevar a cabo su investigación.

Los resultados del análisis se pueden resumir en los puntos siguientes:

a) Los ciudadanos americanos concebían la ciencia como algo extremadamente útil, pero de naturaleza misteriosa y complicada, casi imposible de entender por los no especialistas.

b) Comprendían que la ciencia había sido decisiva para ganar la II Guerra Mundial (con avances como el radar y la bomba atómica), pero no veían la necesidad de continuar con el esfuerzo que suponía la investigación científica a gran escala.

c) Tenían miedo a los posibles efectos de la aplicación de los descubrimientos científicos, para ellos completamente desconocidos e imprevisibles. La falta de conocimientos hacía difícil el desarrollo de nuevas formas de producción, sobre todo cuando implicaban cambios cualitativos en los fundamentos científicos.

Como resultado de esta etapa la sociedad americana llegó a una conclusión clara:

«El problema del retraso tecnológico se debía a que el ciudadano medio era científicamente analfabeto.»

La solución a la que se llegó se sintetizó en dos eslóganes del educador americano Jerrold Zacarias:

- La ciencia es para todos los americanos;
- La ciencia debe ser algo que los alumnos hagan, no que reciban ya hecha, que R. Lopez y T. Schultz definen como una revolución en los fines de la enseñanza y otra revolución en los métodos.

El problema, aunque claramente diagnosticado, era grave y de difícil solución. Pero en una cosa se mostraron de acuerdo pedagogos, psicólogos, sociólogos y científicos: la causa era que la ciencia, al no incluirse entre las disciplinas que se enseñaban en la infancia, no formaba parte de lo que era entrañable, familiar y querido, características de las vivencias escolares. Ni las disciplinas, ni sus méto-

dos, ni el gusto por entender el mundo, se encontraban en el núcleo fundamental de la formación del niño. La solución era evidente: había que empezar a enseñar ciencia en las escuelas.

Esto requería una complicada acción política. Había que fijar los contenidos científicos que se enseñasen en las escuelas, y había que modificar, igualmente, la preparación de los maestros, tanto de las nuevas generaciones como de los que ya se encontraban en ejercicio. Así, en 1966 se promulgan las leyes *Elementary Science Study* y *Science Currículo Improvement*, que hacen obligatoria de la enseñanza de la ciencia en la etapa de cinco a trece años.

A estas leyes siguieron innumerables proyectos. Las organizaciones que más se involucraron fueron la American Association for the Advancement of Science, la National Science Foundation, la National Academy of Sciences y la American Physical Society.

Sólo citaremos algunos de los hitos más importantes: en 1993 la American Association for the Advancement of Science publica *Benchmarks for Science Literacy*, donde se fijan los contenidos mínimos que se juzgan indispensables para considerar a una persona científicamente alfabetizada. En 1995, el National Research Council publica «*Nacional Science Education Standards*» y en 1997 el National Science Resources Center publica «*Science for all Children: A guide to improve science education in school.*»

Las bases en que se asienta todas estas acciones fueron enunciadas explícitamente en todas ellas:

- Es imprescindible alcanzar la alfabetización científica de los ciudadanos.
- Se debe desarrollar el deseo de seguir adquiriendo conocimientos científicos a lo largo de toda la vida.
- Debe ponerse límite a los contenidos, alejándose de la clásica forma de tratar los temas «a mile-wide and inch-deep».
- El aprendizaje es semejante al proceso histórico del descubrimiento; la enseñanza no es más que un recorrido rápido a lo largo de la historia de la humanidad y, en nuestro caso, de la historia de la ciencia.

El segundo problema era tan importante como el primero:

¿Cómo se enseña ciencia a los maestros y como se los mantiene al día en unos tiempos en que se producen cambios cualitativos a lo largo de una vida profesional?

La American Physical Society y la American Association of Physic Teachers, entre otras instituciones, llegaron a la conclusión de que la tecnología y la ciencia avanzan demasiado rápidamente para que la formación de origen, la que reciben los profesores en la universidad, sea válida durante la vida activa de un maestro. Se vio la necesidad de su formación continuada. Esto solo se consigue implicando a los profesores y a los investigadores en tareas comunes, en proyectos que los mantengan en contacto y que

hagan que se interesen unos por los problemas de los otros. Porque, en palabras de Feynman, cuando no sabemos explicar una materia con matemáticas elementales es porque no dominamos suficientemente el tema.

En 1963, la American Association of Physic comenzó la publicación de una revista nueva, «*The Physics Teacher*», con el propósito de que los investigadores y los profesores pudieran publicar juntos.

Avances en el entendimiento de la construcción de la ciencia

Y como el aprendizaje es semejante al proceso histórico del descubrimiento, se vio la necesidad de estudiar cómo se crea la ciencia para conocer sus dificultades y sus escollos, con el propósito de aplicarlos al proceso, paralelo, de la enseñanza.

Los resultados más importantes se consiguieron en el campo de la Historia y de la Filosofía de la Ciencia. Gracias a las investigaciones realizadas en ese periodo (por físicos, casi en su totalidad), se concibió una idea clara de la naturaleza del conocimiento, de lo que es ciencia y lo que no lo es, de la forma en que se producen los avances científicos y como propiciarlos, y la forma en que son adsorbidos por la sociedad.

Por considerarlos de gran importancia para la enseñanza de la ciencia, a continuación los describimos brevemente.

Popper y el test para distinguir la ciencia de la pseudociencia

Karl Raimund Popper se educó en la capital de Austria, en la década de 1920, en un ambiente en el que imperaba el inductivismo de la llamada Escuela de Viena. Él mismo nos cuenta cómo se desencantó de esa idea. Básicamente, el inductivismo considera que las leyes de la ciencia se construyen directamente, de una manera casi automática, a partir de los resultados de los experimentos. Popper explica cómo tanto los marxistas como los freudianos, explicaban los mismos hechos por medio de sus dos teorías (tan dispares), y ambos concluían que las explicaciones eran las correctas. Y Popper llegó a la conclusión de que las dos teorías eran suficientemente flexibles como para acomodarse a cualquier situación histórica o de comportamiento humano, dando la falsa sensación de que explicaban los hechos.

Popper compara esta situación con la forma, completamente diferente, en que la comunidad científica planteó la comprobación de la teoría general de la relatividad de Einstein. La teoría predecía que la luz, al propagarse, debería sentir la acción de la gravedad como cualquier forma de energía y, en consecuencia, su trayectoria debería curvarse al pasar cerca un cuerpo de masa elevada, como es el caso del sol. En consecuencia, un observador que apuntase su telescopio a una estrella la vería en posiciones distintas si los rayos de luz pasaban cerca del sol que si éste no se encontraba en su camino. Eddington, en 1919, llevó a cabo este experimento durante un eclipse y comprobó que los resultados estaban de acuerdo con las predicciones de

Einstein y, en consecuencia, la teoría general de la relatividad fue aceptada.

Popper dio al concepto de comprobación experimental una interpretación nueva. Lo verdaderamente importante no era el hecho de que la observación de Eddington implicara la validez de la teoría general de la relatividad, sino que la teoría general de la relatividad era susceptible de ser comprobada. Existía un procedimiento bien establecido, de acuerdo con el cual podía demostrarse que una teoría dada era falsa. Y Popper empleó esta posibilidad de «falibilidad», como característica esencial que servía para separar las creencias, explicaciones y teorías en dos categorías: científicas y pseudocientíficas. El nuevo enfoque de Karl Popper fue ganando adeptos y hoy la comunidad científica lo toma como el «test» que diferencia, separa y distingue la ciencia de la pseudociencia.

#### Kuhn y la esencia de los avances científicos

Thomas Kuhn publicó su libro, *La estructura de las revoluciones científicas*, en 1962 y le añadió una adenda en la edición de 1970. De la misma manera en que Popper se centró en la naturaleza de una teoría, Kuhn estudió las características que ésta tiene que presentar para producir una revolución en la ciencia.

La idea fundamental de Kuhn es la de señalar el carácter revolucionario del progreso en la ciencia, que no consiste en una simple acumulación de conocimientos, sino en un cambio de paradigma científico, es decir, la forma en que los científicos ven la realidad.

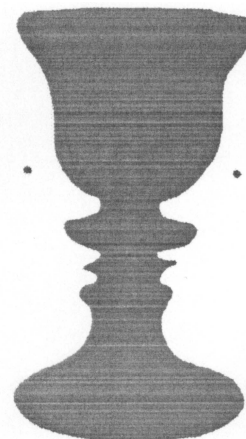
Podemos ilustrar esta idea si estudiamos la revolución galileana. Hasta el siglo XX, el paradigma o marco científico era el de Aristóteles, que presentaba el Universo dividido en dos partes de naturaleza diferente, con la Tierra en el centro: la imperfecta, corruptible y cambiante que llegaba hasta la esfera de la Luna y la perfecta, inmutable e incorruptible, que se extendía más allá de esfera de lunar. Pero fueron las interpretaciones que Galileo hizo de las observaciones de Ticho Brahe, elaboradas y digeridas por Kepler, y de las suyas propias empleando el telescopio, las que destruyeron ese paradigma imponiendo la nueva visión que se ha llamado Copernicana, cualitativamente distinta.

Es un hecho conocido que la comunidad científica (entre otras comunidades) reaccionó violentamente ante ese cambio de paradigma. Podemos citar las palabras de Lord Kelvin a este respecto: «la ciencia avanza porque los científicos de una generación mueren y los jóvenes de la generación siguiente estudian las ideas nuevas antes de contaminarse con las viejas, no teniendo así que pasar por la dolorosa experiencia de cambiar de modo de pensar».

#### La idea de de construcción de Derrida

Jacques Derrida entró en la historia de la filosofía en 1966, con una conferencia que pronunció en la Universidad John Hopkins titulada «La estructura, el signo y el juego en el discurso de las ciencias humanas».

Mi particular interpretación de la aportación de Derrida es la de ver en ella una profundización de la idea de Kuhn. Derrida proyecta en el ser humano lo que Kuhn ve en la historia de la ciencia, desentrañando la naturaleza de la reacción, siempre contraria y a veces violenta, con que las comunidades afectadas han acogido en casi todos los casos una idea revolucionaria. Para Derrida, el paradigma es un marco psicológico que, como unas gafas interpuestas entre el pensamiento y la realidad, impiden ver el mundo de una forma nueva. La idea se ilustra particularmente bien con la conocida imagen de la copa y las caras que todos hemos estudiado en la asignatura de Psicología.



El cerebro funciona de tal manera que si vemos la copa no vemos la figura de la cara y viceversa. En el ejemplo de la revolución galileana, podemos suponer que la comunidad científica estaba dividida entre aristotélicos y copernicanos, que corresponderían en nuestro ejemplo a «copistas» y «caristas». Sólo después de un periodo de convulsión, donde incluso la inquisición jugó su papel, los «copistas» fueron capaces de «ver» las caras, produciéndose un avance cualitativo de la ciencia, un cambio de paradigma. Y es que, una vez que descubrimos la presencia de las caras, no podemos explicarnos como podíamos no haberlas visto.

Derrida, en su conferencia y obra posterior, expone su idea: lo fundamental en una revolución no es descubrir y construir aquello que es nuevo, sino destruir (él lo llama «deconstruir») el conocimiento erróneo anterior: lo que en enseñanza se llaman preconceptos. Esta «de construcción» solo se consigue por la combinación de experimentos cruciales, como el de Eddington o el de Michelson, con los discursos de un Galileo o un Einstein y, probablemente, con el paso de una generación, como decía Lord Kelvin.

Son muchos los ejemplos de esta dificultad de cambiar de paradigma en las actividades humanas. La teoría de la evolución del Darwin, la igualdad entre hombres y mujeres, de las diferentes razas, la injusticia de la esclavitud, etc., son ideas que ahora no extrañan a nadie pero que costó que se aceptasen más que lo que en este momento parece razonable.

#### La alfabetización científica en Europa

En Europa se siguió el ejemplo de Estados Unidos y en 1972, seis años después de la primera ley americana, el Reino Unido promulgó «Science 5/13», la primera ley que hace obligatoria la enseñanza de la ciencia en la escuela. A ésta siguieron muchas otras, y puede decirse que en la actualidad todos los países de la Unión Europea tienen una legislación semejante.

Y también en nuestro continente se tiene conciencia de que la única forma de poner en práctica estas leyes es que científicos y maestros colaboren estrechamente. En Fran-

cia, en 1995 G. Charpak (Premio Nobel de Física de 1992), señaló la conveniencia de que los científicos tomaran una parte activa en la educación de las primeras etapas. Como resultado, diversos organismos de investigación y enseñanza pusieron en marcha una serie de acciones englobadas en la operación «La main a la Pâte», que se ha transformado en estos momentos en una herramienta de colaboración de los científicos y los maestros franceses, en la enseñanza de la ciencia en la escuela. La colaboración se instrumenta en clases, conferencias y aplicaciones al aula, y dispone de un sitio permanente en la dirección de internet <http://inrp.fr/lamap/main>.

En forma similar, León Lederman (premio Nobel de Física de 1988), abundada en la misma opinión. El pasado septiembre, en la reunión de la Sociedad Portuguesa de Física, habló apasionadamente sobre la necesidad de introducir la ciencia en la escuela para preparar a las personas para el mundo en que van a vivir. Según Lederman, los maestros son la clave de la enseñanza de la ciencia. Pero, de acuerdo con su experiencia, no disponen de los conocimientos necesarios para cumplir con este cometido. En el mismo sentido se manifiesta R. López, director de Educación de la American Physical Society, en un artículo publicado en septiembre de este año en el *Physics Today*. Llega a la conclusión de que los alumnos deben «hacer» ciencia, y expone la forma y las ayudas institucionales con que cuentan. Finalmente, en el número de septiembre de este año, Catherine Wilson, encargada del Departamento de Educación del Institute of Physics, expone lo que deberían ser las líneas maestras en la enseñanza de la Física en la escuela, señalando que es una etapa fundamental para la formación de los alumnos.

#### El caso español

Aunque las legislaciones de la mayoría de los países europeos contemplen tanto la enseñanza de la ciencia como los métodos de hacerlo, los grados de aplicación van desde la implantación total en UK, Francia y Alemania, hasta la ausencia casi absoluta en que nos encontramos en España, Portugal y Grecia.

Quiero, simplemente, reproducir aquí un párrafo de la comunicación del Profesor Fernandez-Rañada, referente al nivel de nuestros estudiantes en la asignatura de Física; los resultados son tan claros que no requieren comentario.

«Recientemente se realizó un estudio sobre nuestra actuación en los últimos diez años. Los resultados de Física, realizado por los profesores Juan León, del CSIC y José María Pastor, de la UAM, se resumen en los siguientes puntos.

- Entre 37 países europeos, España se clasifica en la posición 33, sólo por delante de Grecia, Chipre, Portugal y Bosnia-Herzegovina.
- Entre 60 países de todo el mundo, España está en la posición 51. Sólo están peor Filipinas, Colombia, México, Kuwait y Surinam, además de los cuatro anteriores.
- Nuestra puntuación, en una escala de eficacia de cero a cien, es de 3, 5 frente a Alemania (59,5), Gran Bretaña

(49), Turquía (36), Yugoslavia (34,3), Holanda (30) o Eslovenia (18), por citar sólo algunos países.»

Ante estos resultados es obvio que el caso de nuestro país merece un esfuerzo especial, que incluya acciones extraordinarias, para ponerlo al nivel en el que debería encontrarse. Para ello nos permitimos hacer algunas recomendaciones sobre este tema, que exponemos a continuación:

En cuanto a los Profesores de las Primeras Etapas Educativas

#### 1ª. Recomendación

La carrera de profesores de EGB está demasiado recargada en materias referentes a *cómo es al niño* y sobre *cómo enseñar al niño*, descuidándose las materias científicas. Así, nos encontramos con maestros muy hábiles en técnicas de *cómo enseñar* pero sin saber *qué enseñar*. A título anecdótico un educador de maestros, gran amigo nuestro, sugería, un tanto socarronamente, cambiar los nombres de las asignaturas de matemáticas, física y química por los de psicomatemáticas, psicofísica y psicoquímica, en la seguridad de conseguir así del legislador más horas lectivas para estas materias.

#### 2ª. Recomendación

Los maestros deben transformar el paradigma del niño de cuatro años, infantil y mágico, en un verdadero paradigma científico. Y para ello tienen que disponer de conocimientos, aunque no tan especializados como los de las licenciaturas, sí mucho más extensos e integrados en el resto de la cultura.

En nuestra opinión, el maestro es en la enseñanza lo que el médico de familia es en medicina. Tan absurdo sería considerar la formación de un médico de medicina general de menor nivel que la de un especialista en digestivo, como considerar la formación de un maestro de menor nivel que la de un licenciado en farmacia. Por ello, recomendamos que se aumente la duración de los estudios la carrera de magisterio cuatro años, dándole la consideración de licenciatura. Esto tendría la ventaja añadida de aumentar el prestigio social del maestro, a la vez que indicaría la voluntad del Estado de apoyar la labor docente en estas etapas.

Introducir en el currículo de los maestros un programa de ciencia experimental, no muy extenso, pero estructurado dentro de un contexto cultural, de manera que dé idea de la importancia de la ciencia en el desarrollo de la humanidad.

#### 3ª. Recomendación

Los maestros deben tener un conocimiento profundo de los hitos importantes de la historia de Europa; no solo de una historia de tipo político que puede resultar, a primera vista, desintegradora, sino también de tipo cultural y científico. El Románico, el Gótico, la aparición de las universi-

dades, el Renacimiento, los movimientos sociales, las revoluciones científicas, la revolución industrial, la lucha por la igualdad de los sexos, etc., constituyen las señas de identidad, del espíritu Europeo

En nuestra opinión, los contenidos de la educación en las etapas infantil y primaria fijan la manera de pensar de las personas y, por tanto, deberían ser comunes a todos los países de la Unión. A la hora de construir un país nuevo, tan importante como tener una moneda única es tener una misma cultura.

#### 4ª. Recomendación

Se debería implementar un esquema de reciclado permanente de profesores, en el que se contemplen contactos con los investigadores del CSIC y de las Universidades, así como una cierta presencia en actividades relacionadas con la investigación (asistencia a excavaciones, periodos de estancia en centros públicos, etc.), con el fin de mantener el interés de los maestros por la ciencia.

#### 5ª. Recomendación

Uno de los pilares en los que se apoya la educación es el entorno social. Y sobre este entorno se debe actuar con el mismo o mayor esfuerzo que sobre el resto, de manera que tanto el profesor como el alumno perciban que su trabajo es valorado. Por ello creemos que, entre otras cosas, se debe extender a la física, química y matemáticas el esfuerzo que las cadenas de televisión y demás medios informativos han realizado en biología; igualmente deben incluirse apartados de divulgación especial en los suplementos de los periódicos dedicados a los niños.

#### 6ª. Recomendación

En la Europa Unida y en especial en España, el maestro se encuentra con un aula en la que los alumnos no presentan ni el mismo nivel ni la misma trayectoria vital. Tiene frente a sí una tarea de unificación cultural que requiere habilidad, tacto y conocimientos. Creemos que la ciencia con sus características de universalidad, válida y utilizada en todos los países y culturas, es el único camino para construir un paradigma unificador y fructífero.

#### 7ª. Recomendación

La enseñanza de la ciencia, concebida como parte de la cultura, es un elemento fundamental de los contenidos con los que el niño tiene que contar para afrontar un mundo de creciente complejidad, en el que la ciencia irrumpe como

ingrediente de lo cotidiano. Creemos que, además de la importancia de sus contenidos, la enseñanza de la ciencia es un instrumento de valor inestimable para despertar la curiosidad y espíritu crítico, fomentar la creatividad y desarrollar destrezas y actitudes, actividades esenciales para desarrollarlo desde el punto de vista psíquico.

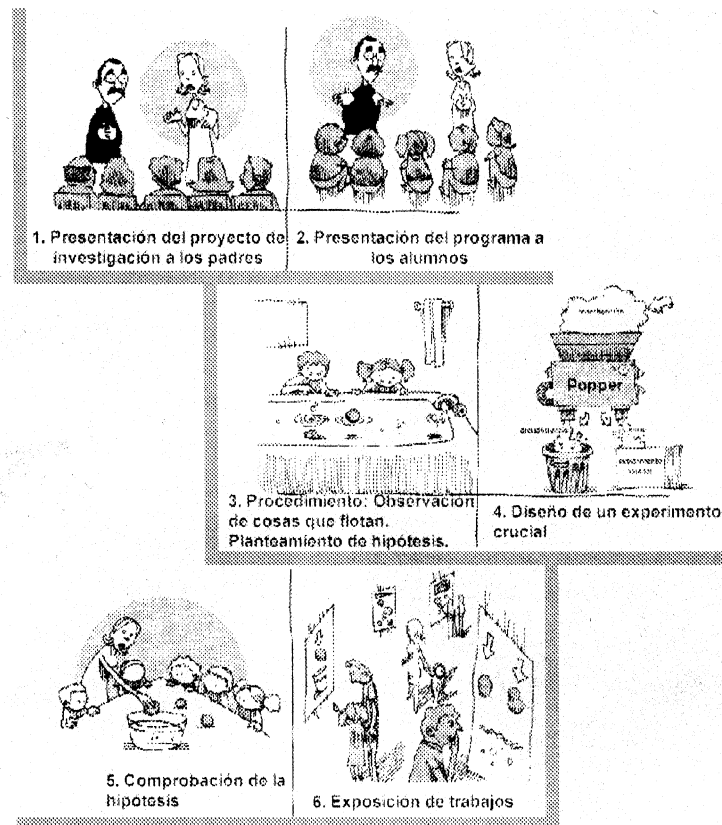
En cuanto al método de enseñar ciencia en Infantil y Primaria

Los alumnos de las Primeras Etapas Educativas llegan, como hemos dicho, dotados de un paradigma infantil y mágico. A los doce años deberían haber adquirido un conocimiento que les dote de un paradigma científico y maduro, destruyendo creencias de pseudociencias. De forma esquemática queremos presentar el procedimiento que estamos introduciendo en un proyecto de investigación conjunto con el CES Don Bosco, para enseñar ciencia en la escuela. Se basa en la idea de que el proceso de construir conocimiento es el mismo durante el descubrimiento histórico que durante el aprendizaje.

Nuestra propuesta de método para el periodo de 4 a 10 años

Cuatro son los pilares de la educación y los cuatro deben ser contemplados cuando se trata de enseñar ciencia: El que enseña, el que aprende, lo que se enseña y el medio social en que se está inmerso. Por ello incluimos en nuestro método estos cuatro ingredientes, personalizados en las figuras de los maestros, los alumnos, los contenidos científicos y el entorno familiar. De una manera concisa y auto-explicativa, el método se presenta en la figura siguiente y consiste en :

- 1 Desarrollo de un proyecto de investigación apropiado a la edad de los niños; un ejemplo sería el estudio de las leyes de flotación.
2. Presentación del proyecto a los padres, de forma que lo entiendan y se involucren en la labor educativa.
3. Presentación del proyecto a los niños, en un acto que llamamos «asamblea». En este acto se discute la propuesta y el profesor toma nota de las actitudes y preconceptos de cada alumno.
4. A lo largo de un cuatrimestre y con una dedicación de al menos dos horas diarias, se desarrolla la labor experimental, tanto en el aula como en casa.
5. A la vista de los resultados se construyen hipótesis, se discute si son científicas o no, se diseñan «experimentos cruciales» que las pongan a prueba, y se realizan en el aula.
6. Se elaboran posters con los resultados individuales y se exponen en un acto al que asistan las familias.



## Conclusión

No queremos terminar sin citar, al menos, a uno de nuestras glorias en materia de educación. Nos referimos a Giner de los Ríos, que se adelantó a su tiempo proponiendo y llevando a la práctica la enseñanza de la ciencia en el aula; y vamos a rendirle tributo reproduciendo la nota necrológica que, lleno de sentimiento, le dedicó uno de sus alumnos más distinguidos.

### DON FRANCISCO GINER DE LOS RÍOS Por Antonio MACHADO

«Los párvulos aguardábamos, jugando en el jardín de la Institución, al maestro querido. Cuando aparecía don Francisco, corríamos a él con infantil algazara y lo llevábamos en volandas hasta la puerta de la clase. Hoy, al tener noticia de su muerte, he recordado al maestro de hace treinta años. Yo era entonces un niño, él tenía ya la barba y el cabello blanco.

En su clase de párvulos, como en su cátedra universitaria, don Francisco se sentaba siempre entre sus alumnos y trabajaba con ellos familiar y amorosamente. El respeto lo ponían los niños o los hombres que congregaba el maestro en torno suyo. Su modo de enseñar era socrático: el diálogo sencillo y persuasivo. Estimulaba el alma de sus discípulos —de los hombres o de los niños— para que la ciencia fuese pensada, vivida por ellos mismos. Muchos profesores piensan haber dicho bastante contra la enseñanza rutinaria y dogmática, recomendando a sus alumnos que no aprendan las palabras sino los conceptos de textos o conferencias. Ignoran que hay muy poca diferencia entre

aprender palabras y recitar conceptos. Son dos operaciones igualmente mecánicas. Lo que importa es aprender a pensar, a utilizar nuestros propios sesos para el uso a que están por naturaleza destinados y a calcar fielmente la línea sinuosa y siempre original de nuestro propio sentir; a ser nosotros mismos, para poner mañana el sello de nuestra alma en nuestra obra.

Don Francisco Giner no creía que la ciencia es el fruto del árbol paradisíaco, el fruto colgado de una alta rama, maduro y dorado, en espera de una mano atrevida y codiciosa, sino una semilla que ha de germinar y florecer y madurar en las almas. Porque pensaba así hizo tantos maestros como discípulos tuvo.

Detestaba don Francisco Giner todo lo aparatoso, lo decorativo, lo solemne, lo ritual, el inerte y pintado caparazón que acompaña a las cosas del espíritu y que acaba siempre por ahogarlas. Cuando veía aparecer en sus clases del doctorado —él tenía una pupila de lince para conocer a las gentes— a esos estudiantones hueros, que van a las aulas sin vocación alguna, pero ávidos de obtener a fin de año un papelito con una nota, para canjearlo más tarde por un diploma en papel vitela, sentía una profunda tristeza, una amargura que rara vez disimulaba. Llegaba hasta a rogar les que se marchasen, que tomasen el programa H y el texto B para que, a fin de curso, el señor X los examinase. Sabido es que el maestro no examinaba nunca. Era don Francisco Giner un hombre incapaz de mentir e incapaz de callar la verdad; pero su espíritu fino, delicado, no podía adoptar la forma tosca y violenta de la franqueza catalana, derivaba necesariamente hacia la ironía, una ironía desconcertante y cáustica, con la cual no pretendía nunca herir o denigrar a su prójimo, sino mejo-

*rarle. Como todos los grandes andaluces, era don Francisco la viva antítesis del andaluz de pandereta, del andaluz mueble, jactancioso, hiperbolizante y amigo de lo que brilla y de lo que truena. Carecía de vanidades, pero no de orgullo; convencido de ser, desdeñaba el aparentar. Era sencillo, austero hasta la santidad, amigo de las proporciones justas y de las medidas cabales. Era un místico, pero no contemplativo ni extático, sino laborioso y activo. Tenía el alma fundadora de Teresa de Ávila y de Iñigo de Loyola; pero él se adueñaba de los espíritus por la libertad y por el amor. Toda la España viva, joven y fecunda acabó por agruparse en torno al imán invisible de aquél alma tan fuerte y tan pura.*

*... Y hace unos días se nos marchó, no sabemos adónde. Yo pienso que se fue hacia la luz. Jamás creeré en su muerte. Sólo pasan para siempre los muertos y las sombras, los que no vivían la propia vida. Yo creo que sólo mueren definitivamente —perdonadme esta fe un tanto herética—, sin salvación posible, los malvados y los farisantes, esos hombres de presa que llamamos caciques, esos repugnantes cucañistas que se dicen políticos, los histriones de todos los escenarios, los fariseos de todos los cultos, y que muchos, cuyas estatuas de bronce enmohece el tiempo, han muerto aquí y, probablemente, allá, aunque sus nombres se conserven escritos en pedestales marmóreos.*

*Bien harán, amigos y discípulos del maestro inmortal, en llevar su cuerpo a los montes del Guadarrama. Su cuerpo casto y noble merece bien el salmo del viento en los pinares, el olor de las hierbas montaraces, la gracia alada de las mariposas de oro que juegan con el sol entre los tomillos. Allí, bajo las estrellas, en el corazón de la tierra española reposarán un día los huesos del maestro. Su alma vendrá a nosotros en el sol matinal que alumbra a los talleres, las moradas del pensamiento y del trabajo.»*

(De «Idea Nueva». Baeza, 23 de febrero de 1915; «Boletín de la Institución Libre de la Enseñanza», número 664, Madrid, 1915.)

## Epílogo

Ha llegado el momento de recopilar y resumir. La razón de nuestra intervención ante esta Comisión obedece a la preocupación que todos tenemos por las deficiencias que presenta nuestro sistema de enseñanza de las ciencias. Hemos explicado este desgraciado hecho como el resultado de una enseñanza infantil y primaria impartida por unos maestros que son en su mayoría, dicho sea con todo el cariño y respeto que me merecen, científicamente analfabetos. Y digo con todo cariño porque ellos no son responsables de este hecho; cuando se dan cuenta de ello son los primeros en lamentarlo e intentar subsanarlo, asistiendo con esfuerzo, asiduidad y entusiasmo a nuestros cursos y conferencias; nadie sabe lo que no se le ha enseñando. Y, como consecuencia, de una manera inconsciente porque está en el ambiente de las aulas, los profesores transmiten a sus alumnos la idea de que se

puede vivir perfectamente sin conocimientos científicos, sin esa manera de mirar al mundo. Es decir, los niños adquieren una escala de valores propia de un analfabeto científico. Cuando crecen es ya tarde para cambiar su sensibilidad y sus valores, tanto de tipo estético como práctico. Como todos sabemos, a los once años cuesta mucho cambiar de religión o de cultura. Y esa es, a nuestro entender, la causa del problema que nos ha traído a esta agradable comparecencia: el fracaso de nuestros alumnos en las disciplinas científicas. La solución que se desprende de nuestro análisis es simple. Enseñemos a los maestros a conocer y a amar la ciencia, a apreciar su método, a distinguir entre ciencia y magia, para que ellos puedan educar a sus alumnos de manera que sientan lo mismo que sintieron los alumnos de Giner de los Ríos. En una palabra: hagamos que la escuela lleve a cabo, de manera simultánea, las dos alfabetizaciones.

## 2.3. El futuro de la enseñanza de las ciencias.

*D. Enrique Ramos Jara. Miembro de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química.*

En las intervenciones que me han precedido se ha evaluado desde distintos ángulos la progresiva pérdida de dedicación horaria a las materias científicas en el currículo de la enseñanza secundaria (E.S.O. y bachillerato), y en concreto a la Física y a la Química, lo cual está en contradicción con los objetivos que facilitan la formación de ciudadanos para la sociedad actual.

Por otro lado, ha surgido la alerta, al comprobar las graves deficiencias en la formación humanística y se decide aumentar el número de horas de dedicación a un cierto grupo de materias humanísticas con el fin de remediar este problema.

Pero la educación humanística, la adquisición de destrezas lingüísticas, el aprendizaje de capacidades intelectuales, la adquisición de conocimientos históricos, geográficos o culturales en general, no solo pueden ser aprendidos a través de una o dos asignaturas, sino por el conjunto de conocimientos y destrezas intelectuales que suministran determinadas materias del currículo (materias de Letras y de Ciencias).

Voy a centrar mi intervención abordando dos aspectos fundamentales en el presente y el futuro de las Ciencias. En primer lugar describiré la sociedad para la cual educamos y en segundo justificaré la importancia de la enseñanza de las Ciencias para formar ciudadanos.

En la actualidad, la cantidad de conocimientos de que se dispone, y que pueden ser considerados importantes para vivir en la sociedad actual, es ingente y por tanto, las autoridades educativas y los profesores nos encontramos con la tremenda dificultad de seleccionar los contenidos que se han de transmitir e impartir en los currículos. Todo ello hay que hacerlo teniendo en cuenta, que la sociedad de la información en la que estamos inmersos dispone de poderosos medios de divulgación, sobre todo tipo de asuntos y disciplinas, a los que se puede acceder de una forma rápida y permanente.



Por tanto, cuando tenemos que planificar, reformar o programar en educación, debemos hacer un acto profundo de reflexión, y tras un análisis minucioso, seleccionar los contenidos que deben ser perpetuados en las siguientes generaciones o que por sus características son considerados imprescindibles en la formación de los ciudadanos.

Vivimos en una sociedad democrática. Una sociedad así, se caracteriza porque todos los ciudadanos son autoridades con derecho a gobernar y algunos tendrán la responsabilidad de hacerlo por delegación de los demás. Así pues, puede afirmarse que en una sociedad democrática todos los ciudadanos son gobernantes y por tanto son políticos.

A través de la educación debemos pues, preparar gobernantes y por ello, en este tipo de sociedad, la educación adquiere una relevancia muy especial, siendo esta una preocupación pública de la máxima importancia. En definitiva no se trata solo de preparar buenos ciudadanos, sino que además han de ser capaces de gobernar.

En una sociedad en la que todos sus miembros gobiernan (sociedad democrática) además, la Escuela ha de ser obligatoria, pues hay que garantizar una educación y formación mínimas para poder ejercer de ciudadano responsable. Por ello, el prescindir de los alumnos demasiado pronto o dejar que abandonen las aulas demasiado prematuramente es peligroso.

El fracaso escolar y la adquisición deficiente de conocimientos, habilidades sociales o destrezas profesionales han de tener para nosotros una especial e importante significación, y justifica el que todas las democracias modernas vivan bajo el miedo de que en sus sociedades crezca el número de personas ignorantes y que puedan acabar deteriorando o destruyendo el propio sistema democrático.

La democracia no se hereda genéticamente, las sociedades democráticas han de convertir al niño o niña en ciudadanos, no puede considerarse que estos lo son desde la cuna. La educación es algo que la sociedad exige y que garantiza si se hace bien, la supervivencia de la democracia. Por ello hay que esforzarse en educar ciudadanos, lo cual no es fácil, pudiéndose afirmar que la educación no es una ciencia sino un arte: Hay que transmitir cosas que no están sujetas a debate (muchos de los contenidos científicos) y además enseñar a debatir.

Hay que formar ciudadanos capaces de hacer demandas inteligibles a otros y de entender las que se les hacen a ellos, de razonar y ser razonables, capaces de debatir sin llegar a la violencia, con capacidad de persuadir y de ser persuadidos, etc.

En este aspecto, se observa una pérdida progresiva de la capacidad de los alumnos y las alumnas a preguntar a medida que avanzan en el sistema educativo (desde primaria, secundaria a los alumnos de la universidad). Preguntar es siempre importante y debatir también, y hay que enseñar siempre resolver los antagonismos, no con la violencia sino con el debate.

En este caso, es importante distinguir entre el respeto a las personas y el respeto a las opiniones. Las personas son siempre respetables, pero las opiniones no tienen porque serlo, y en todo caso lo serán para algunos, pero en democracia las opiniones están para ser discutidas, zarandeadas

y modificadas cuando sea necesario y cuantas veces se considere. Debemos estar dispuestos a que nos hieran en nuestras opiniones. Todas las convicciones pueden ser discutidas, lo cual no significa que renunciemos a ellas.

Por lo tanto, en sociedades de estas características, la educación a todos los niveles es de suma importancia pues es necesario formar ciudadanos capaces y convencidos de unos valores, que en nuestro caso están reflejados prácticamente al completo en la Constitución.

¿De qué forma puede colaborar la enseñanza de las Ciencias en formar ciudadanos para una sociedad democrática?

Los valores de la Ciencia y de la Democracia son concordantes y en muchos casos indistinguibles. Tanto la Ciencia como la Democracia alientan opiniones poco convencionales y un vivo debate. La Ciencia es un bastión contra el misticismo, contra la superstición y contra la religión aplicada erróneamente. Si somos fieles a sus valores, podremos descubrir cuando nos están engañando.

En la Ciencia no hay preguntas prohibidas, no hay temas demasiado sensibles o delicados para ser explorados, no hay verdades sagradas. Hay que estar abierto a nuevas ideas, y combinado con el escrutinio más riguroso y escéptico de todas ellas nos permite seleccionar o separar las buenas de las malas.

Al científico, las críticas válidas le hacen un favor. La Ciencia es parte integrante de la humildad. No importa lo inteligente, venerable y querido que sea uno. Debe demostrar sus ideas ante la crítica decidida y experta. Se valoran la diversidad y el debate. Se alienta la formulación de opiniones en disputa, sustantivamente y en profundidad. Hay que comprobar las teorías hasta el punto de la ruptura, hay que experimentar. Siempre que sea posible se diseñan y realizan experimentos para comprobar la verdad de las mismas. No se debe confiar en lo es intuitivamente obvio. La experimentación es muy importante. (La diferencia entre la Física y la Metafísica es que esta última no tiene laboratorio.)

Pero además, en el corazón de la Ciencia hay un equilibrio entre dos actitudes aparentemente contradictorias: Una, la apertura a nuevas ideas, por muy extrañas y contrarias a la intuición que sean, y otra, el examen escéptico más implacable de todas las ideas viejas y nuevas. Así es como se diferencian las verdades profundas de las grandes tonterías.

La empresa colectiva del pensamiento creativo y el pensamiento escéptico, unidos en la tarea, mantienen el tema en el buen camino. Esas dos actitudes aparentemente contradictorias, sin embargo están sometidas a cierta tensión.

Si uno solo es escéptico, las nuevas ideas no llegarán. Nunca aprenderá nada. Se convertirá en un misántropo escéptico convencido de que el mundo está gobernado por la tontería. Así pues, el mero escepticismo no basta.

Pero sin embargo, la Ciencia requiere del escepticismo más vigoroso e implacable porque la mayoría de las ideas son simplemente erróneas y la única manera de separar el trigo de la paja es a través del experimento y el análisis crítico.

Por otro lado, si uno está totalmente abierto a la credulidad y no tiene un gramo de sentido escéptico, no puede

distinguir las ideas prometedoras de las que tienen valor. Aceptar sin crítica toda noción, idea o hipótesis equivale a no saber nada.

Las ideas se contradicen unas a otras, solo mediante el escrutinio escéptico podemos decidir entre ellas. Realmente hay unas ideas mejores que las otras.

La mezcla juiciosa de estos dos modos de pensamiento es básico para el éxito de la Ciencia. Los buenos científicos hacen ambas cosas. Aunque en Ciencia es mejor ser demasiados escépticos que demasiado crédulos. Pero ninguno de los caminos es fácil.

El escepticismo responsable, minucioso y riguroso requiere un hábito de pensamiento cuyo dominio exige práctica y preparación.

La credulidad, apertura mental o asombro tampoco llega fácilmente. Si realmente queremos estar abiertos a nuevas ideas, debemos entenderlas. No tienen ningún valor estar abierto a una proposición que no entendemos.

Tanto el escepticismo como el asombro son habilidades que requieren atención y práctica. Su armonioso matrimonio dentro de la mente de todo escolar debe ser un objetivo principal de la educación.

Por todo ello, la Ciencia es más que un cuerpo de conocimientos, una manera de pensar. La manera de pensar científica es imaginativa y disciplinada al mismo tiempo. Esta es la base de su éxito. La Ciencia nos invita a aceptar los hechos aunque no se adapten a nuestras ideas preconcebidas. Nos aconseja tener hipótesis alternativas en la cabeza y ver cual se adapta mejor a los hechos. Nos insta a un delicado equilibrio, entre una apertura sin barreras a las nuevas ideas, por muy heréticas que sean y el escrutinio escéptico más riguroso; es decir, nuevas ideas y sabiduría tradicional.

Una de las razones del éxito de la Ciencia es que tiene incorporado un mecanismo que corrige los errores en su propio seno. Cada vez que ejercemos la autocritica, cada vez que comprobamos nuestras ideas a la luz del mundo exterior, estamos haciendo Ciencia. Por el contrario cuando somos autoindulgentes y acrílicos, cuando confundimos las esperanzas con los hechos, caemos en la superstición.

Esta manera de pensar, también es una herramienta esencial para la Democracia.

La Ciencia es además, un intento, en gran medida logrado, de entender el mundo, de conseguir un control de las cosas, de alcanzar el dominio de nosotros mismos, de dirigirnos hacia un camino seguro. La Ciencia nos conduce a la comprensión de cómo es el mundo y no de cómo desearíamos que fuese.

La meteorología y la microbiología explican ahora lo que hace solo unos siglos se consideraba causa suficiente para quemar a una mujer en una hoguera.

Pero también, es mucho lo que la Ciencia no entiende, quedan todavía muchos misterios por resolver. La Ciencia está lejos de ser un instrumento perfecto, simplemente es el mejor que tenemos.

A pesar de que en todo el mundo hay una enorme cantidad de personas inteligentes que se apasionan por la Ciencia, los estudios sugieren que un noventa y cinco por ciento de los ciudadanos son «analfabetos científicos».

Hoy día es peligroso y hasta temerario que el ciudadano medio mantenga su ignorancia sobre temas como el calentamiento global, el efecto de las ondas electromagnéticas, la reducción del ozono, la contaminación del aire, los residuos tóxicos y radiactivos, la lluvia ácida, la erosión del suelo, la deforestación tropical, el genoma humano, la clonación animal y humana, etc.

Además de las implicaciones sociales de la energía generada por fisión o fusión nucleares, las supercomputadoras, las autopistas de la información, el aborto, la fabricación de armas la adicción a las drogas, la televisión de alta resolución, la seguridad en las líneas aéreas y los aeropuertos, los trasplantes de tejidos, los costes de la sanidad, los aditivos alimentarios, los fármacos para tratar depresiones o esquizofrenias, los derechos de los animales, la superconductividad, las píldoras del día siguiente, la viagra, las predisposiciones sociales presuntamente hereditarias, las estaciones espaciales, el hallazgo de los remedios del sida o el cancer, el trasvase del Ebro, etc.

¿Cómo podemos en una sociedad democrática incidir en la política nacional o incluso tomar decisiones inteligentes en nuestras propias vidas si no podemos captar los temas subyacentes en todas estas cosas? ¿Cuántas decisiones políticas se ven afectadas por presiones sociales incoherentes? ¿Cuántas decisiones antieconómicas o inapropiadas se toman por exigencias de los ciudadanos contrarias, a la lógica que nos indican instituciones científicas?

Pero además, cuando la sociedad no tiene una cultura científica básica mínima cae fácilmente en la superstición y la brujería. O por el contrario todo lo que no entiende lo traslada a la intervención divina.

Las expectativas de la vida humana era de veinte a treinta años en Europa occidental al final de la época romana medieval, la media no ascendió a 40 años hasta alrededor del año 1970. Llegó a 50 en 1915, 60 en 1930, 70 en 1955 y hoy se acerca a los 80 (un poco más en las mujeres y un poco menos en los hombres).

¿Cuál es la causa de esa transición tan asombrosa? Las muertes por enfermedad se han ido reduciendo progresivamente a través de la historia y las personas se curan gracias a la Ciencia: Por el descubrimiento de los gérmenes patógenos, las medidas de salud pública, las medicinas, las vacunas y la tecnología médica. Además de las mejoras en la alimentación y nutrición humanas. La Ciencia permite que la Tierra pueda alimentar a una cantidad de humanos cientos de veces mayor y en condiciones mucho menos miserables que hace unos cuantos cientos de años. ¿Qué nos aportará, el conocimiento de la estructura nuclear del ADN y el Genoma humano? Es de prever que aportará grandes avances en la prevención y curación de enfermedades hasta ahora incurables.

Después de todo, la longevidad es quizás la mejor medida de la calidad de la vida física. Es un ofrecimiento muy valioso de la Ciencia a la Humanidad: Nada menos que el don de la vida.

Por todo ello el no dar importancia o abandonar la Ciencia significa mucho más que quedarnos sin el aire acondicionado, el aparato de Cd, el ordenador y el automóvil.

En la sociedad actual sencillamente, no hay vuelta atrás. Nos guste o no, estamos atados a la Ciencia y por

ello lo mejor sería sacarle el máximo provecho. Cuando finalmente lo aceptemos y reconozcamos plenamente su belleza y poder nos encontraremos con que, tanto en asuntos espirituales como prácticos saldremos ganando.

La Ciencia no sólo es compatible con la espiritualidad, sino que es una fuente de espiritualidad profunda. Cuando reconocemos nuestro lugar en la inmensidad del universo, cuando captamos la complicación, la belleza y sutileza de la vida, la elevación de este sentimiento, la sensación combinada de regocijo y humildad es sin duda espiritual. Eso sí la Ciencia puede ser difícil de entender y puede desafiar creencias muy arraigadas.

Sin embargo, la superstición y la Pseudociencia no dejan de interponerse en el camino de la Ciencia, proporcionando respuestas fáciles, evitando el escrutinio escéptico, apelando a nuestros temores y devaluando la experiencia, convirtiéndonos en practicantes rutinarios y cómodos además de víctimas de la credulidad.

Parece confirmarse una pérdida progresiva de la capacidad crítica y del escepticismo, los ciudadanos parecen aferrados a las bolas de cristal, las cartas del Tarot o consultando nerviosos los horóscopos, incapaces de discernir entre lo que nos hace sentirnos bien y lo que es cierto. De esta forma nos iremos deslizando, casi sin darnos cuenta hacia la superstición y la oscuridad.

Últimamente más que nunca se observa la caída en la estupidez, se hace más evidente la lenta decadencia del contenido de los medios de comunicación de enorme influencia, la programación de nivel ínfimo, las crédulas presentaciones de pseudociencia y superstición, pero sobre todo se está cayendo cada vez más en una especie de celebración de la ignorancia.

Hemos preparado una civilización global en la que los elementos más cruciales, son entre otros el transporte, las comunicaciones y todas las demás industrias, la agricultura, la medicina, la educación, el ocio, la protección del medio ambiente, e incluso la institución democrática clave en las elecciones dependen profundamente de la Ciencia y la Tecnología. Pero al mismo tiempo también hemos dispuesto las cosas de modo que nadie entienda la Ciencia y la Tecnología. Esto, es garantía de desastre.

Por lo tanto, es muy importante y totalmente imprescindible no solo robustecer la enseñanza de las Ciencias sino también popularizar su conocimiento, haciendo accesibles sus métodos y descubrimientos a los no científicos.

Cuatro son las razones principales para realizar un esfuerzo continuado que acerque la Ciencia a la sociedad:

- 1) A pesar de las abundantes oportunidades de mal uso, la Ciencia puede ser el camino dorado para que las naciones salgan de la pobreza y el retraso.
- 2) La Ciencia nos alerta de los riesgos que plantean las tecnologías que alteran el mundo.
- 3) La Ciencia nos enseña los aspectos más profundos de nuestros orígenes, naturaleza y destino, el de nuestro planeta, y el del universo.
- 4) Y como decíamos antes los valores de la Ciencia y los valores de la Democracia son concordantes y en muchos casos indistinguibles.

En la enseñanza obligatoria y post-obligatoria, el bajo nivel de conocimientos de los alumnos en las ciencias viene determinado, en primer lugar por la reducción horaria de dedicación a estas materias. Esta reducción horaria y el consiguiente menor nivel de conocimientos que iba a adquirirse, se podía haber compensado en parte, si se hubieran impartido las materias transversales previstas tanto en la LODE como en la LOGSE de las cuales la mayoría eran de carácter científico: Educación para la salud, educación para el consumidor, educación para el medio ambiente, educación para la sexualidad, etc., lo cual a supuesto un fracaso desde el principio. Con ello se ha ido aumentando el déficit de conocimientos científicos que debían adquirir los alumnos.

Pero aparte de los aspectos metodológicos, en parte condicionados por la baja dedicación horaria, y que indudablemente no se han revisado y modernizado lo suficiente, hay que tener en cuenta que la Ciencia, es difícil de aprender y de enseñar, probablemente debido a sus aspectos antiintuitivos y perturbadores, el que en muchas áreas no da soluciones claras y definitivas. por otro lado la perspectiva de su mal uso, la independencia de la autoridad, etc., produce un cierto rechazo.

Hay quien afirma (Cromer, Univ. de Boston) que la dificultad de su aprendizaje es difícil porque es nueva. Es decir, nosotros que somos una especie con cientos de miles de años de antigüedad, descubrimos el método científico sólo hace unos siglos y además concluye que no la habríamos descubierto sino fuera por una improbable concatenación de hechos históricos que confluyeron en la antigua Grecia. El desarrollo de un método escéptico, inquisitivo y experimental propio de la Ciencia, y su persistencia durante mil años.

En resumen, una vez establecida la importancia que tiene el conocimiento de la Ciencia, los valores democráticos y sociales que transmite y las destrezas intelectuales que proporciona a los ciudadanos, mi propuesta de futuro para mejorar la enseñanza de la Ciencia en nuestra sociedad son las siguientes:

- 1) Se hace necesario revisar, analizar y decidir cuales son los contenidos científicos básicos que han de impartirse. Concretando la profundidad o extensión con que se han de impartir y por lo tanto la dedicación horaria en el currículo de la enseñanza obligatoria y el bachillerato.
- 2) Es imprescindible mejorar y actualizar la metodología que en la actualidad se utiliza para transmitir los conocimientos científicos en los centros escolares.
- 3) Dada la importancia que tienen los conocimientos científicos en la sociedad actual, no solo reforzar y mejorar su enseñanza en todos los niveles educativos, sino realizar un esfuerzo continuado de divulgación entre los ciudadanos, a través de los medios de comunicación.

En definitiva, nos encontramos en un país con un déficit histórico de científicos en comparación con otras naciones de nuestro entorno y que solo es explicable, si consideramos que aquí la enseñanza de las Ciencias ha sido escasa y con una metodología poco adecuada.

### 3. Situación comparativa con los países europeos.

#### 3.1. La educación científica en la educación secundaria en Alemania, con especial énfasis en la asignatura de química a modo de ejemplo.

*D. Heindirk tom Dieck. Ex Presidente de la Sociedad Alemana de Química. Frankfurt (Alemania).*

(Resumen de la intervención ante la Ponencia, resumiendo el documento que reproducimos a continuación en versión original.)

Agradezco profundamente esta oportunidad y voy a resumir las ideas que contiene mi documento de análisis de las enseñanzas científicas en Alemania durante la educación secundaria.

El nivel secundario tiene la misma denominación en Alemania. El nivel primario o la escuela primaria tiene una duración de cuatro años, a partir de los seis años. En la fase anterior en Alemania no existe una formación escolar, sin embargo, existe el sistema de las guarderías.

Después de cuatro años de escuela básica empieza una fase especial que en Alemania se llama un nivel de observación. Esta fase de observación abarca los cursos 5 y 6 y puede llevarse a cabo en el mismo colegio, en el cual a continuación el alumno va a estudiar hasta obtener el título final, o sea, hasta el bachillerato. En otras escuelas existe un sistema especial, es decir, el alumno pasa a un nivel de observación especial. En este nivel de observación se pretende terminar con una recomendación individualizada para cada uno de los alumnos. Es decir, después del sexto curso, cada alumno tiene una recomendación sobre el colegio o el instituto que va a visitar a continuación.

Como pueden ver, después de la escuela básica y el nivel de observación tenemos un sistema educativo que realmente toma en cuenta las capacidades de cada uno de los alumnos, es decir, determina si el alumno después de 10 años de enseñanza escolar obligatoria va a terminar los estudios obteniendo un título de graduado escolar. (Es el caso de un 25% de cada promoción.) El alumno puede optar por entrar en la segunda fase de la enseñanza secundaria que le lleva al bachillerato, es decir, obtiene permiso de seguir estudiando una carrera universitaria.

Este sistema, como vemos, es distinto al de los demás países industrializados, porque en Alemania muchos itinerarios terminan a los 16 años. Después, el alumno puede empezar una formación profesional en un sistema que se llama «sistema dual», porque al mismo tiempo está asistiendo a clases en una escuela de formación profesional. Estamos hablando de un 40% de una promoción.

Un 35% de cada promoción llega hasta el bachillerato. La educación científica, las clases de matemáticas, física, química, biología, ya empieza a nivel secundario I.

En la documentación que ustedes tienen les explico cuántas horas lectivas abarca este sector en el horario. No se da como una asignatura conjunta la física, química y matemáticas, sino como asignaturas separadas.

Actualmente se va a mantener ese sistema en Alemania, sobre todo en cuanto a los alumnos mayores de 15 años, estamos hablando del noveno curso.

Los cursos anteriores también tienen una educación científica, en algunos Estados federados, porque la competencia en educación es competencia de los Estados federados, que pueden ofrecerla como asignatura separada. En Alemania tenemos 16 Estados federados, con 16 sistemas educativos distintos. Por supuesto también hay normas que lo unifican. Hay una conferencia, una reunión de los ministros de Cultura de cada Estado federado, con el fin de asegurar una homogeneidad de esta educación en Alemania.

La Física, la Química y la Biología se enseñan en la mayoría de los Estados federados por separado, y a partir del curso número 8, pero nunca se da como una asignatura conjunta.

Hay una peculiaridad que podría ser interesante para ustedes, aunque no conozco demasiado bien el sistema español. Todos los profesores que tienen derecho a dar clases en el nivel secundario I, y aquellos profesores que tienen derecho a dar clases en el nivel secundario II disponen de una formación específica, o sea que no puede ocurrir que un físico, un licenciado en Físicas o en Químicas o en Matemáticas, con una formación científica completa, se convierta en profesor, no puede ser. Todos los profesores en Alemania disponen de una formación en cambio específica y cada profesor puede dar clases en dos asignaturas, normalmente es matemáticas y físicas; en el caso de química hay combinaciones, pues química y biología, muchas veces química y físicas, que son asignaturas bastante afines, pero normalmente los profesores disponen de dos formaciones científicas recibidas en la universidad. En cualquier caso, los profesores han cursado una tercera parte de su formación en estudios pedagógicos; por lo tanto, los licenciados en Física, Química o Biología no pueden dar clases en el sistema público de enseñanza.

En el debate, si les parece, les voy a dar algunos datos estadísticos sobre los errores que tiene nuestro sistema educativo. Errores que ustedes tal vez podrían evitar, que se deben, por ejemplo, al desarrollo demográfico. Se puede prever el desarrollo demográfico porque los que empiezan la escuela a los seis años ya llevan seis años en este mundo, por lo tanto, se puede planificar. En Alemania, como en España, tenemos una gran reducción del número de nacimientos, y no hemos sabido adaptar esta evolución demográfica a la nueva situación escolar. El personal docente tiene una edad relativamente elevada. ¿Por qué? Porque existían pocos alumnos y no se han contratado más profesores, por lo tanto tenemos un cierto envejecimiento de los docentes. También la ciencia se está desarrollando a un ritmo muy rápido y, por tanto, los profesores tienen que adaptarse a esta evolución.

Si ustedes quieren una información detallada sobre alguna de estas cuestiones, al final de mi documentación en inglés les he apuntado algunas direcciones de Internet donde ustedes pueden encontrar respuestas a muchas preguntas sobre el sistema escolar.

Me gustaría hacer referencia a un debate de actualidad en términos políticos: España es miembro de la Unión Eu-

ropea y, por lo tanto, España tiene que compararse en cuanto a la eficacia de su formación con los demás países europeos. La potencia económica de un país como Alemania o como España, en primer lugar, dependerá del desarrollo de nuevas tecnologías, de qué trato se da a las innovaciones, a las investigaciones: todo eso contribuirá a la potencia económica, al poder económico de ese país.

En Alemania, debatiendo este tema, nuestra preocupación es la situación competitiva en Europa y la calidad de la formación en Francia, en Inglaterra, en España... Así, ¿cómo tenemos que posicionarnos en Europa?. Al mismo tiempo hemos vivido algo que no se ha podido prever a la hora de crear y fundar la Unión Europea: la desaparición del antagonismo político y la globalización que estamos viviendo a partir del año noventa, que ha tenido sus consecuencias sobre nuestro sistema universitario y sistema educativo.

Yo creo que lo que están haciendo actualmente en España, es decir, reflexionar sobre la mejora de la educación científica en los colegios, tiene una gran importancia porque ya hemos visto que las decisiones que toman los jóvenes, o sea, las decisiones de emprender una carrera científica, técnica, esa decisión se toma entre los 13 y los 15 años, y no al final del bachillerato, al final de la formación escolar.

En Alemania existen dos grandes partidos: los socialdemócratas y los demócratas cristianos. Y existen dos opiniones muy opuestas en el tema de la educación. Creo que es importante que haya un consenso entre la oposición y el Gobierno en esta materia, porque en Alemania esta falta de acuerdo nos ha llevado a retraso, y en cada Estado federado existe una prioridad política distinta.

*(Transcripción de la comunicación del Prof. tom Dieck en versión original inglesa.)*

*The following report is prepared for a hearing in the Spanish Senate about the situation of the scientific education on the secondary school level in Spain. During the overall report the comparative situation in other European countries will also be discussed. In this paper a number of qualitative and quantitative aspects of science education in Germany are presented which might be helpful for decisions to be taken in Spain.*

#### *The Standard School Curriculum*

*Children enter primary school at the age of six. Their ability is, nevertheless, matter of a test. Children might be sent back for one further year if considered not yet mature. Although the percentage of children visiting a kinder garden (3-6 years of age) is steadily increasing as the Federal Government has imposed on the community (Towns, villages) by law that parents shall have the right to find a place in the kinder garden for their child/children, the kinder garden does not act as a pre-school system. There are exceptions to this general statement. In some communities preparatory classes (age of 5 years) are compulsory. Sta-*

*tistically the enrolment in primary schools saw an increase versus the age of 7 years, there are recent political counteractions to reduce enrolment age.*

*Primary school is for four years (age 6-10, classes 1-4). During this period there is teaching in a subject ("Sachkunde-Unterricht"), in which very elementary science is presented.*

*Following are two years (orientation phase, "Orientierungsstufe", starting age 10, classes 5 and 6), which are quite differently organized in different states. The purpose of the orientation phase is to give parents/children the possibility to find the adequate type of subsequent education for further four following years of compulsory school. For the purpose of this report those pupils are considered who continue in the Secondary I school system ("Sekundarstufe I", starting age 12, ending after 4 years at the age of 16, classes 7-10). During this period science education is important and will be specified later.*

*After compulsory 10 school years pupils receive a first "maturation" document, an intermediate high school certificate (coll.: "Mittlere Reife"). They may leave school and continue with an apprenticeship (including parallel specific school for vocational training).*

*In the school type "Gesamtschule" (comprehensive school) and Gymnasium (the traditional high school leading to a degree which allows to pass on to a university) pupils or students continue for another three years in the Secondary II. ("Sekundarstufe II"; age 16-18, finishing at the age of 19!, classes 11, 12 and 13) This is different from most other European countries. There is a tendency to reduce Sec. II to only two years. Experimental curricula are now introduced. While class 11 is still traditional with many different compulsory teaching subjects and only a small portion of optional subjects "classes" 12 and 13 ("Reformierte Oberstufe", reformed upper phase) are more or less age-classes (of school life) with individually composed curricula, of course according to a minimum scheme. Maths and science cannot be "avoided"; on the other hand may be selected as priority field with special courses.*

*Pupils/students normally enter high schools ("Gesamtschule or Gymnasium") after the primary school (plus observation phase) and stay there for Sec. I and Sec. II until the final examination at the age of 19+.*

*Private schools and boarding schools have statistically negligible importance in Germany.*

*Whole-day school is very uncommon; meals at school are also uncommon. Teaching is concentrated from 8:00 to 14:00, or from 8:00 to 13:00 plus some lessons in the afternoon. This has an obvious influence on the professional occupancy and time management for parents.*

#### *The Federal School System*

*The Federal Republic of Germany comprises 16 states ("Länder"). Educational and cultural matters are the most important political fields in which the State Governments ("Länderregierungen") are the decisive authorities, and this part of states' competence is jealously protected.*

To secure important elements of homogeneity in the German educational system the ministers for culture and educational matters together form the Cultural Ministers' Conference ("Kultusministerkonferenz" KMK). Nevertheless there is substantial variation in particular teaching aspects, this also holds for science teaching.

The State Governments are, of course, of different political "colour", which has an impact on the educational systems, on the (political) preference of certain school types and on the sociological educational structures.

The States show further very important differences with relevance to school matters: Some of the States such as Berlin, Hamburg and Bremen are more or less big cities with extremely dense population, dense infrastructure and hence many schools of different types and of the same type within reach of one living area. Other states with a large surface, more rural character, less producing industry, and/or less service industries, have a different repartition of parents' professions and longer distances to one or a selection of secondary schools.

The States are of different economic strength. A horizontal financial equalization reduces the disadvantages for poorer areas

#### Political and Societal Influences

School politics are always a matter of debate prior to State elections and have shown substantial polarization between conservatives and social democrats. In the past social democrats had a tendency to support comprehensive high schools and under-privileged families from less educated groups of the population. This "equal chances" politics gave rise to a higher percentage of students per age group to acquire the final high school grade ("Abitur"). More conservatives states stressed the terms of quality and performance and showed a more rigid selection to allow students to continue beyond Secondary I. Twenty years ago the difference between the States of Berlin, Hamburg, Bremen (> 30% of the age group with final exam "Abitur"; less than 15% in the State of Bavaria) was typical for such conditions. The average (1999) is now >25% successful final exams from general public schools, 11% from vocational schools. Thus 36% of the corresponding age group are permitted to continue in universities (27,3%) or polytechnics (9,2%). Girls are slightly (53%) ahead of boys.

The increasing importance of leisure and holidays for the parents' generation had its influence on school life. In most states teaching is from Monday thru Friday, only occasionally on Saturdays, or a maximum of 50% of the Saturdays.

University Studies in the Sciences and the Engineering disciplines have always been considered as difficult. On the other hand the reputation of the profession of an engineer, a chemist, or a physicist was very high in the past. Some of the reputation of these professions with an academic educational basis—and this is especially true for the engineers and the chemists—stemmed from the high positions and also the high salaries which could typically be

reached in industry. The very general attitude to earn ones living with less stress and work and also the intermediate difficult years of globalisation a heavily competitive labour market had a marked effect. The number of pupils choosing the science-profile school curricula in Sec. I and of the students in Sec. II declined strongly. Later on, starting in the early 90ies, the number of university students in science and engineering science dropped sharply in many highly industrialized countries, very typically in D, NL, CH, Scandinavia. Parts of Europe will face a sharp shortage of young human capital in science prior to learn to hire new staff outside traditional areas.

#### Teacher Resources

The severest political and/or societal influence on the science teaching is directly and indirectly linked to the German demographic development and may serve as a bad example for other countries. The birth rate in West Germany was at maximum between 1960 and 1967. From 1968-1974 the rate fell 45% and remained quite low. The States authorities reduced the number of newly employed teachers so drastically that the age of the teaching staff grew accordingly. Further, young persons were totally discouraged to study for high school teachers as there were almost no new openings and this continued for such a long (too long!!) period that we face a relatively over-aged staff and a lack of resources to be employed.

Different from many other countries, the university curricula and the final exams for students to become teachers are controlled by the States, they are different from diploma studies, and they are also differing for teacher students for primary school, for Secondary I and for Secondary II.

To become a science teacher in the Sec. II level teacher students have to choose two science subjects (e.g., biology and chemistry) and have to go through an important theoretical pedagogic education; after the 1<sup>st</sup> state exam they will continue a practical stage at the high school plus a 2<sup>nd</sup> state exam.

There is almost no exception from the rule that teachers have to be educated according to this specific and well-defined scheme, which separates science curricula in universities with respect to the choice of the later profession. Diploma physicists, chemists or biologists even with a PhD grade are not admitted to become teachers.

#### Quantitative and Qualitative Aspects of Science Teaching

There is a relatively early decision in an individual pupil's school curriculum whether to prefer a language or science orientation ("Sprachlicher Zweig" or "Mathematisch-naturwissenschaftlicher Zweig").

Traditionally the sciences are taught separately, i.e. there are lessons in physics, in chemistry and in biology. There is no subject geology, but geography. Geography is not assigned to the science sector. The teachers associations and the learned societies (such as the German Chemical Society GDCh) are successful to explain to the poli-

tical authorities that the methods and contents of these three sciences are so different that each of them fulfils a specific pedagogic goal, how observe and to document an experiment or an event, to reach conclusion, how to think in terms of strictness and logic, and how to reach levels of abstractness and general insight.

Recent proposals to introduce a subject "science education" instead of the three different sciences as subjects have low probability of realization. They stand against German tradition; the teachers' education does not qualify for this broad subject in view of the strict university curricula described above. One origin of such proposals might be the philologists' side, as the continuous request from all teaching areas (foreign languages, social subjects, maths and sciences) to increase their portion of teaching hours and reduce the others accordingly might find a good solution in decreasing science by introducing this comprehensive subject.

#### Hours of Chemistry Teaching:

Orientation Phase: (classes 5 and 6): 1 – 2 h/week in 3 states

#### Secondary I

class 7: 1-2 h/week in 3 states

class 8: 2 h/week in 8 states

class 9: 2 h/week in 15 states; (3 h\*)

class 10: 2 h/week in 15 states, (3 h\*)

#### Secondary II

class 11: 2 h/w Standard. 3-4 h/w science Profile (depending on state) up to 5 h/week special profile ("

"class 12 and 13": dep. individual choice and state (0-6 h/w).

Example of a German State with language or science profile (Baden Württemberg)

#### Language Profile (lessons of 45 min per week)

Class =>	5	6	7	8	9	10	11
Maths	4	5	3	5	4	4	4
Physics	(1)	(1)		2	2	1	2
Chemistry	(1)	(1)			2	2	2
Biology	2	2	2	1			1

#### Science Profile

Class =>	5	6	7	8	9	10	11
Maths	4	5	3	5	4	4	4
Physics	(1)	(1)		2	2	2	3
Chemistry	(1)	(1)			3	2	2
Biology	2	2	2	1	1	2	2

Chemistry like physics and biology is an experimental science. Group work and laboratory work was and is considered to be very important for the pedagogic goals of these subjects. Chemistry is struck harder than the other

two areas by the steady development of ever higher standards in safety, health and environmental impact. Schools were left alone for many years with the correlated problems in performing experimental work and also with the increasing costs beyond the needed materials. Chemical industry and university laboratories have made great efforts to help schools, teachers and students. Partnerships have been built up, but the support from the ministries and further public authorities is still considered insufficient to guarantee solid laboratory conditions for experimental work of teachers and of students themselves.

#### Further information on Educational Matters in Germany

Very extensive information on all school matters (and further education matters) can be found on the following internet addresses, which also give information on print products, many of which are free

[Http://www.bmbf.de](http://www.bmbf.de) Server of the Federal Ministry of Education and Research; This ministry publishes every year a very informative 500 pp guide entitled «Grund-und Strukturdaten» (free from the Publisher: BMBF, Post Box 300235, D-53182 Bonn or by Fax (0049) 1805 262 303).

<http://www.bildungsserver.de> From this education server you are linked to all corresponding servers of the different States, and thus to specific State information; most of the materials can be downloaded, including complete education plans with the whole content description.

<http://www.kmk.org> is the server of the States' cultural ministers conference, with many links to all school matters. On this server under [www.kmk.org/schulk/home1.htm](http://www.kmk.org/schulk/home1.htm) there is a links to a very recent 24 pp report on «Activities of the states to develop the education in science and mathematics», taking into account the results of the TIMS and the PISA 1 study.

<http://www.mpib-berlin.mpg.de> is the server address of the Max-Planck-Institute for Education Research, which was the national institution responsible for the German part of the PISA 1 study.

<http://www.eurydice.org> is the server for the Eurydice database on Educational systems in Europe.

<http://www.eun.org> is the corresponding server on the European Schoolnet.

Some Activities of the German Chemical Society GDCh on Educational Matters and public understanding of science

<http://www.gdch.de> is the server of the German chemical society, Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh. GDCh has a division on Chemistry Teaching with approximately 2000 members. GDCh publishes regularly recommendations on Educational Matters in chemistry; GDCh has its own Chemistry Teaching Journal "ChemKon". GDCh has a special continuous education programme for chemistry teachers and a regional programme for continuous education, teachers and students' experimental days in universities.

GDCh has also decided in 2001 to create and co-finance Teachers' Continuous Education Centers in Germany and has started a competition to allocate the financial resources.

Together with the Chemical Producers' Association VCI, the Chemistry Trade Unions IGBCE, the Chemical Employers Association BAVC the GDCh is running a political initiative during 2001, 2002 and 2003 throughout Germany.

#### Education Initiative in Chemistry

The purpose is to enhance the political and public understanding that good science education in schools is the foundation for an encouragement of youngsters to decide for scientific and technical studies and professions, a prerequisite for the needed human capital in a leading technological nation.

The year 2003 will be celebrated as the "Year of Chemistry" with the purpose to enhance the visibility and the public understanding of this science. The "year of Chemistry" is performed and sponsored by all chemistry organisation, the federal ministry and is directed and coordinated by the German Chemical Society GDCh. Schools, teachers and student groups will be in the focus of the 2003 activities. Public awareness for chemistry will be enhanced by a new 2003 post-stamp and a 10E coin with the portrait of Justus Liebig, one of the world's best known chemists, born 1803. Details can be taken from [www.jahr-der-chemie.de](http://www.jahr-der-chemie.de).

A "Year of Physics 2001" was the starting point in the Public Understanding of Science programme, followed by a "Year of the Life Sciences 2002".

#### Science Education on the Secondary School Level. The case of Germany

With the increasing internationality of education, globalization of industries and required mobility of the work force it has become good practise to compare and evaluate national system with the inclusion of foreign experts. But even with the most precise data and comprehensive knowledge about statistics and educational content in other (supposedly leading) countries comparisons between national educational systems are difficult and even dangerous. Beyond facts and objective criteria the following has to be considered:

- Is the existing national educational system strongly linked to national self-esteem.
- Is the existing educational system very broadly embedded and accepted in the social structure.
- Is the individual pupil/student expected to draw maximum profit for him/herself or is he/she expected to render good result for the society.
- Are the political decision makers, not the opposition, willing to make substantial changes against a widely accepted system.

The impact of the Scientific Learned Societies on the public discussion of educational matters in Germany is quite important, since these Learned Societies play a do-

minant role for the academic field and the academic professions. The teachers' associations probably have a more direct influence on educational matters at school, but they are dominated by other disciplines than science and mathematics. As an example of the activities of the Learned Science Societies in Germany enclosed are inter alia.

The Federal Government of Germany and the State Governments have decided to create a common forum ("Forum Bildung") to secure the Quality and the Sustainability of the German Educational System. Under the joint presidency of the Federal Minister of Education and Research, Mrs. Bulmahn (social democrat), and the Bavarian State Minister of Science, Mr. Zehetmair (christian socialist) the ministers of the states, representatives of the important social groups, of the science, of the churches, and students have worked on general educational recommendations.

By the end of the year 2001 the "Forum Bildung" has published a report (only available in German language), the short version of which is attached (Exhibit No 8) and the short and the long version are available on the server of the Federal Ministry [www.bmbf.de](http://www.bmbf.de). Much of the general public debate can be followed on the server [www.forumbildung.de](http://www.forumbildung.de).

### 3.2. Matemáticas y escuela secundaria en Europa.

D. Philippe Richard. Miembro del Comité en Educación Matemática de la Sociedad Matemática Europea. Profesor del Departamento de Didáctica de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Montreal (Canadá).

Este informe tiene como intención comparar el contexto de la enseñanza de las matemáticas en los diversos países europeos, exponiendo aspectos relevantes relacionados con la escuela secundaria. No se trata ni mucho menos de establecer una ordenación entre niveles de resultados, sino proporcionar la información necesaria para asentar una coherencia externa entre la situación española y aquella que prevalece en Europa.

Aunque el aprendizaje del alumno aparece como objeto central de la gestión educacional, la esfera de los condicionantes sociales es muy amplia y el reconocimiento de sus estructuras, de sus funciones y de sus interrelaciones resultan imprescindible para acercarse a cualquier diagnóstico sobre el estado de los sistemas de enseñanza. Al mismo tiempo, tal empresa resulta peligrosa dado los incesantes cambios sociales así como el gran volumen y la rapidez con la cual circula la información. Para paliar a este inconveniente, presentamos un informe que quiere hacer un puente entre la cultura habitual de una presentación en una Comisión del Senado Español, cultura ordenada pero estática, y una actualidad en movimiento, que debe situarse en su medio.

Si bien existen estudios internacionales a gran escala que suministran elementos de referencia en la evaluación de los conocimientos y de las competencias desarrolladas en el alumnado (TIMSS), la ausencia de unos exámenes



oficiales al final de la escuela secundaria en muchos países impide tanto contextualizar estos estudios como disponer de resultados cuantitativos. Además, cuando estos resultados están disponibles a nivel nacional o internacional, la pluralidad de las posturas teóricas previas, de los métodos de recolección de datos, de su análisis y de su valoración impide cualquier comparación que no sea la mera descripción a partir de unos puntos de referencia básicos, como en los informes de la UNESCO o de la OCDE. Asimismo, no existe aún el desarrollo de una macrodidáctica de las matemáticas que, al igual que su vertiente económico, permitiría tener acceso al estudio de las magnitudes y variables agregadas y que ignora por ello los comportamientos individuales, dando información integral sobre los efectos a medio plazo de las políticas educacionales.

Para asegurar la objetividad y el rigor necesario a esta presentación, adoptamos un enfoque cualitativo, ciertamente el más apropiado en estas circunstancias, que recoge una parte del análisis y de las conclusiones del proyecto *Niveles de Referencia para la Enseñanza de las Matemáticas en Europa*, elaborado por el Comité sobre Educación Matemática de la Sociedad Matemática Europea y financiado por la Unión Europea. Este comité científico, constituido por miembros nacionales de países actuales o futuros de la Unión, depositó su informe en Luxemburgo en el mes de mayo de 2001. Se consideró cuestiones generales sobre la sociedad, los sistemas escolares, la especificidad de la enseñanza de las matemáticas en Europa y se propuso reflexiones generales sobre las matemáticas y su enseñanza. En particular, a partir de 16 informes nacionales, se hizo hincapié al establecer algunas de las similitudes y diferencias más patentes que prevalecen entre los países del estudio (Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, Rusia, Suecia y Suiza).

### Un panorama complejo

Parece un tópico afirmar que los sistemas escolares en Europa son de la misma naturaleza que las regiones donde se encuentran. Dicho de otro modo, la gran diversidad de sus tradiciones históricas, de sus condiciones sociales y de sus culturas políticas les conceden recursos, les prestan ideales y, sobre todo, son ellos que enlazan los individuos en la vertebración y en las funciones de las instituciones y de los colectivos que intervienen en el mundo educacional. Aun cuando estos sistemas no están en transición, se aprecia grandes variaciones en cuanto a las formas en que se diferencian los tipos de centros educativos, al lugar conferido a las matemáticas en los programas generales o profesionales, a las edades de los alumnos de la educación obligatoria y a la cantidad semanal o anual de horas de clase. Hasta el lenguaje utilizado para describir los sistemas escolares se acomoda de un país al otro —incluso en los mismísimos nombres empleados para nombrar propiedades matemáticas idénticas que figuran en los programas oficiales—. En los países de costumbres centralizadoras como Francia, Grecia, Italia e Inglaterra se oponen los sis-

temas de competencias exclusivas o compartidas como en los Länder alemanes o en las Autonomías españolas, pasando por los estados que no son federales pero que admiten ajustes de acuerdo con sus comunidades (como Bélgica, Hungría y Finlandia —con su minoría de locutores suecos), dando un sentido específico a la palabra «región» cuando se trata de educación. Al mismo tiempo, los sistemas centralizadores tienen tendencia a descentralizarse mientras los sistemas descentralizados tienden a buscar mecanismos de coordinación central, correspondiendo, según una encuesta de la OCDE, a los deseos de sus ciudadanos.

Si el intento de bosquejar un cuadro del panorama europeo lleva deliberadamente al reconocimiento de puntos de encuentro, la elección de estos y del lenguaje utilizado resultan de una simplificación, so pena de prohibir la comparación o, al menos, de atenuar ampliamente su alcance. Muchas de las consideraciones expuestas a continuación se tienen que interpretar como un primer acercamiento a una realidad muy diversa. Además, los datos necesitarán ponerse al día para tomar en cuenta las evoluciones en curso. Como información complementaria y más precisa, adjuntamos los informes nacionales y un resumen que pone en paralelo los sistemas escolares, el lugar y la importancia de las matemáticas en los currículos, los objetivos matemáticos generales, los contenidos básicos, las variaciones regionales y las estrategias de implementación curricular.

Sistemas escolares: tendencias, cambios en curso y desafíos

- Actualmente en todos los países considerados, la enseñanza obligatoria dura como mínimo nueve años, a pesar de que la casi totalidad de los jóvenes están escolarizados al menos hasta los 16 años y, muy a menudo, hasta los 18 años. No obstante, según las estadísticas de la OCDE en 1996, la proporción de jóvenes que no estaban escolarizados a los 16 años varía entre 5% y 20% en seis de estos países (Dinamarca, España, Finlandia, Grecia, Reino Unido, Suiza). En un sentido opuesto y cuando el sistema lo permite, es muy frecuente que los alumnos que cursaron una formación profesional preuniversitaria continúen sus estudios de una forma u otra a causa de la saturación del empleo, aunque estuvieron destinados al mundo laboral.

No disminuir el nivel global de la formación de los alumnos, aun cuando sólo sería para no penalizarles en la continuación de sus estudios, más allá de la educación obligatoria.

- Además del alargamiento de la escolaridad, existe una tendencia general que consiste en retrasar la especialización tanto como pueda. Para los jóvenes que están todavía escolarizados y en la mayoría de los países, la especialización procede después de los 14 o 15 años. Si bien ya tiene lugar a los 16 o 17 años en Dinamarca, Finlandia y Suecia, la especialización interviene desde los 11 o 12 años en Ale-

mania, Bélgica, Países Bajos, Reino Unido y Suiza. Muchos de estos últimos países procuran retrasar esta edad.

Identificar unívocamente los conocimientos y las capacidades básicas necesarias al conjunto de los futuros ciudadanos, aunque resulta difícil prever cómo será la sociedad en la cual tendrán que participar. A la fuerza, no es evidente encontrar esta univocidad dentro de un mismo país, todavía menos a escala europea.

- El nuevo orden mundial y la apertura del espacio europeo a los estudiantes y a los trabajadores llevan a una petición cada vez más insistente que vinculan la formación y el mercado laboral con la movilidad. Aun cuando su grado de acogida varía bastante de un país al otro, se pretende que la escuela no prepare prematuramente a los alumnos a un empleo determinado, si no que les provee de herramientas culturales y de una formación sólida que les permitirán adaptarse y actualizarse a lo largo de su vida profesional.

Organizar la enseñanza de tal modo que todos los alumnos puedan adquirir los conocimientos y las capacidades básicas mencionadas anteriormente, de forma consciente, durable y utilizable tanto en el ámbito escolar como en la diversidad de las futuras situaciones en que se enfrentarán. En este sentido, la cultura de la normalización, en la cual la organización procede a partir de disposiciones previstas de antemano y que pretende dar objetividad y ser controlable, compite con la cultura de la responsabilidad, cultura más flexible que puede adaptarse a las realidades que no se supo prever y que favorece la búsqueda de compromisos.

- Se suponía que la introducción sistematizada de las tecnología de la información y de la comunicación en las escuelas les permitiría proporcionar a los alumnos una formación básica en o con la informática, imprescindible para el desarrollo de sus competencias generales. Sin embargo, persiste una ambivalencia: ¿el uso efectivo de las TIC contribuye a completar conocimientos anteriores a su introducción o les ambiciona sustituir? En clase de matemáticas, no se sabe muy bien cuando estas tecnologías deben emplearse, en la medida de lo posible, al servicio de saberes tradicionales o cuando la naturaleza misma de éstos se ven modificados. Del mismo modo que la información digital que concierne a los ciudadanos es cada vez más presente y de forma cada vez más compleja, queda claro que la práctica profesional de las matemáticas está estrechamente influida por las nuevas tecnologías, tanto a nivel cotidiano como investigador.

A no sea que se quiere que sólo una parte de los ciudadanos puedan entender el mundo que les rodea, la cuestión de la calidad del acceso a las TIC no pone solamente en tela de juicio la formación de los futuros matemáticos o de los futuros usuarios profesionales de las competencias matemáticas. Lo que está en juego concierne los mismísimos fundamentos de la democracia.

- En la problemática de la evaluación, está creciendo por todas partes la idea de responsabilizar a los integrantes

del mundo educacional para valorar, en su justa medida, los efectos de las múltiples facetas de los sistemas escolares. La cultura de la evaluación concierne tanto el docente en su clase como el alumno mismo, la organización de los establecimientos, la calidad de los proyectos educativos, de los programas y de los manuales.

Conciliar la cultura de la responsabilidad con la cultura de la normalización en esta problemática.

#### Particularidades de la enseñanza de las matemáticas

- Además de la práctica docente tradicional y de la pedagogía por objetivos que marcan aún la estrategia curricular de sistemas escolares enteros, varias regiones están estableciendo un estilo de enseñanza que pretende basarse en el constructivismo (el alumno construye sus conocimientos) o el socioconstructivismo (que se realiza en el intercambio social)\*. Se considera que los Países Bajos sobre todo y, en cierta medida, Italia, algunos cantones Suizos, una parte de Bélgica y el Reino Unido han adquirido una experiencia sugerente en este sentido. Por todas partes se encuentra profesores de matemáticas que lo comparte. En otros países como Francia se trata de un enfoque oficial, aunque se reduce a menudo al uso sistemático de actividades, lo que alimentó desde hace poco una crítica social en contra. Todas las regiones consideran que es la resolución de problemas que induce más a los alumnos a comprender las ideas matemáticas, aun cuando todas no se valen de estas situaciones con la misma importancia. Numerosas competiciones (olimpiadas, pruebas, gymkhanas, concursos, juegos, etc.) tienen un efecto muy positivo al respecto (Hungría, Francia, Suiza, ...).

- A los 16 años, el tiempo medio dedicado a las matemáticas varía entre 3 y 5 horas semanales de clase de 45 min, representando una proporción entre el 10 y el 15% del tiempo total. En la mayoría de los países, según una encuesta de la OCDE, la disciplina que se considera como la más importante después de la lengua natural son las matemáticas. De forma general, el tiempo dedicado a ello parece estar en baja relativa puesto que se ambiciona dar más importancia a otras asignaturas, en particular la informática. No obstante, en los países que consiguen globalmente resultados bajos a la luz de estudios internacionales (TIMSS, PISA) suelen desplegar esfuerzos considerables par remediar la situación.

- Debido a las diferencias notables entre los sistemas escolares europeos, resulta arduo abstraer los objetivos principales de la enseñanza de las matemáticas que no se limitan a los contenidos. Si se incluye también los efectos de la enseñanza y las competencias desarrolladas, se podrían sintetizar en la tabla siguiente:

\* En realidad, la perspectiva constructivista enfoca el cambio de concepción del alumno y la superación de obstáculos en la construcción efectiva de conocimientos pertinentes, reproduciendo características constitutivas del quehacer matemático, sin caer en la fantasía de volver a descubrir lo que ya está descubierto.

Competencias generales	Mundo matemático	Aplicaciones de las matemáticas
Algoritmos Razonamiento, deducción, prueba Lenguaje y símbolos (uso, creación, comunicación, ...) Pensamiento visual Transferencia Interés por las matemáticas, seguridad en su uso	Aritmética Variables, ecuaciones Geometría Gestión de datos Funciones y gráficos	Modelizar Buscar, investigar Cálculos aproximados Uso de la informática Control de resultados

En cuanto a los hábitos actuales en tareas de evaluación, el empleo en exclusiva de ejercicios escritos permanece por todas partes. Esta actitud no ayuda en la promoción ni en la evaluación de algunas capacidades con todo indispensable en el aprendizaje de las matemáticas, como expresarse y argumentar correctamente, plantear en términos matemáticos una situación que ganaría con ello, resolver problemas más complejos que de costumbre, trabajar en grupo en un proyecto de investigación juvenil, consultar libros o manuales escolares de forma autónoma, etc.

- La introducción en clase de los dispositivos calculadores y informáticos pone en evidencia que se necesita un replanteamiento de la jerarquía de valores de los conocimientos matemáticos. El dominio de algunas técnicas de cálculo resulta menos útiles que antes, mientras la capacidad de elaborar un programa de cálculo y de controlar sus resultados aparece en primer plano. En el mismo sentido, los conocimientos básicos en estadística y en probabilidades se precisan desde ahora para el futuro ciudadano.

- La cuestión de la innovación curricular varía mucho entre regiones a nivel de contexto, de enfoques, de contenidos y de métodos. Se aprecia en general un nuevo interés por la enseñanza de la geometría, en particular por la geometría del espacio. Sin embargo, su estudio puede referirse tanto al simple cálculo de volúmenes como al desarrollo del pensamiento visual (Países Bajos). La geometría euclidiana de factura tradicional queda sustancialmente presente en Francia, Grecia e Italia. En algunos casos, la innovación apunta hacia la integración de la estadística, de las probabilidades o de la historia de las matemáticas en los programas oficiales. En otros casos, se acentúa el interés por el uso práctico de las matemáticas en situaciones que no parecen solicitarlas antes de un primer contacto o de su profundización.

#### Relación entre las matemáticas y el mundo educacional

- La tela de fondo de las reformas curriculares previstas (Grecia, Hungría, Luxemburgo, Rusia...) o realizadas (Bélgica, Francia, Italia, Reino Unido, Suecia...) afirma o sobreentiende dos concepciones básicas sobre la enseñanza y el aprendizaje: una primera, tradicional, en la cual el profesor «hace la clase» y el alumno «resuelve ejercicios» y, una segunda, más innovadora, que se centra en el alumno como actor en la construcción de sus conocimientos. Aunque se potencia más esta última, se mantienen contradicciones entre, por una parte, los objetivos curriculares, el contenido de los manuales escolares y de los exá-

menes y, por otra parte, los resultados obtenidos por el alumnado en términos de conocimientos y de competencias. Sigue un fenómeno parecido entre: la formación continuada del profesorado y los nuevos contenidos, los nuevos métodos de enseñanza, la gestión de las nuevas tecnologías en clase, el interés y las capacidades muy variadas en el alumnado; la formación inicial del profesorado y las posibilidades de las organizaciones o de los establecimientos que la imparte, así como las costumbres adquiridas por el profesorado en función durante las prácticas o las relaciones de tutorización. Algunos países priorizan la «matemática para todos» (Reino Unido, Suecia, ...), mientras otros se preocupan del nivel alto (Francia, Rusia).

- Si bien se reduce a menudo a una versión intuitiva que no se fundamenta en la investigación, la didáctica de las matemáticas como disciplina científica conoce un destino variado en Europa. En algunos países, como Francia, se considera como una disciplina ya hecha mientras que en otros, como Alemania, se le concede cátedras en los departamentos de matemáticas o, como Suecia, está en vía de desarrollo. Dispone tanto de revistas internacionales de prestigio (*Educational Studies in Mathematics*; *Journal für Mathematikdidaktik*; *Recherches en Didactique des Mathématiques*) como de escuelas de verano, conferencias y seminarios nacionales importantes (Francia, Italia, ...). Aunque no existe una concepción homogénea de la didáctica de las matemáticas, la comunicación y la cooperación entre diversos puntos de vista no solamente es deseable sino que podría florecer especialmente desde la fundación de la sociedad *European Research in Mathematics Education* (ERME). En cuanto a la relación que mantiene la didáctica con la práctica docente, resulta muy provechoso cuando la intuición que los profesores en función supieron desarrollar con la experiencia, junto a una formación inicial en matemáticas, se complementa con una formación de segundo o de tercer ciclo en didáctica.

- La capacidad de razonar correctamente de forma autónoma en situaciones problemáticas más o menos complejas constituye un valor social fundamental. Si bien no le pertenece en exclusiva, la disciplina discursiva que predomina en matemáticas, tanto en actividades de descubrimiento como en situaciones de validación, se muestra en medio privilegiado para desarrollar hábitos argumentativos estructurados. ¿Se debe recordar que la presencia conjunta de la lengua natural y del registro matemático en clase exige constantemente un ajuste entre la eficacia de pensamiento y el rigor asociado? Los países que abandonaron completamente el modo hipotético deductivo sienten la dificultad que tiene el alumnado para entender la unidad y la continuidad de las matemáticas escolares. A la inversa, los países que conservaron una disposición hacia la geometría euclidiana tradicional lamentan que subsiste una parte del profesorado que nunca emplea enfoques heurísticos. Cuando se pierde globalmente una competencia dentro de un sistema escolar, resulta laborioso recuperarla. El ejemplo de la enseñanza de la geometría es muy llamativo.

- De las relaciones entre las matemáticas y la informática se desprenden cuestiones fundamentales que van desde la integración de ambas en la enseñanza de la otra

hasta el lugar ocupado por las nuevas tecnologías en clase, durante los exámenes oficiales y el seguimiento de la experiencia del alumnado a nivel internacional. El rapidísimo crecimiento tecnológico crea constantemente nuevas configuraciones de condiciones en los entornos interactivos de aprendizaje, dando la sensación mareante de lo que parecía posible o acertado hace tan poco necesita ya un replanteamiento. El alcance de muchos programas educativos que procuraban evaluar los efectos de las nuevas herramientas y prácticas pedagógicas pierden relieve a medida que se desarrollan los medios tecnológicos y su contextos. En todo caso, sin hablar de Internet, de software didáctico o de diseño de nuevos entornos interactivos de aprendizaje, las simples calculadoras de bolsillo pasaron de científicas a tener interfaces gráficas en aproximadamente cinco años, implementadas con programas de cálculo simbólico, de geometría dinámica, de base de datos, además de facilitar la programación estándar con edición de texto en un aparato que puede intercambiar información con dispositivos externos.

En el conjunto de Europa, aun cuando la tendencia general consiste en favorecer el uso de las TIC en la enseñanza, las variaciones suelen aparecer a nivel de los establecimientos, incluso dentro de un mismo seminario. Esta situación conlleva al menos desigualdades de hecho y desfases sustanciales. En primer lugar, resulta visible en: la integración de la informática en clase de matemáticas y viceversa; el reequilibrio, en términos de horario docente, entre la informática y las disciplinas científicas o humanísticas; la formación del profesorado con las TIC; la enseñanza sistemática de su manejo en las escuelas; la coordinación de las iniciativas privadas dentro de un seminario o de un área de conocimiento; el lugar concedido a las calculadoras en las tareas de evaluación. En segundo lugar, es aparente entre: los objetivos curriculares y el equipamiento actual; las recomendaciones oficiales, los recursos económicos y tecnológicos asignados a ello (por los establecimientos, por los padres); la incitación institucional en aprovechar las nuevas tecnologías y su uso real en clase; el grado de autonomía de los profesores y de los alumnos; la diversidad de los medios tecnológicos disponibles y la exigencia de normalización para la organización de actividades eficaces.

### Conclusión

La evolución de la situación actual lanza muchos desafíos difíciles de aceptar. Sólo la velocidad vertiginosa del desarrollo científico-tecnológico (matemáticas, didáctica de las matemáticas, informática,...) no parece dar tiempo suficiente para prever las consecuencias que podría tener su integración en los sistemas de enseñanza. Pero el rechazo a estos retos o cualquier aprecio superficial podría complicar aún más el panorama escolar o engendrar algún tipo de retraso indeseable. La toma de decisión en las políticas educacionales requiere una sutil coherencia entre circunspección, para afianzar la solidez y la durabilidad de los cambios, y atrevimiento, para integrar los nuevos descubrimientos que irrumpían por todos lados. La apuesta

para el futuro, porque se trata realmente de una apuesta, pasa inevitablemente por el progreso de la cultura de la responsabilidad, asociada a la universalidad de acceso a la información útil. Hay un refrán popular que dice: « tenemos los gobiernos que nos merecemos ». ¿Falta recordar que, además de guiar y dirigir, gobernar significó también sustentar o alimentar? Si se quiere conjugar aptitudes y calidad en la gran inversión europea, las matemáticas y su enseñanza intervienen como condición y vehículo privilegiados en la vertebración de la sociedad que viene.

### 3.3. La enseñanza de la física en Europa.

*D<sup>a</sup> Paloma Varela Nieto. Catedrática de Física y Química del Instituto de Enseñanza Secundaria Ramiro de Maeztu de Madrid. Profesora asociada del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid.*

#### Introducción

Nos encontramos aquí para aportar un conjunto de datos con el fin de analizar cual es la situación de la enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas en nuestro sistema educativo. En mi caso concreto he fijado la atención en la asignatura de Física, de la que soy especialista, que aparece como materia independiente en la etapa denominada Secundaria Superior General en términos de la red europea de educación, más conocida como Bachillerato. Para ello, abordaremos en primer lugar algunos aspectos de la mencionada etapa en cuatro países de nuestro entorno geográfico y social, resaltando algunos puntos relevantes de la enseñanza de la Física que podrían marcar diferencias con relación a la situación española.

En segundo lugar vamos a comentar una modalidad, el Bachillerato Internacional, que se imparte en 32 centros de Enseñanza Secundaria españoles, 12 públicos y 20 privados, entre ellos el Instituto Ramiro de Maeztu de Madrid, del que soy profesora. La justificación de esta presentación es que me parece una solución más que adecuada para esta etapa educativa por la profundidad de los planteamientos y el nivel de exigencia que conlleva. Me centraré en el caso particular de la Física, enmarcada en el área de Ciencias Experimentales, que describiré en detalle para que ustedes puedan apreciar esta modalidad de Bachillerato.

Por último, y en forma de Anexos, apporto documentación sobre los resultados obtenidos por alumnos españoles en distintos estudios internacionales, en lo que al área de Ciencias se refiere. Estos estudios corresponden a la Educación Secundaria Inferior (equivalente a nuestra ESO) en que la Física no se contempla como materia independiente pero, en cualquier caso, aportarán «luz» al problema que nos ocupa. Como material complementario aparecen las conclusiones elaboradas en un reunión de profesores europeos de Física, tanto de Secundaria como de Universidad, que tuvo lugar en Ginebra, Noviembre de 2000, bajo el título suficientemente explícito «Crisis en la educación de la Física».

## 1. Situación de la enseñanza de la Física en la Educación Secundaria Superior (Bachillerato) en cuatro países de la Unión Europea.

A la hora de escoger los países para establecer algún tipo de comparaciones en el nivel deseado, he tomado como indicador, además de pertenecer a nuestro entorno, los resultados obtenidos en las Olimpiadas de la Física en los últimos diez años seleccionando países que obtienen una puntuación muy superior al nuestro. Frente a un 3,5/100 obtenido por España, Alemania consigue un 59,5, Reino Unido un 49 e Italia un 26 (ver ponencia presentada por D. Carlos Pico el 13 de septiembre de 2002).

En los países escogidos, la enseñanza del Bachillerato está ubicada en los tipos de centros y con la duración que se especifica a continuación.

Alemania: Gymnasiale Oberstufe (8 cursos: 12-19 años)

Francia: Lycée General o Technologique (tres cursos: 15-18 años).

Reino Unido: Inglaterra / Gales : Secondary School (dos cursos: 16-18 años).

Italia: Liceo Científico (5 cursos: 14-19 años).

### 1.1. Alemania.

Obviamos los antecedentes por empezar la etapa del bachillerato a edad muy temprana.

#### Educación Secundaria Superior / Bachillerato

Tiene una duración de ocho cursos, niveles 5 al 12.

Edad de los alumnos: 12-19 años (la enseñanza obligatoria dura hasta los 16 años).

En los dos primeros niveles, clases 5 y 6, sólo se estudia como asignatura de Ciencias la Biología

La asignatura de Física aparece en la clase 7 (14 años) y se cursa durante 6 años siempre separada de la Química. Es opcional dependiendo de la modalidad de bachillerato escogida.

Horario: En las clases 7 a 10 hay dos periodos semanales y en las clases 11 y 12, tres periodos aunque hay algunos Länder con programas intensivos que incluyen cuatro periodos a la semana en estos dos últimos años.

#### Programa experimental

Existen recomendaciones específicas sobre el trabajo práctico que varían según los Länder. Insisten en enseñar en los niveles iniciales, hasta la clase 10, correspondiente a los 17 años, la Física como una ciencia experimental. En los niveles superiores 11 y 12 se plantean las teorías físicas y el significado que tienen los modelos

elaborados por los científicos realizándose experimentos apropiados para su comprobación.

Una actividad a destacar consiste en que los alumnos trabajen con publicaciones científicas originales.

#### Titulación y Preparación para la Universidad

El bachillerato es una etapa cerrada que termina con un examen externo para revalidarlo. Una vez superado, el acceso a la Universidad es libre.

#### Currículo

Para las clases 7 a 10 se propone una base sólida en Mecánica, Electromagnetismo, Ondas, Física Atómica y Física Nuclear. En las clases 11 y 12 se profundiza en estos temas como preparación al examen final del bachillerato con mayor carga experimental y exposiciones orales de los alumnos.

A modo de ejemplo presentamos el programa correspondiente a Ondas Mecánicas que se desarrolla en las clases 11 y 12 y que es muy similar al que se imparte en España en el curso 2º de Bachillerato:

Núcleo básico: Velocidad de fase. Longitud de onda. Relación entre magnitudes básicas. Reflexión, Interferencias, Principio de Huygens, Difracción.

Temas opcionales: Ondas estacionarias, reflexión y refracción de ondas planas, efecto Doppler.

### 1.2. Francia.

#### Antecedentes

En la Enseñanza Secundaria inferior (obligatoria) de tres años de duración, todos los alumnos estudian ciencias. La Física y Química se cursan juntas con una dedicación horaria de 1,5 horas semanales

#### Educación Secundaria Superior / Bachillerato

Tiene una duración de tres cursos: 2º, 1º y Terminal

Edad de los alumnos 15-18 años ( la obligatoriedad es hasta los 16 años)

La asignatura de Física es obligatoria para todos los alumnos en la modalidad científica y se cursa separada de la Química.

Horario: cinco periodos semanales de los cuales 3 son de clase teórica y 2 de laboratorio

En el último año existe la posibilidad de cursar de forma optativa una Ampliación de Física con dos periodos semanales de docencia

Los alumnos de «letras» estudian una asignatura de ciencias: Fundamento de la Ciencias.

**Programa experimental**

El trabajo de laboratorio ocupa un 40% del tiempo total (2 periodos semanales)

Los 35 alumnos de clase se dividen en dos grupos para ir al laboratorio alternando con otras asignaturas.

Cada uno de los apartados del currículo lleva ejemplos de actividades prácticas a realizar indicando lo que los alumnos deben Saber hacer. A modo de ejemplo presentamos el tipo de competencias que los alumnos tienen que haber adquirido al final del Bachillerato:

**a) Competencias experimentales**

Formular una hipótesis sobre un evento susceptible de producirse o sobre como influye un parámetro sobre un fenómeno

Proponer una experiencia susceptible de validar o invalidar una hipótesis o respondiendo a un objetivo previsto

Escoger y justificar la utilización del material de laboratorio

Describir una experiencia o un fenómeno

Analizar los resultados experimentales y confrontarlos con las previsiones de un modelo

**b) Competencias manipulativas**

Reconocer y nombrar el material de laboratorio

Seguir un protocolo y utilizar el material prescrito

Respetar las reglas de seguridad elementales por la utilización del material y de los productos

Hacer un esquema de un montaje experimental

Realizar un esquema a partir de un esquema o de un protocolo

**Titulación y Preparación para la Universidad**

El Bachillerato es una etapa cerrada. Al final hay un examen externo para revalidarlo no existiendo posteriormente pruebas específicas para ingresar en la Universidad salvo centros especiales

**Currículo**

El currículo de Física que se imparte a lo largo de los tres cursos tiene un nivel superior al español profundizando explícitamente en los aspectos experimentales. A modo de ejemplo exponemos el programa la Física del curso Terminal, equivalente a nuestro 2<sup>a</sup> de Bachillerato, construido tomando como eje: La evolución temporal de los sistemas: Introducción a la evolución temporal de los sistemas, Propagación de una onda; ondas progresivas, Transformaciones nucleares, Evolución de los sistemas eléctricos, Evolución temporal de los sistemas mecánicos, Evolución temporal de los sistemas y la medida del tiempo.

Como información adicional se introduce el programa de la Ampliación de Física, optativa de 30 horas de dura-

ción, correspondiente al curso Terminal elaborado a partir de tres ejes: Producción de imágenes, observar, Producción de sonidos, escuchar, Producción de señales, comunicar.

Aparecen los requerimientos matemáticos necesarios de forma detallada, lo que supone que ya los conocen cuando comienza el curso.

**1.3. Italia.**

Obviamos los antecedentes por empezar la etapa del bachillerato a edad muy temprana.

**Educación Secundaria Superior / Bachillerato**

Tiene una duración de cinco cursos en las dos modalidades clásicas: humanidades y científico que se imparten en centros específicos. En el bachillerato científico existe una sola opción académica.

Edad de los alumnos: 14-18 años (la enseñanza obligatoria dura hasta los 14 años)

Las asignaturas de Ciencias y en particular la Física, son obligatorias para todos los alumnos en el bachillerato científico con la siguiente ubicación:

II clase. Física y Química están integradas en un área con Ciencias naturales y Geografía que se mantiene a lo largo de todo el bachillerato con una dedicación entre 2 ó 3 horas semanales.

III clase. Física con dos horas semanales.

IV y V clase: Física con tres horas semanales.

**Programa experimental**

Se le dedica un 30% del tiempo total pero no aparecen descripciones ni requisitos específicos.

**Titulación y Preparación para la Universidad**

Al final del bachillerato hay un examen de estado que da acceso libre a la Universidad salvo excepciones.

**Currículo**

Los contenidos son muy similares a los del currículo español y cubren las áreas clásicas pero repartidas por cursos: III clase: Mecánica, IV clase: Termología, Acústica y Óptica y V clase: Electricidad y Magnetismo.

**1.4. Reino Unido (Inglaterra y Gales).****Antecedentes**

En la Enseñanza Secundaria Inferior (obligatoria) todos los alumnos estudian ciencias de forma integrada. Existen grupos de diversificación a donde desvían alumnos con dificultades.

Esta previsto un examen externo al acabar la etapa obligatoria.

Tienen un Programa experimental obligatorio. A partir de los 11 años, las clases de ciencias se realizan en el laboratorio en un porcentaje del 85% del tiempo. El número de alumnos por grupo es de 20/25 y hay un técnico de laboratorio para ayudar a los profesores.

Los centros pasan inspecciones fuertes en relación al trabajo del laboratorio.

#### Educación Secundaria Superior / Bachillerato

Tiene una duración de dos cursos organizándose por módulos, máximo seis módulos en los dos años.

Edad de los alumnos 16-18 años.

La física aparece en un módulo obligatorio para las modalidades de ciencias y se cursa separada de la Química.

Horario: seis períodos semanales.

#### Programa experimental

El trabajo en el laboratorio ocupa un 20-25% del tiempo total (1,5 períodos semanales).

Aparece en los currículos de forma expresa los requerimientos experimentales (*QCA: Qualifications and Curriculum Authority*, 2000) indicando los procedimientos a adquirir a partir de los trabajos experimentales: Planificación, Ejecución, Presentación y análisis de resultados y Evaluación tanto de los resultados como de los procedimientos.

Se hace también una explicación detallada de las destrezas a desarrollar: comunicación, información tecnológica, trabajo en grupo, resolver problemas...

Hacen una memoria con parte experimental de 3000 palabras.

#### Titulación y acceso a la universidad

Al final del primer año con tres módulos superados se concede un primer título AS y al final del segundo año con seis módulos se concede un segundo título A.

Para acceder a la Universidad existen empresas ligadas a las Universidades que preparan los exámenes externos oficiales (UCAS) y organizan la entrada a las mismas. Las carreras de Ciencias demandan Física y Matemáticas.

#### Curriculum

Los contenidos tienen un nivel un poco más bajo que los españoles aunque cubre los mismos tópicos que los nuestros: Mecánica, Electricidad, Física Atómica y Nuclear, Ondas y oscilaciones, Campos y Efectos magnéticos de las corrientes.

Aparecen en los programas de forma detallada los requerimientos matemáticos necesarios, lo que supone que ya los conocen cuando comienza la etapa.

### 1.5. Posibles comparaciones con la situación española.

La información presentada se ha obtenido, básicamente, de la base de datos europea Eurydice y completada mediante contactos personales con los responsables del área de Ciencias de los colegios oficiales que los distintos países tienen en Madrid. De su análisis se puede concluir que las diferencias más importantes observadas en relación con la situación española serían:

1. En cuanto al número de años, España es el país que tiene un Bachillerato más corto de los estudiados pues si bien en el Reino Unido dura también dos años, la estructura es mucho más compacta y por lo tanto las asignaturas escogidas reciben una mayor atención.

Si estudiamos este dato en la citada base encontramos que la etapa de Educación Secundaria Superior dura únicamente dos años en Irlanda, Inglaterra, Gales, Escocia, España, algún lander de Alemania y alguna modalidad específica de estudios en Dinamarca y Países Bajos. En el resto de la UE la duración del Bachillerato es de tres o más años.

2. En relación a la Física como asignatura independiente de la Química u de otras, hay que destacar que existe como tal, al menos los tres últimos años del Bachillerato, prácticamente en todos los países europeos. En España la situación es sensiblemente distinta, ya que este hecho solo ocurre el último año de la etapa aspecto que, en mi opinión, constituye un auténtico obstáculo para una enseñanza y un aprendizaje significativo de la materia.

3. Otro aspecto a destacar hace relación al *Programa experimental* claramente especificado en los documentos oficiales con indicación de los criterios a tener en cuenta de cara a la planificación y a la evaluación de la asignatura y, lo que es más importante, la dedicación horaria a este tipo de actividad. Esta situación es muy diferente en España donde las orientaciones sobre el trabajo práctico aparece únicamente en las orientaciones metodológicas y no hay prescripciones sobre el número de períodos semanales que hay que dedicar al laboratorio.

A partir del hecho de que la Física es una ciencia experimental, el que se contemplen las actividades que le son propias, lo considero un hecho definitivo si queremos que se obtengan resultados satisfactorios. Además es una realidad constatada que los trabajos prácticos convenientemente diseñados son altamente motivadores para los alumnos, aspecto nada desdeñable en la época que vivimos.

4. Por último, se observa que en algunos de los documentos consultados aparecen los prerrequisitos matemáticos necesarios para el desarrollo de los programas. Esta no es una cuestión baladí, pues los profesores de Física necesitamos que los alumnos manejen un conjunto de herramientas matemáticas que en el caso, muy usual en nuestro país, de que no las posean añade más dificultades al proceso de aprendizaje.

Una parte importante de los problemas que hemos comentado se encuentra subsanada en el Bachillerato Internacional que hemos comentado en la Introducción y que pasamos a describir.

## 2. El Bachillerato Internacional. La enseñanza de la Física

### 2.1. Introducción.

El Bachillerato Internacional es una modalidad de dos años de duración diseñada para responder a las necesidades de los estudiantes de Secundaria Superior de edades comprendidas entre 16 y 18 años. Su amplio currículo prepara a los alumnos para que cumplan los requisitos de sistemas educativos de distintos países y, en particular, en España esta convalidado por el actual título de Bachillerato contemplado en la LOGSE.

El currículo se presenta en forma de hexágono, con seis áreas de conocimiento en torno al centro. Las asignaturas se estudian simultáneamente, a lo largo de los dos cursos académicos por lo que los alumnos tienen la oportunidad de acceder a las dos grandes áreas tradicionales del saber, las humanidades y las ciencias.

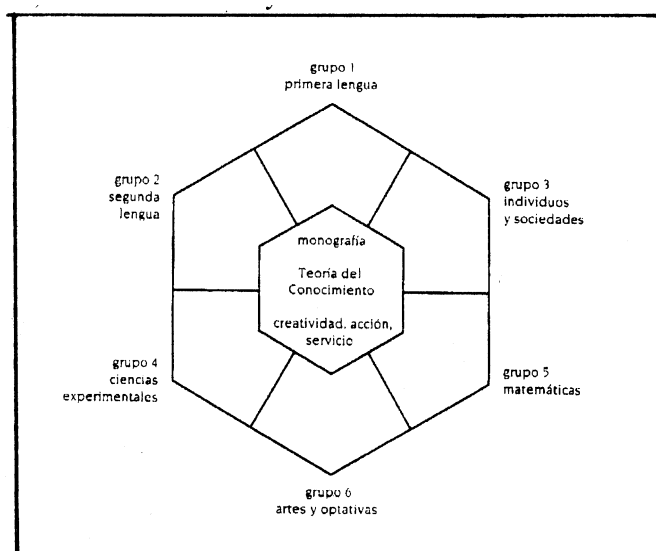


Figura 1. Esquema del currículo.

Los alumnos deben seleccionar una asignatura de cada uno de los seis grupos. Por lo menos tres, y no más de cuatro, deben cursarse en el Nivel Superior (240 horas) y las demás, en el Nivel Medio (150 horas). Al organizar los estudios de esta manera, se da a los estudiantes la posibilidad de explorar, en los dos años del programa, algunas disciplinas en profundidad y otras de modo más general.

En el caso de los alumnos con vocación científica, una buena elección es cursar Matemáticas, Física y Química o Biología con Nivel Superior lo que le garantiza una preparación muy sólida en este área de conocimiento. Hay que destacar que los alumnos de «letras» tiene que elegir forzosamente una de las asignaturas de Ciencias Experimentales, naturalmente a Nivel Medio, lo que les va a familiarizar con este tipo de materias.

Un detalle muy importante es que, salvo casos excepcionales, los profesores de cada materia «acompañan» a los alumnos durante los dos cursos del Bachillerato lo que da una continuidad al trabajo que repercute positivamente en el rendimiento de todo el proceso.

Además del estudio de las seis asignaturas, los aspirantes al Diploma han de cumplir con otros tres requisitos. La Teoría del Conocimiento es un curso interdisciplinar concebido para desarrollar un enfoque coherente de aprendizaje que trascienda y unifique las diferentes áreas académicas. La Monografía, de unas 4000 palabras, ofrece al estudiante la oportunidad de investigar un tema de especial interés y familiarizarse con las tareas de investigación usuales en lo que será su futuro trabajo en la Universidad. Por último, la participación en el programa Creatividad, Acción y Servicio del centro escolar anima a los estudiantes a tomar parte en actividades deportivas, artísticas y de servicio a la comunidad.

### 2.2. Grupo 4: Ciencias Experimentales

Todas las asignaturas del Grupo 4: Biología, Física, Química y Ciencias Medioambientales tienen un modelo curricular común. Cada asignatura, independiente del nivel en que se curse, está constituida por un tronco común, el cual va complementado con unos temas opcionales (al menos dos). Los de Nivel Superior deben estudiar además, un conjunto de temas adicionales (TANS). Todos los alumnos tiene que realizar un trabajo de investigación, Proyecto del Grupo 4, y dedicar un número de horas especificado a los trabajos prácticos. En la figura siguiente aparece un esquema de todo el modelo para el Nivel Superior.

NS	Total de horas de enseñanza	240
<b>Teoría</b>		<b>180</b>
	Tronco común	80
	Temas adicionales del NS (TANS)	55
	Opciones	45
<b>Evaluación interna</b>		<b>60</b>
	Trabajos prácticos	45-50
	Proyecto del Grupo 4	10-15

Figura 2. Modelo Curricular para el Nivel Superior.

En cuanto a los Objetivos Generales que se pretenden conseguir con todas las materias del Grupo 4, vamos a indicar únicamente la filosofía que hay detrás de ellos. La finalidad de este grupo curricular es que los estudiantes tomen conciencia de la forma en que los científicos trabajan. Aunque el «método científico» puede adoptar una gran variedad de formas, generalmente implica la formación, comprobación y modificación de hipótesis mediante observaciones y mediciones, bajo condiciones de experimentación controladas. La utilización de este método es lo que caracteriza a todo el conjunto de asignaturas que constituyen el grupo.

Los Objetivos Específicos podemos citarlos en forma de criterios de evaluación, es decir, los alumnos tienen que:



- a) Demostrar que comprenden los hechos y conceptos científicos, las técnicas, métodos y terminología científica y la forma de presentación de la información en ciencias.
- b) Aplicar y emplear todo lo citado en el objetivo a).
- c) Construir, analizar y evaluar hipótesis, problemas de investigación y predicciones, técnicas y métodos científicos y explicaciones científicas.
- d) Demostrar las aptitudes personales de cooperación, perseverancia y responsabilidad que les permitiría resolver problemas y realizar investigaciones científicas de forma eficaz.
- e) Demostrar las técnicas de manipulación necesarias para llevar a cabo investigaciones científicas con precisión y bajo condiciones de seguridad.

### 2.3. Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC).

El papel de este tipo de tecnologías en el conocimiento científico está muy asentado por lo que una enseñanza actualizada de las Ciencias no puede ser ajena a ellas. En este sentido en los documentos del Bachillerato Internacional aparecen prescripciones concretas al respecto. Así se recomienda el uso del ordenador y todas sus aplicaciones. hoja de cálculo, base de datos, registro cronológico de datos mediante sensores, software de simulación y modelización, Internet, CD-ROMs, DVDs etc.

El uso de las TIC en las aulas requiere un esfuerzo de inversión por parte de las autoridades académicas tanto en infraestructuras como en formación de profesores, esfuerzo que en mi opinión no se está realizando en nuestro país.

### 2.4. Evaluación Externa. Tipos de pruebas.

La evaluación externa encaminada a conseguir el título es común para todos los estudiantes que se examinan en una convocatoria determinada. El examen tiene lugar en el mes de mayo del segundo año y para los alumnos que no lo superan hay una recuperación en noviembre. Los exámenes se realizan en cada centro escolar y se envían a diferentes correctores externos para su evaluación.

Consta de tres pruebas con el siguiente diseño:

Prueba 1. Versa sobre el tronco común y los temas adicionales y consta de 40 preguntas de opción múltiple. Las preguntas se han concebido como problemas breves con una o dos etapas de resolución encaminadas a cubrir los Objetivos Específicos a y b. No se permite calculadora. Duración: 1 hora.

Prueba 2. Versa sobre el tronco común y los temas adicionales y cubren los Objetivos Específicos a, b y c. Está dividida en dos secciones. En la sección A hay una pregunta que requiere el análisis por parte de los estudiantes de un conjunto de datos que se les proporcionan (pregunta basada en datos). La sección B propone cuatro preguntas, de las cuales deben elegir dos, de respuesta larga, que pueden implicar la redacción de un texto de varios párrafos, la resolución de un problema de cierta extensión o

un trabajo profundo de análisis o evaluación. En esta prueba es necesario usar calculadora. Duración: 2,25 h.

Prueba 3. Examina los conocimientos de los temas opcionales y cubre los Objetivos Específicos a, b y c. Deben contestar varias preguntas cortas y una pregunta de respuesta larga para cada una de las dos opciones que han elegido. Duración 1,5 h.

Como puede observarse, las pruebas de evaluación externa por su diseño y duración, permiten medir con bastante rigor el nivel de conocimientos adquirido por los alumnos. Nuestra tradicional prueba de Selectividad está muy lejos de alcanzar la bondad de las que aquí se presentan.

### 2.5. Evaluación Interna. Fundamento del trabajo práctico.

La evaluación interna representa un 24% de la calificación final y consiste en la ejecución del Plan de trabajos prácticos, que abarca un conjunto de investigaciones planificadas por el profesor que debe estar extendida a todos los tópicos del programa.

Los trabajos son evaluados por el profesor correspondiente y moderados por la organización del Bachillerato Internacional y deben desarrollarse a lo largo de 60 horas sin incluir los tiempos de redacción.

Las investigaciones pueden ser de muy diferente duración y profundidad pero todos los alumnos deben participar en el Proyecto del Grupo 4 (10-15 horas) trabajo cuya pretensión es que analicen un tema o problema que se puede abordar desde la perspectiva de las diferentes disciplinas científicas que componen el Grupo 4 y que cada alumno ha escogido. Este trabajo tiene que permitir valorar a los alumnos las implicaciones ambientales, sociales y éticas de las ciencias. Como ejemplos que se han abordado en el IES Ramiro de Maeztu citaremos *La contaminación en el Instituto* y *Los cinco sentidos del cuerpo humano*.

A continuación se presenta un listado de los criterios de evaluación de los trabajos prácticos que naturalmente sirven al profesor como criterios de elaboración de su plan y que ponen de manifiesto la fundamentación que acompaña a toda la programación de este tipo de actividades.

Planificación I: Definición del tema o problema de investigación
Formulación de hipótesis o predicción
<i>Selección de variables</i>
Planificación II: Selección de equipo o material apropiado
Diseño de un método par controlar las variables
Diseño de un método de obtención de datos pertinentes y suficientes
Obtención de datos: Obtención y registro de datos brutos
Organización y presentación de datos brutos
Procesamiento y presentación de datos: Procesamiento de datos brutos
Presentación de datos procesados
Conclusiones y evaluación: Extracción de conclusiones

Evaluación de procedimientos y resultados  
 Mejora de la investigación  
 Técnicas de manipulación: Uso de técnicas de forma segura  
 Seguimiento de instrucciones  
*Aptitudes personales I: Trabajo en equipo*  
 Reconocimiento de la contribución de los demás  
 Intercambio e integración de ideas  
*Aptitudes personales II: Motivación y perseverancia en la investigación científica*  
 Manera ética de trabajar  
 Consideración del impacto medioambiental

Figura 3. Criterios para los trabajos prácticos.

## 2.6. Temario. Tronco común. Temas adicionales. Opciones.

La filosofía que está detrás del diseño curricular de la asignatura de Física se puede resumir en la convicción de que es la materia básica para todas las que componen el Grupo 4 ya que intenta dar una explicación del Universo y sus componentes, explicación que se necesita en Química, Biología, etc. Por esta razón es impensable que un alumno de «ciencias» no escoja esta asignatura y de hecho se sugiere que se estudie a Nivel Superior. Es esta modalidad la que se ha cursado tradicionalmente en el Instituto Ramiro de Maeztu donde se tiene una gran experiencia al respecto y la sensación, comprobada empíricamente, de que nuestros alumnos terminan con una sólida preparación de Física que les permite no sólo superar ampliamente la Prueba de Acceso a la Universidad, sino cursar esta asignatura sin problemas en los primeros cursos de las carreras universitarias.

A continuación se presenta el programa de Física para el Nivel Superior indicando el número de horas que deben dedicarse a cada uno de los temas.

PROGRAMA DE ESTUDIOS	
<b>Tronco común [80 h.]</b>	
<b>Temas</b>	<b>Horas de enseñanza</b>
1 La física y las mediciones físicas	11
2 Mecánica	24
3 Física térmica	11
4 Ondas	10
5 Electricidad y magnetismo	15
6 Física atómica y nuclear	9
<b>Temas adicionales del NS [55 h.]</b>	
<b>Temas</b>	<b>Horas de enseñanza</b>
7 Medidas e incertidumbres	2
8 Mecánica	15
9 Física térmica	6
10 Fenómenos ondulatorios	8
11 Electromagnetismo	9
12 Física cuántica y física nuclear	15
<b>Opciones (15/22 h)</b>	
D Física biomédica	
E Historia y desarrollo de la física	
F Astrofísica	
G Relatividad	
H Óptica	

Figura 4. Programa de Física a Nivel Superior.

Para terminar la presentación del programa de Física, aparecen en los documentos oficiales las herramientas matemáticas que los alumnos van a tener que ir necesitando a lo largo de los dos años para abordar con éxito la asignatura. Naturalmente, está previsto que estos conocimientos de Matemáticas se adquieran con el estudio de esa asignatura cuyo programa a Nivel Superior, que es el que se estudia en la modalidad científica, es más que suficiente.

A modo de ejemplo citamos algunos de los requisitos que se prescriben para el estudio de la Física:

— Aritmética y cálculo: emplear calculadoras par evaluar exponenciales, raíces, logaritmos funciones naturales e inversas del seno, coseno, ...

— Álgebra: resolver ecuaciones algebraicas sencillas y ecuaciones lineales con dos variables, comprender el significado de  $>$ ,  $<$ ,  $\Delta$ ,  $x$ ,  $\Sigma$ , etc.

— Geometría y Trigonometría: Calcular longitudes, áreas y volúmenes de distintos elementos, manejo de radianes, aproximaciones para ángulos pequeños, etc.

## Conclusiones

Un análisis de todo lo expuesto sobre el Bachillerato Internacional en el marco del apartado *Posibles comparaciones con la situación española* presentado con anterioridad, nos muestra que esta modalidad se aproxima más a los bachilleratos europeos analizados que a nuestro actual Bachillerato derivado de la LOGSE ya que:

1. Aunque la duración es de solamente de dos cursos académicos, la dedicación horaria prescrita para asignaturas como la Física, 240 horas, que se convierten en cinco periodos semanales a lo largo de los dos años es sensiblemente diferente a la española: dos horas semanales en 1ª de Bachillerato para todos los alumnos (formando parte de la asignatura de Física y Química) y 4 periodos semanales en 2º para los que la eligen (Ponencia de Dª María Jesús del Arco de 21/2/02). Además, el hecho comentado de que la imparta los dos cursos el mismo profesor, rentabiliza mucho el tiempo dedicado.

2. Se desprende de la descripción presentada que la asignatura de Física, cursada como materia independiente a lo largo de la etapa le da una entidad similar a la descrita para los otros países. En España, para muchos alumnos la Física «no existe» (cito de nuevo la ponencia de Dª María Jesús del Arco).

3. Aparece un programa experimental perfectamente definido al que se le dedica un porcentaje del 25% del tiempo escolar y un peso específico de un 24% de la calificación final lo que le concede el estatus que se merece.

4. El estudio de la Física va acompañado a lo largo de los dos cursos académicos de unas Matemáticas (5 periodos semanales los dos cursos) y de una Química (4 periodos semanales los dos cursos) con unos programas lo suficientemente extensos para que el alumno adquiera un núcleo de conocimiento en el área científica muy satisfactorio.

## Epílogo

Del mismo modo que ocurre con otros problemas de nuestra sociedad, la solución la tenemos cerca.

### 3.4. Propuesta para los currícula científicos en la ESO y el Bachillerato.

*D. Javier Barrio Pérez, Inspector de Educación y Catedrático de Instituto de Física y Química.*

— En cuanto a la distribución de las enseñanzas de Ciencias de la Naturaleza en el primer ciclo de la ESO, se podría hacer una modificación sin cambiar los contenidos del currículo, pero sí su distribución, de forma que los contenidos de Ciencias Naturales pasasen a 1º de la ESO y los de Física y Química a 2º de la ESO.

— En 3º y 4º de la ESO no se propone modificación teniendo en cuenta los borradores que propone el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de los decretos que desarrollan la Ley de la Calidad de la Educación.

— En cuanto al Bachillerato y para dar cabida a la propuesta de separación de la Física y de la Química en 2º, se adjunta una posible distribución organizativa que afecta a todas las modalidades de Bachillerato y que encaja perfectamente con la Ley de la Calidad de la Educación.

— Se adjuntan posibles borradores de currículos de las materias de Física y Química en el Bachillerato, que parten de los currículos actuales y que tienen pequeñas modificaciones con los mismos, cuya naturaleza de ser viene dada por el desdoble de la materia de Física y Química en 1º de Bachillerato.

## V. ENSEÑANZAS Y ACTIVIDADES NO REGLADAS.

### 1. Las Olimpiadas Matemáticas.

*Dª Mª Gaspar Alonso Vega. Presidenta de la Comisión de Olimpiadas de la Real Sociedad Matemática Española.*

Las Olimpiadas de Matemáticas son concursos de resolución de problemas. En cualquiera de sus formatos, en cualquier lugar del mundo —y se realizan en muchos países— tienen un doble objetivo: motivar a una gran mayoría de estudiantes de secundaria, sus destinatarios, y estimular entre ellos a esas minorías que tienen «algo» especial para las matemáticas, permitiendo que no sólo su entorno, sino también ellos mismos, descubran su talento, y que pueden ser felices y útiles a la sociedad dedicándose a ellas.

He hablado de los muchos y de los pocos. ¡El gran reto de cualquier sistema educativo! Todos son importantes. Una mayoría ilustrada y culta es el mejor caldo de cultivo para el desarrollo de individuos geniales. Y los logros de

unos pocos inspiran, sin duda, a su entorno. Todos necesitan retos que les permitan crecer intelectualmente, y el sistema tiene la responsabilidad de atender a sus demandas. La dedicación a unos no debe suponer nunca el sacrificio de los otros.

Las Olimpiadas constituyen, creo, un medio excelente para conseguir estos fines. No es, por supuesto, el único. Conozco a estupendos matemáticos que no han participado nunca en la Olimpiada, o que lo han hecho sin destacar en ella. Pero también puedo citar a muchos matemáticos españoles —José Luis Rubio de Francia, Jesús Sanz Serna, Antonio Córdoba, Ricardo Pérez Marco, Vicente Muñoz Velázquez—... que descubrieron las matemáticas, y su vocación, gracias a la Olimpiada. Y esto mismo ocurre a escala internacional. Citaré un ejemplo: el francés Patrick Lafforgue, Medalla Fields en 2002, participó y fue premiado dos veces en la Olimpiada Internacional de Matemáticas. Por no mencionar los excelentes matemáticos que siempre ha producido un pequeño país, Hungría, pionero y constante siempre en la organización de Olimpiadas.

La RSME organiza la Olimpiada Matemática Española (OME) desde 1964. El Convenio de colaboración suscrito con el MECD garantiza la participación de equipos españoles en las Olimpiadas Internacional e Iberoamericana. Además, el MECD paga premios en efectivo tanto a los ganadores de las fases locales como de la fase nacional.

En los últimos años, participan en la OME entre 2000 y 2500 estudiantes de todo el territorio, en su mayoría de Bachillerato. Son alumnos con calificaciones excelentes en matemáticas en sus institutos o colegios. En muchos casos, resuelven por primera vez un problema —no un ejercicio— al realizar la primera fase.

Una de las claves para que la Olimpiada cumpla sus objetivos es que proponga buenos problemas: deben constituir un desafío, pero deben adaptarse a lo que los estudiantes pueden abordar. Proponemos problemas que no requieran técnicas que los estudiantes desconocen. Pero se trata de problemas, no de ejercicios repetitivos o rutinarios. Para resolverlos, hay que conjeturar, organizar la información, intuir, superar los momentos de desánimo, imaginar, decidir lo que es importante y lo que es accesorio, crear. En definitiva: hay que hacer matemáticas, aunque sea a pequeña escala. Por eso, un estudiante que decide prepararse para participar en la Olimpiada, entra en contacto con lo que creo es el corazón de las matemáticas: la resolución de problemas. El poso que deja en su formación es importante e insustituible para todos, cualquiera que sea la actividad que desarrollen en su vida adulta.

España participa en la Olimpiada Internacional desde 1983, y en la Iberoamericana desde su creación en 1985. Nuestros resultados en la Internacional no son buenos, y no se corresponden con el nivel de la matemática española. Hay que señalar que, en la IMO, no más de la mitad de los participantes recibe medalla, y que las de Oro, Plata y Bronce, se reparten entre los premiados en proporción aproximada a 1:2:3. Reciben mención los estu-

diantes que, sin tener medalla, tienen algún problema perfecto.

En veinte años de participación, nuestros estudiantes han obtenido 2 Medallas de Plata, 15 de Bronce y 19 Menciones de Honor. El coeficiente de eficacia definido por el Profesor Carlos Pico en su intervención ante esta Cámara (Oros\*100 + Platas\*75 + Bronces\*50 + Menciones\*25)/Volumen, sería en nuestro caso de 12,06. Según quinquenios, es como sigue:

	O	P	B	MH	ALU	
83 - 87	0	1	6	4	24	19,792
88 - 92	0	0	3	5	30	9,1667
93 - 97	0	1	2	4	30	9,1667
97 - 02	0	0	4	6	30	11,667
TOTAL	0	2	15	19	114	12,061

En la siguiente tabla se recogen los resultados de España en sus participaciones en la Olimpiada Internacional.

País sede	año	Nº países	Punt. media	Puntos España	Media España	O	P	B	MH	Nº estud
Francia	83	32	15,3	37	9,25					4
Checoslovaquia	84	34	18,7	43	7,16667	0	0	0	2	6
Finlandia	85	38	14,9	23	5,75	0	0	0	0	4
Polonia	86	37	18,1	79	19,75	0	1	3	1	4
Cuba	87	42	19,9	91	15,1667	0	0	3	1	6
Australia	88	49	15	34	5,66667	0	0	0	1	6
Alemania	89	50	18,8	61	10,1667	0	0	1	4	6
China	90	54	17,2	72	12	0	0	0	0	6
Suecia	91	55	19,1	66	11	0	0	1	0	6
Moscú	92	56		50	8,33333	0	0	1	0	6
Turquía	93	73	12,7	43	7,16667	0	1	1	0	6
Hong Kong	94	69		41	6,83333	0	0	0	0	6
Canadá	95	73	18,9	72	12	0	0	1	3	6
India	96	75	12,52	44	7,33333	0	0	0	1	6
Argentina	97	82	16,01	39	6,5	0	0	0	0	6
Taiwan	97	76	14,7	36	6	0	0	1	1	6
Rumanía	99	80	13,34	60	10	0	0	1	1	6
Corea	2000	82	13,4	29	4,83333	0	0	0	1	6
EEUU	2001	83	12,79	37	6,16667	0	0	1	2	6
Reino Unido	2002	84		44	7,33333	0	0	1	1	6

En el anexo, figuran los resultados de los países miembros de la UE, exceptuado Luxemburgo que no suele participar con equipos completos (de seis estudiantes), de los últimos cinco años, y en la tabla siguiente se muestra el total de medallas obtenidas por esos países en el período indicado (1998-2002).

	O	P	B	MH	EFICACIA
Alemania	4	6	9	2	56,25
Reino Unido	0	8	11	1	48,96
Francia	0	5	11	2	40,63
Italia	0	1	12	3	31,25
Grecia	0	3	6	2	23,96
Austria	0	3	5	4	23,96
Países Bajos	0	0	9	3	21,88

	O	P	B	MH	EFICACIA
Suecia	0	2	6	3	21,88
Finlandia	0	1	7	5	22,92
Bélgica	0	0	5	4	14,58
España	0	0	3	5	11,46
Dinamarca	0	0	3	4	10,42
Irlanda	0	0	2	2	6,25
Portugal	0	0	0	0	0,00

El impacto que tienen las Olimpiadas en los países situados en cabeza es muy superior al que tienen en el nuestro. Impacto, entendido como reconocimiento social de la importancia de la actividad, y como consecuencia, la disponibilidad de medios humanos y materiales para desarrollarla. Por ejemplo, en nuestro país, los estudiantes de centros extranjeros tienen una convocatoria especial de PAU,

pero los olímpicos tienen que compaginar su preparación para la Olimpiada con la de su prueba de acceso, mucho más importante para su futuro. Y si bien es verdad que los participantes en la Olimpiada no son únicamente el fruto de sus sistemas educativos, cómo aprenden las matemáticas –más que qué contenidos aprenden– y sobre todo, cuánto tiempo les dedican en la escuela, puede establecer muchas diferencias. Yo llevo 26 años de ejercicio profesional. He visto cómo la carga horaria de las matemáticas en 1º de BUP –equivalente a 3º de ESO– ha pasado de 5 horas semanales de 60 minutos, a 4 horas semanales de 60 minutos, después a 4 horas semanales de 50 minutos, llegando en la actualidad a 3 horas semanales de 50 minutos. Es decir, hemos pasado de 300 minutos semanales a 150.

Es un hecho que observando resultados de una IMO, estamos analizando rendimientos de estudiantes excelentes, previamente seleccionados y, en mayor o menor medida, preparados especialmente, de los cinco continentes. Aquí está la tabla de frecuencias de puntuaciones por problema de la IMO de 2002, celebrada en Glasgow con la participación de 479 estudiantes procedentes de 84 países:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
0	179	174	311	106	97	408
1	39	46	145	45	159	21
2	11	1	1	14	101	25
3	11	4	2	38	21	12
4	8	0	0	70	0	0
5	15	6	4	8	10	1
6	61	128	2	20	25	0
7	155	120	14	175	66	12
	479	479	479	476	479	479

En Olimpiadas Iberoamericanas, con la experiencia adquirida en la Internacional y el descanso veraniego, nuestros resultados mejoran. En diecisiete participaciones hemos obtenido 8 medallas de oro, 26 de plata y 24 de bronce, con un coeficiente de eficacia de 59 puntos.

Tengo que señalar que, a pesar de los pobres resultados, nuestros estudiantes guardan todos muy gratos recuerdos

de su participación en las Olimpiadas, que no se reducen a la mera competición, y se convierten en nuestros más entusiastas colaboradores.

Para poder llegar a más estudiantes, con distintas edades y distintos niveles, son necesarias más actividades, con participación masiva. Hablaré brevemente del Concurso de Primavera de Matemáticas, que este curso celebrará su séptima edición. Tiene cuatro niveles de participación: último ciclo de primaria, primer ciclo de ESO, segundo ciclo de ESO y Bachillerato. Con el Concurso, se pretende motivar a una gran mayoría de estudiantes, haciéndoles ver que es posible disfrutar haciendo y estudiando matemáticas.

También se pretende mantener niveles, pero sobre todo, ilusionar: a estudiantes y a profesores.

Se realiza en la Comunidad de Madrid, donde participan en la primera fase, que se celebra en los centros previamente inscritos, entre 20.000 y 25.000 estudiantes. Todos lo hacen con pruebas comunes, propuestas por los organizadores. Después tiene lugar una segunda fase que reúne a más de 1500 estudiantes un sábado de primavera en la Facultad de Matemáticas de la Complutense. Niños y niñas a partir de 10 años van a la Universidad. Escriben en papel de la Facultad. Y, antes de llegar allí, hacen problemas, adaptados a sus edades. Les gusta recibir premio, naturalmente, y no todos lo tienen –se premia aproximadamente a 150 estudiantes, distribuidos por niveles– pero también les gusta que gane su equipo de fútbol, y asumen que esto no siempre es posible. Si no se identifican valía personal y resultados, la competencia no tiene por qué resultar dañina, sino que, al contrario, sirve de estímulo. Al igual que en el Canguro, las pruebas son de opción múltiple, y tienen enunciados atractivos que enganchan a los estudiantes.

Todas estas actividades son voluntarias, tanto para los estudiantes como para los profesores. Esto supone, para unos y otros, esfuerzo y trabajo pocas veces reconocido. Lo que los chicos hacen mientras se preparan y compiten no es fácil. Requiere esfuerzo y concentración. Pero participan, voluntariamente y con gran entusiasmo. Seguramente la razón es que perciben la belleza de las matemáticas, y descubren que los logros intelectuales proporcionan grandes satisfacciones.

## COMPARATIVO IMO UNIÓN EUROPEA

	2002					2001					2000					1999					media
	ptos	O	P	B	MH	ptos	O	P	B	MH	ptos	O	P	B	MH	ptos	O	P	B	MH	
Alemania	144	2	0	2	1	131	1	3	1	0	108	1	1	2	1	108	0	2	4	0	122,75
Reino Unido	116	0	2	2	0	79	0	1	3	1	96	0	2	4	0	100	0	3	2	0	97,75
Francia	127	0	2	3	0	88	0	2	3	0	58	0	0	3	1	73	0	1	2	1	86,5
Italia	88	0	0	5	1	56	0	0	2	2	57	0	0	3	0	82	0	1	2	0	70,75
Grecia	62	0	0	2	0	86	0	1	3	1	46	0	0	1	1	57	0	2	0	0	62,75
Austria	50	0	0	1	3	44	0	0	1	1	68	0	2	1	0	75	0	1	2	0	59,25
Países Bajos	55	0	0	1	1	42	0	0	2	1	60	0	0	2	1	74	0	0	4	0	57,75
Suecia	60	0	0	2	1	27	0	0	1	0	77	0	2	0	2	66	0	0	3	0	57,5
Finlandia	79	0	0	3	3	32	0	0	1	0	52	0	0	3	1	65	0	1	0	1	57
Bélgica	58	0	0	1	3	25	0	0	0	0	51	0	0	2	1	51	0	0	2	0	46,25
España	44	0	0	1	1	37	0	0	1	2	29	0	0	0	1	60	0	0	1	1	42,5
Dinamarca	53	0	0	0	3	25	0	0	0	0	36	0	0	1	1	51	0	0	2	0	41,25
Irlanda	25	0	0	0	1	32	0	0	1	0	28	0	0	0	1	38	0	0	1	0	30,75
Portugal	15	0	0	0	0	6	0	0	0	0	21	0	0	0	0	29	0	0	0	0	17,75
TOTAL UE		3	4	24	19		1	7	20	8		1	7	23	11	996	0	12	27	3	
MEDIA UE	11,6					8,5					9,4					11					
MEDIA ESP	7,33					6,2					4,8					10					122,75

## 2. Olimpiadas de Física.

*D. Jaime Julve Pérez, Secretario de la Comisión OIF. Miembro de la Real Sociedad Española de Física.*

Desde 1990, la RSEF organiza el ciclo anual de las Olimpiadas de Física. Tras un primer llamamiento circular a fines de año a los Coordinadores de COU (o a quienes hoy han heredado algunas de sus funciones) de los distintos Distritos Universitarios, en Febrero ó Marzo se celebra cada Fase Local de la Olimpiada Española de Física (OEF) entre los estudiantes destacados de COU presentados por los Centros de Enseñanza Secundaria. En Abril, los tres mejores de cada Distrito compiten en la Fase Estatal que reúne a unos 120 participantes. Luego los cinco primeros clasificados formarán el equipo español que acude a la Internacional (IPHO) en julio y los cuatro siguientes a la Iberoamericana (OIbF) en septiembre.

La OEF ha culminado este año, en la Universidad de Burgos, su XIII edición y estamos preparando ya la de 2003 de la mano de la Universidad de Castilla-La Mancha. Desde la primera, celebrada en Salamanca en 1990, ha sido un emotivo evento que crea expectativas. La experiencia es siempre estimulante para los estudiantes, sus familias y sus profesores, pues al fin y al cabo nos limitamos a compararnos entre españoles. Pero luego viene la salida al extranjero y ahí los resultados son muy distintos. Muy brevemente, en una escala de «eficacia» de 1 a 100, el promedio obtenido en las diez ediciones de la IphO de 1991 a 2000 es un 3,5 ocupando un puesto que oscila, con sorprendente constancia, en torno al 50 entre 60 países.

Expliquemos sucintamente este dato. El torneo se libra sobre pruebas teóricas y experimentales, con un peso res-

pectivo de 60 y 40 en la puntuación global, dentro del temario o «Syllabus» que fija la Comisión Internacional. Las medallas de Oro corresponden a las puntuaciones comprendidas entre la media de los tres primeros clasificados y el 90% de ésta, las de Plata hasta el 78%, los Bronces hasta el 65% y las Menciones Honoríficas hasta el 50%. El citado «índice de eficacia» de cada país en un periodo dado se obtiene multiplicando los oros conseguidos por 100, las platas por 75, los bronces por 50 y las menciones honoríficas por 25, sumando y dividiendo por el número de estudiantes participantes. Ese 3,5 frente al 94,5 de China nos coloca también en el 5º puesto por la cola entre 37 países europeos (en cabeza Alemania con 59,5) y detrás de Argentina (15,0) y Cuba entre los iberoamericanos.

Nuestro mayores éxitos en las IPhO, recientes todos ellos, han sido una medalla de bronce y una mención en 1999, otra mención en 2000 y tres más en la última de 2002. En las OIbF el papel ha sido mucho más brillante, con un total de siete oros, siete platas, nueve bronces, dos menciones y el primer clasificado en la de Bolivia de 2001, pero en promedio siempre tras Argentina y Cuba. Los que pudieran parecer signos de esperanza no deben sin embargo ser mal interpretados pues lo significativo para evaluar al sistema son los valores medios. Siempre existe el joven autodidacta que estudia por gusto en su tiempo libre, el entorno competitivo en las OibF es más fácil, y el relativo éxito en la IPhO 2002 ha sido en buena medida el fruto casual de la semana de formación extra que venimos dando en los últimos años a nuestro equipo representante. Avala nuestra hipótesis la constatación, que contrasta con estos éxitos internacionales, del descenso de las calificaciones en la relación a dificultad observado en la última OEF de Burgos.

Numerosas indicaciones confirman que la inteligencia se halla repartida con bastante uniformidad entre los pueblos, por lo que debemos concluir que algo falla en nuestro sistema educativo. Tanto más cuando la llamativa constancia de nuestros modestos resultados hacen parecer clónicas a nuestras generaciones de estudiantes olímpicos, aunque tememos que puedan empeorar aún más en el futuro inmediato. Para ser ecuanímes, sin embargo, hay que matizar los datos anteriores explicando antes que hay dos modelos de participación olímpica: el de los países que «dopan» al estudiante preparándolo específicamente fuera del sistema educativo normal y los que lo presentan en «estado natural». Entre el extremo de China (seguida de cerca por muchos otros del tercer mundo), que tiene una especialidad de Olimpiadas en su bachillerato de ciencias, hasta nuestra simple selección de los estudiantes más brillantes mediante la OEF, existen casos intermedios de preparación más o menos larga e intensiva del equipo salido de la fase nacional. La que impartimos nosotros este año acertó con los temas.

Hay otro factor, ya más acusatorio, que también condiciona a priori los resultados: como se observa, las pruebas experimentales suponen un alto porcentaje de la puntuación total y lo normal es que nuestros estudiantes de secundaria no hayan pisado un laboratorio. Pero más allá de esto nos encontramos con auténticas y crecientes lagunas formativas en las materias teóricas.

Así, para reducir frustraciones en nuestra fase nacional, vamos evitando últimamente temas como la dinámica de rotación y de sistemas de partículas, termodinámica o física moderna que van desapareciendo de los programas de enseñanza. Nos resignamos a seleccionar a nuestros mejores representantes renunciando a pretender de ellos un mínimo de competitividad en la totalidad del *Syllabus*.

En otros lugares se han apuntado ya varias causas de este estado de cosas, desde la actitud de la sociedad española hacia la cultura científica, con el celtibérico «que inventen ellos», hasta la extracción académica de los profesores de física, pasando por la reducción de horas lectivas en secundaria. No vamos a entrar ahora en ello, pero el declive, al menos en el aspecto educativo, es evidente y alarmante. Lo que es seguro es que nuestros resultados internacionales, depurados de sus sesgos, son un buen termómetro de nuestra situación comparativa y no admiten apelación, por encima del conocimiento de la situación o de las ideas que puedan tener las instancias responsables de nuestra política educativa, en cuanto a la importancia que debe darse a la formación científica en un país moderno. Lo cual no empaña el reconocimiento debido a la colaboración institucional y económica directa que el MECD (que además otorga premios en metálico a todos los estudiantes que llegan a la fase nacional), rectorados y entidades educativas varias en coordinación con la RSEF, prestan a nuestra actividad olímpica.

En septiembre de 2000 celebramos en Jaca, con la colaboración de la Universidad de Zaragoza, la V Olimpiada Iberoamericana de Física. Un rotundo éxito organizativo y académico acreditado como una referencia en la historia de las OIBF. Organizaremos también la XXXVI

Olimpiada Internacional de Física en Salamanca, en Julio de 2005, y tanto el entorno como los primeros movimientos y contactos hacen prever que se tratará de otro éxito en el palmarés de la RSEF y la Universidad de Salamanca. Nos gustaría que para entonces la actuación de los competidores españoles, repetimos, espejo de nuestro sistema educativo, se vaya acercando también a la altura deseable.

Como conclusión podemos decir que la asignatura pendiente que tenemos no es tanto la de mejorar nuestro escaparate olímpico sino la realidad educativa que hay tras él.

1) Sería pensable aumentar la visibilidad de las Olimpiadas de Física, tanto en la fase nacional como en la participación internacional (becas en lugar de premios del MECD, audiencias de la Casa Real a nuestros olímpicos, mayor cobertura mediática, etc.) y esto sin duda contribuiría a hacer la ciencia más popular al adornarla con este matiz deportivo.

2) Se puede cuidar más la preparación de nuestros equipos internacionales dotando medios para mejorar en profundidad y duración la concentración previa, hoy limitada al equipo participante en la IphO, aunque esta posibilidad se topa con la necesidad de los estudiantes de atender a la preparación de sus pruebas de selectividad, que tienen lugar por las mismas fechas, y con el hecho de que en diez días no se pueden subsanar las carencias de uno o más años académicos.

Estas medidas propiciarían alguna mejora de nuestra imagen olímpica internacional, con resultados notables solamente si se adoptara con decisión la línea seguida por los países que cuidan el «dopaje» formativo de sus estudiantes olímpicos, separándolos del resto del sistema, en contraste con el nivel educativo general. Buscar un prestigio exterior de escaso significado real dudamos que sea un objetivo deseable.

3) Estimamos pues que la tarea prioritaria a acometer es la de mejorar la eficacia de la enseñanza secundaria en lo que se refiere a las ciencias y a la Física en nuestro caso. Entramos aquí en el terreno de las horas lectivas asignadas, de la especificidad de los profesores, la dotación de laboratorios, etc. que excede a los objetivos de esta ponencia.

Olimpiadas Españolas de Física

OLIMPIADA	Año	Lugar
I	1990	Salamanca
II	1991	Jaca
III	1992	Santiago
IV	1993	Oviedo
V	1994	Valencia
VI	1995	Santander
VII	1996	Madrid
VIII	1997	Logroño
IX	1998	Orense
X	1999	Castellón
XI	2000	Granada
XII	2001	Tarragona
XIII	2002	Burgos
XIV	2003	Cuenca

## Olimpiadas Internacionales de Física con participación española

OLIMPIADA	Año	Anfitrión
XXI	1990	Holanda
XXII	1991	Cuba
XXIII	1992	Finlandia
XXIV	1993	EEUU
XXV	1994	China
XXVI	1995	Australia
XXVII	1996	Noruega
XXVIII	1997	Canadá
XXIX	1998	Islandia
XXX	1999	Italia
XXXI	2000	Gran Bretaña
XXXII	2001	Turquía
XXXIII	2002	Indonesia
XXXIV	2003	Taiwan
XXXV	2004	Corea del Sur
XXXVI	2005	España

## Olimpiadas Iberoamericanas de Física con participación española

OLIMPIADA	Año	Anfitrión
I	1991	Colombia
II	1997	México
III	1998	Venezuela
IV	1999	Costa Rica
V	2000	España
VI	2001	Bolivia
VII	2002	Guatemala

EFICACIA DE LOS PAÍSES PARTICIPANTES  
EN LAS OLIMPIADAS INTERNACIONALES  
DE FÍSICA (1991-2000)

Mundo	Europeos	Iberoamericanos
China	94,5	
Rusia	80,0	
EEUU	67,0	
India	66,2	
Irán	64,5	
Alemania	59,5	Alemania
Taiwán	56,9	
Hungría	56,0	Hungría
Ucrania	55,0	Ucrania
Gran Bretaña	49,0	Gran Bretaña
Corea del Sur	48,0	
Rumania	47,5	Rumania
Vietnam	47,0	
Chequia	46,7	Chequia
Australia	43,5	
Bielorrusia	38,6	Bielorrusia
Turquía	36,0	Turquía
Bulgaria	34,5	Bulgaria
Polonia	34,5	Polonia
Eslovaquia	34,4	Eslovaquia
Yugoslavia	34,3	Yugoslavia
Singapur	33,5	

Mundo	Europeos	Iberoamericanos
Israel	32,5	Israel
Indonesia	32,2	
Canadá	31,5	
Holanda	30,0	Holanda
Italia	26,0	Italia
Estonia	21,0	Estonia
Suiza	19,3	Suiza
Kazajastán	19,0	
Eslovenia	18,0	Eslovenia
Lituania	17,0	Lituania
Letonia	15,8	Letonia
Argentina	15,0	Argentina
Austria	14,5	Austria
Georgia	14,2	Georgia
Finlandia	14,2	Finlandia
Suecia	9,5	Suecia
Tailandia	9,5	
Moldavia	8,6	Moldavia
Nueva Zelanda	8,0	
Bélgica	7,0	Bélgica
Dinamarca	6,7	Dinamarca
Croacia	6,0	Croacia
Irlanda	5,0	Irlanda
Noruega	4,5	Noruega
Cuba	4,4	Cuba
Macedonia	4,2	Macedonia
Islandia	3,5	Islandia
España	3,5	España
Filipinas	3,3	
Grecia	3,0	Grecia
Colombia	2,5	Colombia
Chipre	2,5	Chipre
Portugal	2,5	Portugal
Bosnia	0,8	Bosnia
México	0,6	México
Kuwait	0,0	
Surinam	0,0	

## 3. Olimpiadas de Química.

*D. Juan A. Rodríguez Renuncio. Catedrático de Química Física de la Universidad Complutense de Madrid.*

## Introducción

Las Olimpiadas Internacionales de Matemáticas, y posteriormente de Física y de Química, nacieron en Europa, hace más de treinta años, con objeto de fomentar el estudio de estas ciencias entre los estudiantes preuniversitarios, y de estimular la enseñanza de las mismas. El éxito fue tan grande que en pocos años se habían incorporado decenas de países de los cinco continentes. El cuadro 1 muestra la evolución de la participación en las Olimpiadas Internacionales de Química.



CUADRO 1

## Países participantes en las Olimpiadas Internacionales de Química

año	País organizador	Participantes	año	País organizador	Participantes
1968	Checoslovaquia	3	1983	Rumania	18
1969	Polonia	4	1984	Alemania FGR	20
1970	Hungría	7	1985	Checoslovaquia	21
1972	URSS	7	1986	Hungría	22
1973	Bulgaria	7	1987	P. Bajos	26
1974	Rumania	9	1988	Finlandia	26
1975	Hungría	12	1989	Alemania DDR	26
1976	Alemania DDR	12	1990	Francia	28
1977	Checoslovaquia	12	1991	Polonia	30
1978	Polonia	12	1992	EE.UU.	33
1979	URSS	11	1993	Italia	38
1980	Austria	14	1994	Noruega	41
1981	Bulgaria	14	1995	R.P. China	42
1982	Suecia	17			

En 1994, España solicitó ser admitida en la Olimpiada Internacional de Química. El reglamento de las Olimpiadas de Química exige a los países solicitantes, asistir como Observador durante dos ediciones anuales consecutivas, antes de ser admitidos en la competición, el país como miembro de pleno derecho, y los alumnos de ese país, como participantes. España fue país observador en 1994 y 1995 y participó por primera vez en 1996. En aquel momento participaban 45 países, todos los miembros de la UE, excepto España, Portugal e Irlanda. Este último solicitó su adhesión en 1995, y Portugal lo ha hecho en 2001. Desde este momento hasta hoy se ha podido acumular una experiencia de cinco años de participación y se pretende describir los resultados obtenidos y el rendimiento de los alumnos españoles en estos seis años. El cuadro 2 indica el lugar de celebración de las Olimpiadas desde 1994, el número de países participantes y la incorporación de los países nuevos.

CUADRO 2

## Incorporación de nuevos países participantes en las Olimpiadas Internacionales de Química

año	País organizador	Participantes	año	País organizador	Participantes
1968	Checoslovaquia	3	1983	Rumania	18
1969	Polonia	4	1984	Alemania FGR	20
1970	Hungría	7	1985	Checoslovaquia	21
1972	URSS	7	1986	Hungría	22
1973	Bulgaria	7	1987	P. Bajos	26
1974	Rumania	9	1988	Finlandia	26
1975	Hungría	12	1989	Alemania DDR	26
1976	Alemania DDR	12	1990	Francia	28
1977	Checoslovaquia	12	1991	Polonia	30
1978	Polonia	12	1992	EE.UU.	33
1979	URSS	11	1993	Italia	38
1980	Austria	14	1994	Noruega	41
1981	Bulgaria	14	1995	R.P. China	42
1982	Suecia	17			

## Estructura de las Olimpiadas de Química

Las Olimpiadas Internacionales de Química constan de dos pruebas, una de laboratorio y otra teórica. La primera de ellas consiste en dos o tres trabajos en los que los alum-

nos deben obtener resultados de análisis o de síntesis en cinco horas. La segunda, consiste en la resolución de problemas teóricos durante cinco horas. El número de problemas puede variar entre cinco y ocho.

Las pruebas son propuestas por el país organizador y discutidas por el Jurado Internacional, formado por los dos profesores-delegados de cada país participante. Los problemas se basan en los contenidos de unos problemas preparatorios (alrededor de 50, teóricos y prácticos) que el país organizador remite a los países participantes en el mes de marzo de cada año. El éxito depende de la capacidad de los alumnos para asimilar dichos problemas y responder a las preguntas relacionadas con esos temas. Se puede afirmar que los contenidos de estos problemas sobrepasan los programas de bachillerato de España, y con mucha probabilidad, los de la mayoría de los países participantes, al menos los de la UE. Está previsto que cada país prepare a los alumnos participantes de acuerdo con estos problemas preparatorios. Cada país dispone de un procedimiento diferente de preparación según sus calendarios o sus sistemas de organización. En algunos países los participantes son seleccionados entre los residentes próximos a un determinado lugar para facilitar la preparación durante los fines de semana de los cuatro o cinco meses anteriores. En otros casos, los alumnos participantes son becados y liberados del examen de ingreso en la Universidad para poderse dedicar a la preparación con más intensidad. Entre uno y otro extremo se pueden encontrar las más variadas fórmulas en los distintos países.

## Selección de los participantes españoles

Los alumnos que participan en la Olimpiada Internacional de Química deben ser alumnos del curso previo a la entrada en la universidad, y como las fechas de la Olimpiada Internacional son en los primeros días de julio, nuestros alumnos participan en la Olimpiada pocos días después del examen de acceso a la Universidad.

La selección de los participantes españoles se realiza entre todos los alumnos de COU o 2º bachillerato LOGSE que voluntariamente lo desean (alrededor de 1500), en todos los centros de Bachillerato. Para llegar a todos los rincones del país, el MEC, la Real Sociedad Española de Química y la Asociación Nacional de Químicos, han diseñado un procedimiento en dos etapas, en la primera, cada distrito universitario, a través del coordinador de química de COU y la Asociación de Químicos local, convoca el concurso, lo desarrolla y otorga en febrero de cada año, tres premios a los mejores alumnos. Estos premios se entregan en el mes de Abril durante la celebración de la Olimpiada Nacional en la que participan todos los alumnos ganadores de la fase local.

La Olimpiada Nacional convoca alrededor de 125 alumnos de toda España y mediante dos pruebas se seleccionan los cuatro alumnos que han de representar a España en la Olimpiada Internacional. Las dos pruebas han consistido, hasta ahora: la primera en un cuestionario de 40-45 preguntas de respuesta múltiple y la segunda en la resolución de cuatro problemas teóricos planteados de forma semejante a los ejercicios de la Olimpiada Interna-

cional (véanse modelos en [www.ucm.es/info/rsequim/](http://www.ucm.es/info/rsequim/)). No ha sido posible incluir una prueba de laboratorio porque en este curso los alumnos que hacen prácticas de laboratorio son una escasa minoría, y porque los medios hasta ahora disponibles no han permitido la organización de la Olimpiada Nacional ni en el lugar ni con la duración adecuada para introducir una prueba de laboratorio.

La forma más general de preparar los participantes para la Olimpiada es la formación intensiva en un cursillo anterior a la Olimpiada que se celebra cada año en la primera quincena de Julio. Según el reglamento de la Olimpiada, este cursillo no debe ser superior a 15 días, aunque su cumplimiento es dudoso en alguno de los países participantes. Según el calendario español, este período (15-30 junio) ha estado coincidiendo con los exámenes de acceso a la Universidad. La preparación específica se ha realizado, hasta ahora, en Madrid. Con la colaboración de las universidades UCM y UPM, se ha convocado a los alumnos seleccionados en un Colegio Mayor una vez concluidas las pruebas de acceso. Desde el pasado año, las pruebas de acceso a la Universidad se han adelantado a la segunda semana de Junio (aunque no con carácter general, por ser competencia de las Comunidades Autónomas) lo que ha permitido la concentración de los cuatro alumnos en Madrid durante casi dos semanas. Como ya se ha dicho, los resultados han sido cualitativamente mejores en el año 2002, pero aún es pronto para concluir que el efecto de preparación específica es suficiente para salvar las diferencias de calificación con otros países. Será necesario continuar en esta línea para discernir si los resultados de 2002 son una tendencia o un simple hecho casual.

La otra dificultad se encuentra en el profesorado competente para la organización de este cursillo. El período mencionado (15-30 junio) coincide también con un período muy ocupado de los profesores de Universidad. Un procedimiento sería incentivar a algunos profesores para que esos días asistiesen a los alumnos previamente seleccionados. El trabajo de preparación del cursillo debe empezar con anterioridad, hacia principios de mayo cuando ya se conocen los problemas preparatorios de cada olimpiada. En algunos países hay un centro especializado para los alumnos que participan en las Olimpiadas de Matemáticas, de Física y de Química.

#### Resultados obtenidos

Los resultados de las Olimpiadas se expresan en términos de medallas de oro, plata y bronce, aunque en este caso el paralelismo con las pruebas deportivas se difumina porque el concepto de empate técnico de las calificaciones se expresa, en el reglamento, en función del número de participantes. El número de medallas de oro será fijado por el Jurado Internacional, de forma anónima, entre el 8-12 % de los participantes. Las medallas de plata serán entre 18-22% y las de bronce serán entre el 28-32%, de forma que el total no supere el 60% de los participantes. Es decir, en cada Olimpiada hay un sesenta por ciento de alumnos medallistas y además, se pueden otorgar distinciones, Menciones de Honor, a todos aquellos alumnos que no siendo acreedores de medalla, hayan resuelto una de las pruebas,

teórica o práctica, perfectamente bien. Con este sistema de premios, los alumnos españoles han obtenido una mención de honor en 1997, una medalla de bronce y una mención de honor en 1998, dos menciones de honor en 1999 y una medalla de bronce en 2001. En el año 2002 se han obtenido dos medallas de plata y una de bronce, siendo los mejores resultados globales hasta la fecha.

A pesar de estos resultados halagadores para algunos de nuestros representantes, se ha procedido a comparar las calificaciones obtenidas por los alumnos españoles con las obtenidas por los alumnos de otras nacionalidades cuyos sistemas de enseñanza se asemejan al modelo español, o por lo menos, con aquellos que son potenciales competidores de los titulados españoles en el presente o futuro. En concreto se ha realizado una comparación con los países de Europa occidental, UE + EFTA, y con los países de habla hispana participantes en la olimpiada, que son escasos: Argentina, Cuba, Méjico, Uruguay y Venezuela, solamente. Los datos proceden de los informes oficiales de cada Olimpiada que se publican meses después de celebrada ésta.

#### Comparación de resultados con los países de Europa occidental

Para comparar los resultados de unos países con otros se han examinado, en primer lugar las calificaciones finales de cada alumno participante. Son cuatro alumnos por país, ordenados según su nota final. De esta forma puede apreciarse la regularidad de resultados de los cuatro alumnos de un determinado país o la disminución drástica en la calificación de uno de ellos por causas diversas.

Se presentarán sucesivamente las tablas y los gráficos de las calificaciones de los alumnos españoles juntos con los de Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Italia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Suecia y Suiza, países de la UE y EFTA. Las calificaciones de los alumnos españoles se encuentran por debajo de la media comunitaria.

#### Comparación de resultados con los países de Hispanoamérica

Otro posible círculo de influencia pueden ser los países de lengua española. Ciertamente son pocos los países de habla hispana participantes y algunos como Cuba, Uruguay o Venezuela lo suelen hacer con menos de cuatro alumnos por las dificultades económicas para desplazarse al lugar de la competición. Méjico y Argentina mantienen una participación más regular y unos resultados muy apreciables.

En sendas figuras se mostrarán los resultados de España con los de los países de lengua hispana, comprobando que nuestros rendimientos están por debajo de casi todos los países mencionados.

#### Análisis de los resultados

Las calificaciones finales de cada alumno participante son un buen resumen de la actuación de dicho participante

pero cuando los datos lo permiten, el análisis de las calificaciones parciales aporta un conocimiento más detallado de las partes del programa mejor conocidas o peor conocidas por los alumnos. De esta forma se puede apreciar si la causa de los bajos rendimientos de los alumnos españoles en estos años se deben a un desconocimiento sistemático de alguna de las áreas de la química o si se trata de un bajo rendimiento en todas ellas. Para aclarar este punto basta con un estudio concienzudo de las notas parciales de cada problema teórico o de laboratorio referente a algún capítulo concreto de la química.

El primero de los aspectos que se va a mostrar es el rendimiento de los cuatro alumnos españoles en el laboratorio, frente a los rendimientos de los otros países. Es sabido que no hay prueba de laboratorio en el Bachillerato y que la asistencia al laboratorio, aunque recomendada, es opcional al centro, al profesor de bachillerato o al alumno, según los casos.

El otro aspecto a resaltar son los conocimientos de química orgánica. Es tradicional la escasez de esta materia en los programas de química de bachillerato en España y su situación al final del programa. Son conocidos los debates en muchos distritos universitarios para reducir los programas o para reducir las preguntas de química orgánica en las pruebas de acceso a la Universidad. Lo cierto es que esta es la parte de la química peor conocida por los alumnos españoles.

Como conclusión general, se puede afirmar que las diferencias entre las calificaciones de los alumnos españoles y los de otros países europeos se acrecientan acusadamente si, en lugar de examinar las calificaciones globales, se examinan las obtenidas en las pruebas de laboratorio y en los problemas de química orgánica.

Por último, la causa de estos resultados puede buscarse en los preparadores. Si es así, habrá que revisar el equipamiento y los métodos de enseñanza en la universidad, puesto que se ha preparado a estos alumnos en dos universidades distintas (UCM y UPM), de probada tradición y reconocido prestigio, y por profesorado especializado de distintos departamentos universitarios, con decenas de años de experiencia.

## Conclusiones

Resultan evidentes algunas limitaciones de este estudio, como por ejemplo, el reducido número de alumnos, pero téngase en cuenta que se trata de alumnos muy seleccionados en cada uno de los países, por lo que pueden representar el límite superior del país. Otra limitación es la posible diferente preparación específica de los alumnos de cada país antes de llegar a la Olimpiada; este aspecto resulta imposible de evaluar, siendo solamente posible prepararse con mayor ahínco para igualar al que más preparación lleve, exactamente igual que en una prueba olímpica deportiva. Para cubrir esta eventualidad se comentan posibles acciones en los párrafos siguientes. También puede argumentarse que las posibles causas de las bajas calificaciones globales, solamente se han justificado con las carencias en dos aspectos de la química (laboratorio y química orgánica), pero

esto es un deseo de centrar la atención en los aspectos más deficitarios. Se pueden obtener semejantes conclusiones en los campos de química inorgánica estructural, química analítica en disolución, complejos, termodinámica química, química física de las disoluciones, química cuántica, etc. Las conclusiones no serían tan claras porque muchos de estos temas no están presentes en todas las Olimpiadas.

Los resultados muestran que los alumnos españoles no van a la competición en las mismas condiciones que los alumnos europeos o hispanoamericanos. Si este campo de comparación se ampliase, los resultados serían aún más desfavorables pues los ganadores absolutos de la Olimpiada están siempre en países como Rusia, Irán, China, Turquía, USA, etc., y nunca ha sido ganador absoluto uno de los países incluidos en este estudio.

Puede concluirse que los alumnos españoles tienen una formación química más débil. Teniendo en cuenta que estos alumnos son de los mejores dotados, sus deficiencias no pueden achacarse a falta de estudio, pues según la escala de valoración española, han obtenido brillantes calificaciones en química en el Bachillerato y en las Pruebas de Acceso a la Universidad. Tampoco puede achacarse al olvido porque la fechas de la Olimpiada son menos de dos semanas después del examen de acceso a la Universidad, y han tenido unos días (siempre pocos) para mentalizarse, motivarse y prepararse para la competición olímpica. Parece razonable concluir que estas deficiencias se deben a que nunca les han enseñado ciertos conceptos y técnicas de la química que si se explican en otros países.

Las desventajas parecen motivadas por una combinación de dos factores: deficiencias de formación química en la enseñanza secundaria y deficiencias en la preparación específica para la competición. Las deficiencias en la preparación específica no son exclusivas de España, siendo reconocidas por los profesores de otros países de nuestro entorno (Italia, Bélgica, Grecia) pero algunos de estos países obtienen sistemáticamente mejores resultados que España.

Las deficiencias más graves en la formación química durante la enseñanza secundaria se ponen de manifiesto en la manipulación química en el laboratorio y en los conocimientos de química orgánica. Aunque estas conclusiones son conocidas de antaño por los docentes universitarios, esta es la primera vez que se evidencian por comparación internacional. No sólo estos dos aspectos de la química hay que mejorar, aunque son los que se manifiestan con mayor claridad en este estudio.

Las deficiencias en la preparación específica para la competición son más fácilmente evitables suministrando al proyecto los medios adecuados de personal, material y calendario para seleccionar los mejores alumnos, organizar su preparación y recompensar su esfuerzo.

Las deficiencias de formación química durante la enseñanza secundaria tienen, sin duda, una mayor trascendencia, puesto que la presentan alumnos seleccionados como los mejores. Por extrapolación, puede concluirse que estas mismas deficiencias afectan a todo el conjunto de la población estudiantil española.

#### 4. Los medios de comunicación y la divulgación científica.

*D. Manuel Calvo Hernando. Presidente de la Sociedad Española de Periodismo Científico.*

En 1933, el Instituto Internacional de Cooperación Intelectual hizo una encuesta entre algunos periodistas sobre el papel educativo de la ciencia. En su respuesta, el escritor colombiano Baldomero Sanín Cano (1861-1957) expresaba así sus temores: «Al transformarse en empresa industrial, en sociedad anónima por acciones, el periódico moderno ha tenido forzosamente que conceder prioridad, sobre todos los demás intereses, a los dividendos que hay que pagar a los accionistas».

Sanín anticipa una respuesta negativa a esta comprometida interrogación, entonces y ahora y se pregunta lo siguiente:

—¿La información que habitualmente la prensa —hoy debe añadirse la televisión— proporciona al público tiende, por su carácter, a desarrollar su educación y sus conocimientos generales?

Uno de los grandes problemas de la comunicación en las sociedades actuales es, paradójicamente, el de la incomunicación. Sobre la información especializada, ningún investigador tiene tiempo para leer todo lo relevante que se publica en su campo y las propias revistas de resúmenes son demasiado voluminosas. Los grandes congresos internacionales son un conjunto de «relevancias e irrelevancias» (aunque aquí habría que matizar, ya que los congresos son muy distintos entre sí y se resisten a la generalización).

Para H. Bemesch/W. Schmandt, las cinco manipulaciones psíquicas más importantes en Comunicación son: la manipulación de las ideas, de las necesidades, de los sentimientos, de la uniformidad colectiva y de los símbolos (*Manual de autodefensa comunicativa*, Gustavo Gili, 1982).

Narro y Dellamea (1993) han estudiado las teorías críticas y las características de un nuevo paradigma de la comunicación, surgido a mediados del decenio de 1980 con el doble objetivo de afrontar e interpretar los estudios de comunicación ante la situación contemporánea mundial y ante el carácter de las investigaciones realizadas en los Estados Unidos sobre la base de no discutir el sistema que ha mantenido con éxito este país pero que puede no coincidir necesariamente con los que construyen otras sociedades.

Las características del nuevo paradigma serían las siguientes:

El concepto de comunicación horizontal.

La comunicación participativa.

El derecho a la comunicación, como derecho humano fundamental.

El equilibrio informativo, tanto a escala nacional como mundial.

Yo añadiría algo sobre el perfil del divulgador de la ciencia y sobre la necesidad de una cooperación profunda

entre la Comunicación y la Educación, especialmente la secundaria. En los últimos años se han hechos ensayos sobre el uso de los medios como material didáctico no reglado. Hoy se publican libros escritos por científicos que podrían ser usados como textos de clase.

El Periodismo Científico, tal como lo conocemos y practicamos hoy, se inició en el siglo XX, pero, por una serie de razones, los medios informativos no prestan atención suficiente a este tipo de temas. Aquí hay responsabilidades para los empresarios de los medios, para los comunicadores —sean periodistas o no— y, a mi juicio, para los investigadores científicos.

Instituciones y personas dedicadas a la promoción del conocimiento público de la ciencia insisten en la necesidad de que a los investigadores se les proporcionen cursos universitarios en comunicación. Desde 1987, en la Gran Bretaña se ha impartido un programa de esta naturaleza para los científicos, preferentemente jóvenes.

El doctor James Shippen, ingeniero mecánico asociado en medios de comunicación con la Radio BBC, observa que «en la universidad, las escalas de tiempo son más largas y más flexibles. En la BBC, el trabajo es muy volátil. Las fechas límite son absolutas. El programa será transmitido a una hora determinada. Las excusas no tienen lugar en la ecuación. Y esto tiene el efecto maravilloso de concentrar la mente».

No todos los investigadores trabajan en temas que puedan ser noticia. Y sólo un pequeño porcentaje de ellos está preparado para desarrollar algún tipo de estrategia con los periodistas de los medios. Pero estas relaciones hay que plantearlas a largo plazo, no en el momento en que unos necesiten a los otros. Todo momento es bueno para tratar de hacer entender a los medios los aspectos importantes de la ciencia y los científicos deben procurar mantener a los periodistas informados del trabajo que desarrollan.

Para esto no es necesario que se plantee la ocasión de hacer un reportaje, sino siempre que se pueda ser útil al reportero como de antecedentes o de otra clase de ayudas, como contribuir a que periodista esté en condiciones de contextualizar y de explicar. Si los reporteros contaran con estos tipos de ayuda, mejoraría la calidad de sus reportajes. Por ejemplo: la ciencia ha tratado durante siglos de reducir todos los problemas a ecuaciones matemáticas. Ahora se trata de ayudar a hacer una gráfica o cualquier imagen que la mente pueda percibir mejor.

Las diversas disciplinas científicas, por su parte, deberían entrenar a los investigadores para que puedan hablar fluidamente no sólo sobre sus investigaciones, sino de todo su campo en general. «Depende de los investigadores que una sus recursos y seleccionen personas que pueda presentar una visión amplia y sugestiva de su especialidad ante el público. Hay suficientes buenos investigadores con habilidades en comunicación, que desean hablar si se les da una oportunidad» (doctor Jonathan Richardson de Somerville, Massachusetts).

Para hacer más accesible la nueva información científica, debe actualizarse el proceso de publicación y de ayudas. El trabajo del periodista resultaría mucho más sencillo si los editores de la ciencia de los medios pidieran a los investigadores que hicieran resúmenes en lenguaje común

sobre sus descubrimientos, tratando de sintetizar y de escribir claramente para todos. Estos resúmenes serían revisados por colegas, al mismo tiempo que el trabajo escrito completo y también serían difundidos previamente.

Muchos investigadores comprenden que hoy el apoyo del público es el camino que debe seguirse para asegurar la continuidad de la ciencia estadounidense dentro del primer nivel. Carl Sagan hizo notar que este apoyo a la investigación básica «es relativamente nuevo y se remonta a la Segunda Guerra Mundial». Sagan añadía que esto no se lograría si los investigadores reducían sus esfuerzos a escribir sólo para revistas de prestigio. «Estoy hablando —escribió— de los esfuerzos para comunicar la sustancia y acercar la ciencia a los periódicos, revistas, radio y televisión, en conferencias para el gran público, y en los libros de texto de la escuela elemental, media y media superior».

El doctor Ross S. Basch, del Centro Médico de Nueva York, está de acuerdo con esta postura: «Si los investigadores desean comprensión pública, entonces tienen que decir lo que hacen, cómo y por qué o hacen y entonces podrán convencer al público de que debe pagar por ello.»

En España, la Asociación de Periodismo Científico celebra anualmente cursos en la Universidad Carlos III, de Madrid, y en otras instituciones docentes de diversas ciudades y hoy algunos centros de investigación están iniciando cursos para científicos, que están habituados a comunicarse entre sí, pero que, en general, no han sido adiestrados para comunicarse con el público. Esperamos que estas iniciativas cuajen para que los investigadores conozcan los problemas de los medios y puedan cooperar —a mi juicio, de modo decisivo— en la divulgación del conocimiento entre el gran público.

Frente a los efectos de unos medios sensacionalistas, los periodistas deben asumir seriamente su papel de intermediarios. Los peligros se deben evaluar abiertamente, en una actitud de los científicos de respeto a la comunidad, y esta evaluación debe comunicarse al público con la máxima precisión y sencillez.

#### Bibliografía

— Hartz, Jim, y Rick Chapell, *Mundos separados*. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México. Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica. 2001.

— Marro, Mabel, y Amalia B. Dellamea, *La comunicación social. Elementos, claves y proyecciones*. Fundación Universidad a Distancia «Hernandarias», Buenos Aires, 1993.

#### 5. El papel de los nuevos Museos en la educación científica.

*D. Ramón Núñez Centella. Director de los Museos Científicos Coruñeses.*

Señorías: Como se ha expuesto en la presentación de esta ponencia, la divulgación científica a través de los museos ha tomado cuerpo como enseñanza complementaria

de la curricular, a través de exposiciones interactivas, talleres, y otros medios, trascendiendo el concepto tradicional de museo. En los minutos que siguen trataré de hacer una exposición de los puntos que considero más relevantes sobre el tema.

#### Unas notas históricas

A comienzos de los 80 en Europa no existía ningún museo —exceptuando el «Palais de la Decouverte» creado en París en 1937 y un efímero «Evoluon» que la empresa Philips mantuvo durante unos años en Eindhoven (Holanda)— con los rasgos que son comunes a los «nuevos museos de ciencia», es decir: base conceptual, intención didáctica, vocación popular, carácter interactivo y ambiente lúdico, ni tampoco que expresaran con franqueza algunos matices particulares que hoy vemos en alguno de ellos (como ser divergente, educativo o interdisciplinar). El nuevo tipo de museos había nacido con el «Palacio del Descubrimiento» parisino, y así esas instituciones tampoco necesitaban colección de piezas históricas para elaborar un discurso expositivo. En sus salas se presentaban, por ejemplo, módulos que, accionados por el visitante, servían para enseñar los fenómenos y principios generales de las ciencias. Más tarde, el modelo del Exploratorium de San Francisco aportaría, además, un planteamiento abierto y divergente y una intención proselitista que se traducían en la publicación de manuales para la fabricación de sus módulos experimentales, que podían ser accionados por el gran público. La fórmula fue adoptada por el Museo de la Ciencia de Barcelona, con un énfasis en los aspectos didácticos, y por la Casa de las Ciencias.

La creación de esta institución en 1983, por parte del Ayuntamiento de La Coruña, supuso la aparición del primer museo científico en España de carácter interactivo y educativo con titularidad pública. Como sucedía en Barcelona, el centro disponía de diferentes salas dedicadas a temas relacionados con la experimentación, el mundo físico, la naturaleza y la tecnología, así como a exposiciones temáticas temporales, contaba con una sección especial de informática (y de hecho son cientos de miles los alumnos que tocaron allí por primera vez el teclado de un ordenador) y una sala de Planetario, instalación, como se sabe, inigualable y quizás imprescindible para la enseñanza de la astronomía.

#### Señas de identidad

Muchas veces se ha dicho que los nuevos museos de ciencia tienen como lema «prohibido no tocar». Quizás es una forma de distinguirse de aquellos otros que exhiben piezas valiosas, y en verdad que esa es una característica que contribuye de manera importante al ambiente de estos centros, pero todos sabemos que de hecho valoramos más un «prohibido no pensar». Lo más importante sigue siendo el conseguir que al salir el público tenga más preguntas que al entrar, señal inequívoca de que se ha avanzado hacia el conocimiento.

Por hacer un retrato concreto, la Casa de las Ciencias de La Coruña, como los centros similares que han surgido

desde entonces en España, se presenta como un museo conceptual y educativo, con preferencia por la interactividad y —sin ningún tipo de complejos— por los aspectos lúdicos del aprendizaje, en el convencimiento de que la diversión es el ingrediente más estimulante para cualquier actividad humana. Quiere también presentar una ciencia en clave interdisciplinar, porque es la única forma de hacerlo de una manera atractiva y auténtica culturalmente y destaca en este caso una particular concesión a lo divergente, a permitir o incluso provocar las lecturas alternativas.

En general, los nuevos museos querían educar, y para ello optaron por ofrecer en sus salas de exposiciones objetos y dispositivos que sirvieran, como en los tradicionales museos, para sorprender y deleitar, pero en una forma que pudiese provocar esa incomodidad intelectual que precede al aprendizaje. Si hay personas que llegan al museo con determinadas preguntas, lo que se pretende no es ya que encuentren alguna respuesta, sino sobre todo que durante su visita descubran caminos para buscarlas, al tiempo que inevitablemente se van planteando nuevas preguntas.

¿Qué objetivos se logran en estos museos?

En este punto quiero destacar que la actividad educativa de este tipo de centros no se limita, por supuesto, al ámbito de aprendizajes concretos en las salas de exposiciones, por mucho que en ellas se presenten los principios de la ciencia, que se ofrezcan cuadernos de actividades para los alumnos o que los profesores acudan previamente al museo a preparar la visita del grupo. Los museos actúan, quizás sobre todo, en el ámbito de la educación afectiva, despertando o activando la curiosidad hacia cuestiones científicas —por presentarlas atractivamente o porque allí se percibe su relación con la actualidad— y mejorando la imagen pública de la ciencia, al vincularla a momentos, ambientes y sensaciones agradables. Sean ellos los de la visita a una exposición, la participación en unos talleres, en una feria de la ciencia o en un concurso para jóvenes investigadores.

Por otra parte, los museos desarrollan a lo largo del año gran cantidad de actividades y ofrecen recursos que sirven a la educación científica de toda la población. Y no debemos olvidar que el derecho a la educación persiste durante toda la vida de las personas, que es independiente de su edad. Un repaso somero a los periódicos de esta semana nos recordará los temas científicos que están presentes en nuestro mundo y para los que todos los aquí presentes no hemos recibido en nuestra enseñanza reglada información alguna: Nuevos hechos, como la fertilización «in vitro», el agujero de ozono, la clonación, el calentamiento global o los trasplantes de órganos; nuevos productos, como los alimentos transgénicos, los ordenadores, la píldora del día después, el láser, el éxtasis o la internet; nuevas teorías y modelos como el Big bang o los quarks, y nuevos conceptos, como la bioinformática, el software, las células madre o los priones. En algún lugar y circunstancia hemos de comprender y familiarizarnos con la ingente cantidad de información que precisa nuestra adaptación a una sociedad cambiante.

Los nuevos museos, por ejemplo con sus ciclos de conferencias o publicaciones, participan de hecho a este respecto en una función social imprescindible. Ha de resaltarse, sobre todo en situaciones de desconcierto e incluso inquietud de la ciudadanía, la capacidad de estas instituciones para responder con criterios de independencia, autoridad, rigor e inteligibilidad a las demandas de información científica que se producen en la sociedad (vacas locas, antenas de telefonía móvil, investigación con células madre,...). Si el futuro de nuestra sociedad es un futuro íntimamente ligado a la ciencia y la tecnología, la integración de los ciudadanos a este mundo, que —insisto— es una tarea permanente, exige poner a su alcance los medios necesarios para mantenerse informados. Quizás el éxito de visitantes de estos nuevos museos tenga relación, por un lado, con el manifiesto incremento en la demanda social de información científica, y por otro, con su capacidad de adaptarse a nuevas tecnologías o con una mayor sensibilidad a las necesidades reales del entorno.

Una explosión de museos

Como sin duda se conoce, después de la creación de la Casa de las Ciencias tuvo lugar, en España y en Europa, una auténtica explosión de nuevos museos científicos. Fueron los primeros en 1986 la «Cité des Sciences et de l'Industrie» de París, y el «Launch Pad» del Science Museum, en Londres, haciéndose notar que bajo diversas fórmulas, las iniciativas que iban surgiendo parecían huir de la denominación de «museo». En 1988 se abrieron en Trieste el «Laboratorio dell'Immaginario Scientifico» y el «Teknikens Hus» o Casa de la Tecnología en Lulea (Suecia), en 1989 se inauguró el «Heureka» en Helsinki y en 1991 el «Eksperimentarium» de Copenhague. En nuestro país, tras los planetarios de Madrid, Castellón y Pamplona nacerían el Parque de las Ciencias de Granada y centros análogos en Tenerife, Alcobendas, Murcia, Málaga, Cuenca, Las Palmas, San Sebastián y otras ciudades, casi siempre por iniciativa pública municipal o regional, de manera que existen en la actualidad, en funcionamiento o en fase de construcción, más de una docena de ellos, entre los que destaca por su magnitud y por su número de visitantes el Museo «Príncipe Felipe», de Valencia. También, y ello ha de destacarse, los tradicionales museos de colecciones se adaptan a las nuevas tendencias, una vez superadas las fases de museo-almacén y museo-escaparate.

En el primer congreso mundial de «Science Centres», celebrado en Helsinki en 1996, se dio cuenta de la existencia de ya más de un centenar de instalaciones de este tipo en Europa. Pero lo más llamativo es que el caso se ha ido reproduciendo no sólo en los países occidentales sino también en otros como México, Venezuela, Argentina, Colombia, Chile, India, Túnez y algunos más. La humanidad del siglo XXI se apoyará sin duda en los nuevos museos de ciencia para seguir buscando una educación científica en consonancia con el progreso y con el cambio de los tiempos.

## Manifiesto de La Coruña

Desde el año 1997 se han celebrado seis reuniones de directores o responsables de museos de ciencias o planetarios en España, con vistas a intercambiar experiencias y establecer estrategias de colaboración.

En su primera reunión los participantes firmaron un Manifiesto, que ha sido luego ratificado en los encuentros de Tenerife, Granada, Valencia y Valladolid, cuyo texto es el siguiente, y que dada su permanente actualidad quiero traer a esta ponencia:

«Los abajo firmantes, en su calidad de directores, responsables o técnicos de los museos interactivos, planetarios y centros de divulgación científica de toda España, reunidos en La Coruña el 21 de marzo de 1997.»

## EXPONEN

Primero: Que en nuestra sociedad existe un importante desequilibrio entre las necesidades culturales de la población, derivadas del desarrollo científico y tecnológico, y la educación científica del ciudadano medio. Este desequilibrio se manifiesta, de hecho, en un creciente interés hacia el conocimiento del entorno natural y de los avances en ciencia y tecnología. Dada la velocidad con que se suceden estos avances, la educación recibida en la enseñanza obligatoria resulta muy pronto insuficiente para las personas.

Segundo: Que la divulgación y la popularización de la ciencia son imprescindibles, no solamente porque sirvan para buscar las mejores respuestas a las viejas preguntas sobre nuestros orígenes o porque significan mayores posibilidades individuales y colectivas para salir de la pobreza, sino también porque nos ayudan a tomar conciencia de los posibles riesgos producidos por el uso de la tecnología. La divulgación científica es importante para la democratización de la sociedad y para la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones que determinarán su futuro: una sociedad más culta científicamente será también una sociedad más libre y responsable.

Tercero: Que los centros de divulgación científica que se están creando en España cumplen un papel fundamental como dinamizadores de la cultura, y desempeñan asimismo un importante papel como complemento de los centros escolares.

## Y URGEN

— A la Administración y a los poderes públicos para que dediquen un mayor porcentaje de los presupuestos a apoyar a los centros de divulgación existentes, a crear otros nuevos y, en general, a fomentar todas aquellas iniciativas que tengan como objetivo mejorar la educación científica popular.

— A los científicos y profesores para que asuman la obligación y la necesidad de compartir el saber científico y se comprometan en la tarea de poner sus conocimientos al alcance del gran público, utilizando las tribunas que les

ofrecen los centros de divulgación y los medios de comunicación.»

## VI. COMUNICACIÓN FINAL DE LAS REALES SOCIEDADES DE FÍSICA, MATEMÁTICAS Y QUÍMICA.

Las Reales Sociedades de Física, Matemáticas y Química han detectado que se está produciendo un alarmante descenso en el nivel de los conocimientos científicos de los alumnos que terminan la Enseñanza Secundaria en España y en el número de estudiantes que siguen la vía científica en su formación. A esta conclusión se ha llegado a través de informes elaborados por muy diversos colectivos de investigadores científicos y de profesores de todos los niveles educativos. La gravedad del problema, que llegará a comprometer el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país en un futuro próximo, nos ha obligado a transmitir a las autoridades educativas y a los órganos de representación de la soberanía popular, como es el Senado, a través de su Comisión de Educación, Cultura y Deporte, la preocupación de dichas RR. SS. y a ofrecer nuestra colaboración para tratar de detectar la naturaleza del problema y definir posibles acciones correctoras.

Nos complace resaltar la excelente acogida que nuestra propuesta ha tenido en todos los grupos parlamentarios de la citada Comisión del Senado que ha propiciado la creación de una Ponencia específica para estudiar el problema. Desde el comienzo de sus trabajos, en esta Ponencia, han comparecido profesionales de diversos campos tales como la investigación, las enseñanzas universitaria y secundaria, y la dirección o gestión educativa. Tras las intervenciones de los comparecientes, las Señoras y Señores Senadores han contribuido con sus preguntas y comentarios a enriquecer los análisis presentados.

Un primer punto de acuerdo, entre los participantes de la Ponencia, es reconocer el logro social que ha supuesto la extensión de la enseñanza obligatoria hasta los 16 años para todos los ciudadanos impuesta por la LOGSE. Sin embargo, su desarrollo normativo y puesta en práctica ha creado en el área de enseñanza de las ciencias una problemática a cuyo análisis y propuesta de mejora quiere hacer frente esta ponencia. Creemos que una buena oportunidad para corregir esta situación puede estar en la Ley Orgánica de Calidad de la Educación.

Un segundo punto de acuerdo es la necesidad de fomentar el valor del esfuerzo personal, particularmente importante en el estudio de las ciencias que requieren un conocimiento acumulativo.

Un tercer punto de acuerdo es la necesidad de una formación científica básica para toda la población basada en sus innegables aspectos formativos y que, en lo referente a las materias de Física, Matemáticas y Química, puede resumirse como sigue:

— Estimulan el desarrollo del pensamiento abstracto que complementa el aportado por otras disciplinas.

— Proporcionan una concepción precisa del papel que el ser humano ocupa en el universo a la luz de los conocimientos actuales.

— Desarrollan la creatividad intelectual, el espíritu crítico, la libertad de pensamiento basada en elementos de juicio objetivos y contrastables, el sentido de la responsabilidad individual, etc.

— Facilitan la comprensión de los desarrollos tecnológicos de los que se hace uso cotidianamente.

— Permiten la adquisición de conocimientos básicos necesarios para emprender estudios superiores de carácter científico o tecnológico.

— En resumen, las personas excluidas del acceso, utilización y comprensión de las ciencias y las tecnologías, también están excluidas del acceso al trabajo y al desarrollo. Lo mismo se aplica a los grupos y sociedades en su totalidad.

Estos propósitos coinciden con las finalidades que en su día hizo explícito los currícula de las Ciencias y de las Matemáticas derivados de la LOGSE.

A continuación, consideraremos algunos aspectos generales que tienen una relevancia especial en la enseñanza de las Ciencias y en algunos aspectos más fuertemente en las Matemáticas por su carácter acumulativo.

### 1. Formación del Profesorado.

- Formación inicial.

La formación inicial es clave para una enseñanza de calidad.

#### *Formación inicial de los licenciados en Ciencias que se dedicarán a la enseñanza en secundaria.*

En las licenciaturas de Matemáticas deberían contemplarse los contenidos en didáctica para los futuros profesores de secundaria, aprovechando el programa de homogeneización que surge de la Declaración de Bolonia. Estos contenidos podrían impartirse en un segundo ciclo como una especialidad de Didáctica Matemática (ya existentes en algunas Facultades de Matemáticas). A la vez, debería haber unos contenidos en Ciencias (fundamentalmente en Física) en los primeros cursos de licenciatura.

Con respecto a las licenciaturas de Física y Química, en las que no existe tal tradición, debería contemplarse la creación de especialidades de Didáctica.

#### *Formación inicial de maestros.*

En cuanto a la formación inicial de los maestros, es imprescindible aumentar los contenidos de ciencias como se puso de manifiesto a lo largo de la ponencia, esto es especialmente importante en el caso de las Matemáticas. Actualmente, nuestros maestros reciben una formación inicial matemática muy reducida, lo que está produciendo resultados dramáticos, al ser las matemáticas una ciencia acumulativa, con lo que las condiciones iniciales son la clave del

éxito. Consideraciones similares podrían hacerse sobre la Física y la Química.

- Formación continua.

Es preciso reorganizar la formación continua, consiguiendo una mejor coordinación entre las ofertas de las Comunidades Autónomas y el propio MECD. Los Centros de Profesores deberían coordinar sus ofertas, de hecho, sería conveniente por parte del Ministerio la creación de un tal Centro de Coordinación. A la vez, debería haber una evaluación permanente de tales cursos, con el correspondiente seguimiento sobre la consecución de objetivos.

En cuanto a los cursos ofertados por el propio MECD, debería haber mayor transparencia en la adjudicación. Actualmente son por encargo a profesionales, con lo que se produce una asignación directa que lleva a una repetición no conveniente de los mismos profesores. Se ha llegado incluso a encargar cursos de Matemáticas a no matemáticos en alguna ocasión.

Especial atención debería dedicarse al colectivo de maestros, que son la base del sistema educativo, y suelen estar mucho más abandonados.

En la formación continua, sería deseable la participación de las sociedades científicas en su diseño e impartición, como agentes transversales.

### 2. Laboratorios.

En el caso de la Física y la Química, los Laboratorios son el complemento natural e indispensable de su enseñanza en las aulas. En efecto, el método científico está basado en la observación, de la cuál se deducen las leyes, que después se reproducen en los experimentos. Las prácticas de laboratorio deberían constar de un programa definido y con exámenes de laboratorio, como ocurre en otros países de nuestro entorno europeo.

Aunque los laboratorios están asociados habitualmente a materias como la Física o la Química, constituyen también una reivindicación histórica de las Matemáticas, hecha patente por ejemplo por matemáticos de la talla de Borel en Francia hace un siglo. Los ordenadores facilitan ahora actividades impensable hace solo 25 años, y la modelización y simulación son importantes a la hora de la motivación en una materia como las Matemáticas. Existen también excelentes programas de tipo geométrico como Cabri que podrían utilizarse en estos Laboratorios de Matemáticas, enriqueciendo los usuales Laboratorios informáticos, y coordinados a su vez con los Laboratorios de Física y Química, pues muchas prácticas conducen a leyes enunciadas de forma matemática.

### 3. Tecnologías.

Estimamos que en los últimos años han ido en aumento las asignaturas recogidas genéricamente bajo la denominación de Tecnologías. Probablemente corresponda este hecho a la voluntad legítima del legislador en incrementar la formación tecnológica de nuestros estu-



diantes. Creemos que se ha puesto el carro delante de los bueyes. Pretender enseñar tecnologías sin un previo conocimiento científico es un grave error. Las tecnologías derivan de las ciencias, y deberían enseñarse como productos de éstas.

#### 4. Situación de los profesores.

No existe un problema específico de este colectivo en cuanto a los salarios, sin embargo si vemos un gran problema en lo que se refiere a su promoción personal. Debería configurarse una auténtica carrera docente, que les devolviera la ilusión por su trabajo.

Debería facilitarse por las distintas Administraciones la asistencia de profesores de Secundaria a jornadas y congresos; actualmente, deben utilizar los fines de semana para estas actividades.

De la misma manera, debería fomentarse y reconocerse, la realización de trabajos de investigación educativa o académica, en algunos casos, conducente a una tesis doctoral. Los profesores que intentan realizar su tesis doctoral, se encuentran en la necesidad de solicitar permisos no retribuidos para poder dedicarse durante unos meses a estas tareas.

También debería estar contemplada la liberación total o parcial durante ciertos períodos para dedicarse a trabajos propios de las sociedades científicas, tal y como ocurre cuando algún profesor es destinado a algún cargo técnico en el MECD o en las correspondientes Consejerías de las CC.AA.

#### 5. Inmigración.

Existen dos tipos importantes de problemas:

1. Inmigrantes de habla no española. Se da el caso de hijos de inmigrantes que no conocen el español, con lo que resulta materialmente imposible impartirles no ya solo Ciencias, sino cualquier materia. En muchas ocasiones, otros niños inmigrantes que ya conocen el idioma sirven como traductores improvisados. Estamos hablando de idiomas como el chino, búlgaro, ruso, ucraniano, rumano, árabe, etc.

2. Inmigrantes provenientes de países hispanoamericanos. El problema ya no es el idioma, pero sí el bajo nivel de conocimientos con el que estos alumnos llegan a nuestras aulas, con lo que los profesores se ven obligados a reducir el nivel de enseñanza de un modo drástico.

3. En ambos circunstancias, no estamos hablando de casos aislados, sino de un alto porcentaje de alumnos, que en algunas clases supera ampliamente el 50%.

4. Resaltamos aquí el importante papel que pueden desempeñar las Ciencias y en particular las Matemáticas, universales y presentes en todas las culturas. Así ha sido reconocido en numerosas ocasiones por la UNESCO.

#### 6. Padres.

La complicidad de los padres en la educación es esencial e imprescindible. Pero este no es el caso en general. Las causas son muy variadas:

- Se ha perdido por la sociedad el reconocimiento de la educación como garantía de un bienestar futuro y un valor en sí misma. Una gran culpa descansa en los mensajes que desde la televisión bombardean a nuestros niños y jóvenes, problema al que no son ajenas las cadenas públicas de televisión (a las que se supone al servicio de los ciudadanos).

- Se ve por muchos padres el colegio como un lugar en el que descargar a los hijos durante una parte importante del día y no como una prolongación del hogar familiar.

- Nuevas situaciones familiares pueden incidir también en la educación.

- En el caso de los inmigrantes, la situación es más grave, al tener sus padres (ambos) jornadas laborales demasiado extensas.

- En el caso de las Matemáticas, el problema se agrava, a causa del anumerismo tan extendido en nuestra sociedad, que imposibilita en muchos casos a los padres para ayudar a sus hijos en las tareas escolares, aunque tuviesen voluntad de hacerlo.

#### 7. Alumnos.

Por primera vez en una Ley Educativa se contemplan los deberes y derechos de los alumnos. Parece bastante obvio que su principal derecho es el recibir una educación digna, y que debe intentarse que den lo mejor de sí mismos. Frente al derrotismo de algunos sectores, la sociedad debe intentar que todos reciban la mejor educación posible. El que ellos conozcan sus derechos, y también sus deberes, desde el primer momento que pisan un aula, ayudará notablemente a conseguir los objetivos. El conocer desde un principio las reglas del juego es siempre bueno. Deberíamos seguramente confiar más en su capacidad para afrontar los nuevos retos.

Existe un fuerte problema de motivación. La pregunta en este caso debería ser, ¿por qué enseñar Ciencias? Si somos capaces de convencerlos, habremos ganado mucho. Para ello, todo tipo de acciones divulgativas paralelas (museos, revistas, conferencias, programas televisivos) así como una motivación en las propias clases de como surgen los temas que se les están explicando en su contexto histórico, social y científico, serían de gran ayuda. A lo largo de esta ponencia hemos escuchado propuestas en este sentido. Esto es especialmente importante para las Matemáticas debido a su escasa visibilidad en las tecnologías cotidianas.

#### 8. La educación de los adultos.

En los debates sobre los problemas de la Educación, en pocas ocasiones se incluye la enseñanza de los adultos. Por una parte, muchos adultos no han gozado de la oportunidad de escolarizarse conveniente en su momento. Por otra, el mundo es cambiante, generando con-

tinuamente nuevos conocimientos, que deberían revertir a toda la población. Por ello, la educación continuada debe ser también una prioridad de nuestro sistema educativo, y la calidad debe entenderse además en este sentido de mejora social.

#### 9. Aspectos humanistas, científicos y sociales de las Matemáticas y los nuevos Itinerarios.

La LOCE (como ocurre en todas las leyes educativas anteriores) se limita a considerar las Matemáticas como materia instrumental, de la misma manera que a la Lengua.

Las Matemáticas no son sólo un instrumento para las otras materias, es decir un modo de expresión del conocimiento de otras materias, sino también un modo propio de conocimiento como el arte o la literatura.

- No debe olvidarse el contenido matemático de las llamadas Humanidades, ahora que se quieren recuperar las enseñanzas clásicas. Las matemáticas son una parte indispensable en la formación del pensamiento moderno, heredero del pensamiento clásico griego. Deberían enseñarse los aspectos matemáticos de la Filosofía a través de los grandes filósofos-matemáticos griegos: Pitágoras, Platón, Aristóteles, etc. Este hilo de pensamiento sigue hasta nuestros días con nombres como Leibniz, Descartes, Kant, Russell, etc.

- Por otra parte, se debería enfatizar el contenido matemático de las tecnologías, y aprovechar estas asignaturas tecnológicas para ello. Conseguir así acabar con el anumerismo y aumentar la apreciación de las Matemáticas desde la secundaria.

- Tampoco debe olvidarse el papel de las Matemáticas como soporte conceptual de las restantes Ciencias.

- Debería resaltarse además el papel de las Matemáticas para la formación del ciudadano en los valores democráticos y en la toma de decisiones.

La existencia de itinerarios en la Educación Secundaria Obligatoria y las diferentes modalidades del Bachillerato, conduce a la siguiente reflexión sobre algunos aspectos particulares de las Matemáticas, independientemente del debate de contenidos y sus cargas horarias.

A este respecto, se observa que en Tercero y Cuarto de ESO existe siempre una asignatura de Matemáticas: Matemáticas A para el itinerario tecnológico, y Matemáticas B en los demás. Se sobreentiende que Matemáticas A es la más fácil y Matemáticas B la más difícil. El grado de dificultad radica en el contenido de la materia, y a la vez en la exigencia de conocimientos al alumno. En cualquier caso, los contenidos deberían estar ajustados a los principios generales citados previamente.

En las modalidades de Bachillerato se insiste en esa división en Matemáticas A y B, y queremos hacer extensivos los comentarios hechos en el párrafo anterior sobre la ESO. Se exceptúa la Modalidad de Artes, en la que las Matemáticas pasan a ser optativas. Esto es un error, al ser las Matemáticas substrato fundamental de las Artes desde la más remota antigüedad. Las relaciones pitagóricas de los cuadros velazqueños, las compo-

siciones geométricas de Kandinski, las proporciones áureas del Partenón y de Leonardo da Vinci, la arquitectura de Gaudí, son algunos ejemplos. Lo mismo ocurre con las modernas técnicas de diseño, basadas en algoritmos matemáticos. Corremos el riesgo de perpetuar la malsana división entre Ciencias y Letras, alejando las Matemáticas del acervo cultural de nuestros ciudadanos. Procedería una asignatura obligatoria de Matemáticas en la especialidad de Arte aunque con un contenido más ligero.

#### 10. Situación de la Física y de la Química en los nuevos itinerarios.

Publicada la Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE) donde se introducen modificaciones con relación a la organización de la Educación Secundaria, lo más relevante es la introducción de los itinerarios en los cursos de 3º y 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Ver anexo I.

Observaciones:

1) Con relación a la situación anterior a la LOCE, la Física y Química en 3º de la ESO (Incluida junto con la Biología y Geología era una asignatura obligatoria que se denominaba *Ciencias de la Naturaleza*) se ha convertido en asignatura independiente pero ha dejado de ser materia obligatoria para todos los estudiantes.

2) En 4º de la ESO solo aparece como materia obligatoria en el Itinerario científico.

3) Aparece la posibilidad de que se imparta en los otros itinerarios en *modalidad A* siempre y cuando la introduzcan las C.C.A.A. Teniendo en cuenta que en los cursos 1º y 2º de la ESO, las Ciencias están incluidas en asignaturas denominadas *Ciencias Naturales* con claro predominio de Biología y Geología e impartida por profesores no especialistas, la situación en que queda la Física y la Química en esta etapa educativa es muy lamentable.

4) Nuestra propuesta es que en la ESO, la Física y la Química deberían incluirse como obligatorias con unos contenidos más generales en algunos itinerarios donde actualmente no aparecen. Para una parte importante de los ciudadanos, la ESO va a representar el último contacto escolar, y la Física y la Química van a proporcionarle información relevante sobre temas como la Energía Nuclear, la concepción actual de nuestro universo, la composición de la materia, el medio ambiente, etc.

5) Con respecto a la enseñanza de las diferentes modalidades del Bachillerato, es esencial separar las asignaturas de Física y Química para que constituyan asignaturas separadas y obligatorias en la modalidad de Ciencias y Tecnología, con tres horas semanales cada una en primero y cuatro en segundo. En las otras dos modalidades sería importante tener una asignatura de estas materias no solo con una carga más liviana sino incluso con una orientación diferente.

6) Es esencial para elevar la calidad de la enseñanza de la Física y la Química que los profesores de estas mate-

rias sean especialistas en ellas y se separen los programas de oposición en Física por un lado y de Química por otro.

## ANEXO I

## Educación Secundaria Obligatoria

## Tercer Curso:

- Itinerario Tecnológico.
- Itinerario Científico-Humanístico.

## Cuarto Curso:

- Itinerario Tecnológico.
- Itinerario Científico.
- Itinerario Humanístico.

## Modalidades del Bachillerato:

- Artes.
- Ciencias y Tecnología.
- Humanidades y Ciencias Sociales.

## TRONCALES

## OPTATIVAS

3º	Biología y Geología Cultura Clásica Educación Física Geografía e Historia Lengua castellana y Literatura Lengua extranjera Sociedad, Cultura y Religión  Lengua y literatura de la Comunidad Autónoma (en su caso)	Itinerario Tecnológico  Matemáticas A Tecnología Educación Plástica	Itinerario Científico-Humanístico  Matemáticas B Física y Química Música	
4º	Educación Física Ética Geografía e Historia Lengua castellana y Literatura Lengua extranjera Sociedad, Cultura y Religión  Lengua y literatura de la Comunidad Autónoma (en su caso)	Itinerario Tecnológico  Matemáticas A Tecnología 3º asignatura (1)	Itinerario Científico  Matemáticas B Fís./Química B 3º asignatura (1)	Itinerario Humanístico  Matemáticas A/B Latín 3º asignatura (1)

(1) Esta tercera asignatura será determinada por cada CC. AA. de entre las siguientes: Educación Plástica; Música; Biología y Geología, Física y Química A; y Tecnología, siempre que en un itinerario no se cursen dos versiones diferentes de la misma asignatura.

## ANEXO II

Contenidos mínimos de matemáticas

Es sin duda clave ponerse de acuerdo en cuáles deberían ser los contenidos mínimos que debería poseer un alumno al terminar su ciclo de Secundaria, y, en su caso, de Bachillerato.

ESO (Nota: los ítems en cursiva no se imparten actualmente, aún cuando se deberían incluir).

Números: Es fundamental conocer los diferentes tipos de números: naturales, enteros y reales. Proporcionalidad numérica.

Funciones: polinómicas, racionales, exponenciales y logarítmicas. Nos sirven para describir numéricamente los

fenómenos físicos. Sucesiones y progresiones aritméticas y geométricas.

Derivadas: Nos sirven para describir los cambios. Estudio de la monotonía, máximos y mínimos de una función utilizando la derivada.

Ecuaciones: de primer y segundo grado, polinómicas (con coeficientes enteros) con una incógnita de grado superior a dos. Ecuaciones racionales, bicuadradas, irracionales. Sistemas de dos ecuaciones con dos incógnitas. Resolución geométrica.

Inecuaciones de primer grado con una incógnita, *inecuaciones lineales con dos incógnitas*.

Trigonometría: con aplicaciones en la resolución de triángulos. Teorema del seno y del coseno.

Geometría: *Ecuación de una recta. Problemas métricos*. Triángulos. Propiedades métricas. Teorema de Pitágo-

ras y de Tales. Áreas de figuras planas. *Cónicas: circunferencia, elipse e hipérbola*. Volúmenes.

Estadística y Cálculo de probabilidades. Tablas y gráficas estadísticas. Parámetros estadísticos. Tratamiento de datos.

Bachillerato:

Espacios vectoriales. Matrices y determinantes. Sistemas de ecuaciones lineales (Cramer, Gauss y Rouché).

Espacio afín tridimensional: Ecuaciones de la recta y del plano. Posiciones relativas.

Espacio euclídeo tridimensional: Producto escalar, vectorial y mixto.

Movimientos en el plano: simetrías, traslaciones y giros.

Interpolación polinómica. Polinomio de interpolación de Lagrange y de Newton.

Programación lineal.

Funciones: polinómicas, racionales, exponenciales, logarítmicas y trigonométricas. Límites y continuidad. Representación gráfica.

Derivadas: Reglas de derivación. Estudio local de una función. Fórmula de Taylor. Regla de L'Hôpital.

Integral indefinida: Métodos de integración. Integrales inmediatas, racionales, trigonométricas, irracionales sencillas.

Integral definida e indefinida: Cálculo de longitudes, áreas y volúmenes.

Ecuaciones: Raíces reales de una ecuación. Teorema de Rolle.

Curvas y superficies: La esfera, superficies de revolución.

Estadística: Álgebra de sucesos. Probabilidad. Probabilidad condicionada. Teorema de la probabilidad total. Fórmula de Bayes. Distribuciones discretas y continuas de probabilidad. Distribuciones bidimensionales.

### Cargas horarias

#### Matemáticas

Las Matemáticas están en pie de igualdad con la Lengua. Sin embargo, las cargas horarias de la ESO y el Bachillerato son muy diferentes en la actualidad.

*Primer ciclo de la ESO (28 horas semanales de clase):*

Lengua Castellana y Literatura: 245 horas.

Matemáticas: 175 horas.

*Segundo ciclo de la ESO (30 horas semanales de clase):*

Lengua Castellana y Literatura: 240 horas.

Matemáticas: 160 horas.

*Bachillerato ESO:*

Lengua Castellana y Literatura: 210 horas.

Matemáticas: 140 horas.

Fuente: Enseñanzas Mínimas en ESO y Bachillerato, MECED, 2001.

Aunque en algunas CC.AA. se reforzó el contenido de Matemáticas, la LOCE debería considerar un aumento de la carga horaria de las Matemáticas, que debería corresponder en todos los niveles educativos a una hora diaria de clase.

Comentario sobre cargas horarias: Como señalábamos anteriormente, la reducción horaria de algunas de las asignaturas de Tecnologías proporcionaría horas suficientes para este aumento en Matemáticas (y, por supuesto, en Física y Química).

### ANEXO III

#### Contenidos mínimos de Física y Química

En términos muy generales se podrían admitir los contenidos mínimos que aparecen en los últimos decretos del MECED aunque, se echa de menos una referencia clara a requisitos obligatorios para el trabajo experimental (tal y como se comenta en el apartado 2 del Documento) lo que, una vez más, deja a la voluntad de los Departamentos y los profesores la dedicación a este tipo de actividades.

#### Carga horaria

Las asignaturas de Física y Química en los cursos 3º y 4º de la ESO deberían tener tres periodos semanales pues está constatado que dos horas a la semana no permiten trabajar las materias con continuidad y rigor.

En el curso 1º, en el Bachillerato científico, la Física y la Química, como asignaturas separadas, deberían tener tres horas semanales cada una, por las mismas razones anteriormente comentadas. En las otras modalidades de Bachillerato, se podría impartir una asignatura que incluyera las dos materias con una orientación más generalista y con una dedicación horaria de tres horas semanales.

En cuanto al segundo curso del Bachillerato Científico-Tecnológico, para muchos estudiantes preuniversitario de una carrera de Ciencias, las dos asignaturas, Física y Química, deben ser obligatorias y con una dedicación de, al menos, cuatro horas semanales.

No se puede terminar asuntos de horas, sin hacer un llamamiento a la necesidad de contabilizar en el horario de los profesores, la dedicación imprescindible que requiere la preparación del trabajo experimental y mantenimiento de los laboratorios

### ANEXO IV

#### Comentarios generales sobre las ciencias naturales

En la vida diaria estamos en continuo contacto con palabras y situaciones que nos afectan directamente como la

dieta equilibrada, las enfermedades, la manipulación y producción de alimentos (vacas locas, parásitos en los pescados, dioxinas en los pollos...). Por otra parte, los medios de comunicación, prensa, TV, etc., nos hablan constantemente de alimentos transgénicos, clonaciones, fecundación in vitro, terapia génica, trasplantes, investigación con embriones congelados, terremotos, erupciones volcánicas, suelos expansivos, deslizamientos, problemas de sequía, inundaciones, Plan Hidrológico Nacional, animales en peligro de extinción... Es, por tanto, imprescindible que la sociedad tenga una cultura científica básica que le permita entender el mundo actual.

La Ciencia forma parte del acervo cultural de la Humanidad, y de hecho, cualquier cultura pasada ha apoyado sus avances y logros en los conocimientos científicos que se iban adquiriendo. Estos conocimientos son debidos al esfuerzo y a la creatividad humanos. El abandono de las Ciencias Naturales después de 3º ESO conduciría a un analfabetismo científico de la población. Conocer las realidades científicas de hoy es lo que permite a un ciudadano ser realmente responsable, con capacidad de análisis y de crítica constructiva. Los alumnos, a partir de 3º ESO, comienzan a tener la capacidad de abstracción que permite comprender en profundidad ciertos principios, teorías y leyes de la ciencia. Es por ello imprescindible que las Ciencias Naturales sigan siendo materia troncal y obligatoria en 4º ESO. Siendo este curso final de estudios obligatorios, es importante que la profundización en esta disciplina ayude a la comprensión de la realidad actual a todos los ciudadanos del país y que les ofrezca la base necesaria a aquellos que deseen realizar estudios científicos posteriores.

El Bachillerato debe proporcionar a los alumnos una cultura científica básica para que puedan acceder y desarrollar cualquier estudio posterior específico. La cultura científica básica es la que se ha trabajado siempre: matemáticas, física, química, biología y geología, que preparaban al alumnado para abordar estudios científicos o tecnológicos superiores de cualquier naturaleza. Es evidente que para realizar estudios superiores de medicina, farmacia, veterinaria, biología, ciencias del mar, ecología, Ingeniería de montes o agrónomos, enfermería, fisioterapia, geriatría, psicología, medio ambiente, etc., y la multitud de módulos de grado superior relacionados con estos temas, es necesario tener un conocimiento profundo de las Ciencias de la Naturaleza.

Por otra parte, todas las personas que van a desarrollar trabajos tecnológicos deben tener un profundo conocimiento de la naturaleza ya que es en ella donde van a desarrollar sus actuaciones y deben conocer y controlar los efectos que éstas tienen sobre el medio. Asimismo, las personas llamadas a dirigir empresas o legislar sobre todos los aspectos anteriormente mencionados (alimentación, transgénicos, utilización científica de embriones congelados, control de riesgos, etc.), han de tener una formación suficiente como para comprender los asuntos sobre los que tiene que tomar graves decisiones que afectarán a todos los ciudadanos.

Por todo lo expuesto, Las Ciencias Naturales nunca pueden plantearse como una materia optativa en la formación de los ciudadanos del país, sino como materia obliga-

toria en todos los itinerarios de 4º de ESO. Asimismo, en 1º de Bachillerato debe haber una Biología y Geología 1 obligatoria para el bachillerato científico tecnológico, y Biología y Geología 2 para el Bachillerato de Humanidades y Ciencias Sociales.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 1. CONCLUSIONES.

El desarrollo social, económico y tecnológico de nuestro país, su posición en un mundo cada vez más competitivo y globalizado y el bienestar de los ciudadanos en la sociedad de la información y del conocimiento del siglo XXI, dependen directamente de su formación intelectual y, entre otras, de su «culturización científica». La libertad y el progreso dependen del conocimiento.

Las Administraciones Públicas deben promover programas y medios que garanticen a todos los estudiantes los conocimientos científicos básicos, tanto teóricos como prácticos, en todos los niveles escolares y, en especial, en la enseñanza secundaria y en el bachillerato. Consecuentemente, deben fomentar la investigación científica y el desarrollo tecnológico desde edades tempranas.

La apuesta por la Ciencia y su divulgación debe ser un compromiso social que corrija el descenso detectado en el nivel de conocimiento científico de los alumnos que terminan la enseñanza secundaria y en el número de estudiantes que optan por la vía científica en su formación, evitando así que pueda llegar a verse comprometido en el futuro el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país.

Por otra parte, los aspectos educativos que tienen materias como la Física, las Matemáticas y la Química justifican la necesidad de una formación científica básica para toda la población. En concreto, estas materias

- Estimulan el desarrollo del pensamiento abstracto que complementa el aportado por otras disciplinas;
- Proporcionan una concepción precisa del papel que el ser humano ocupa en el universo a la luz de los conocimientos actuales;
- Desarrollan la creatividad intelectual, el espíritu crítico, la libertad de pensamiento basada en elementos de juicio objetivos y contrastables, el sentido de la responsabilidad individual, y en definitiva, fortalecen el ejercicio de la democracia;
- Favorecen el desarrollo tecnológico y posibilitan la comprensión del uso cotidiano de las nuevas tecnologías;
- Permiten la adquisición de conocimientos básicos necesarios para emprender estudios superiores de carácter científico o tecnológico.

Las Matemáticas no sólo constituyen un instrumento de conocimiento para otras materias, sino un modo propio de conocimiento como el arte o la literatura. No debe olvidarse el contenido matemático de las llamadas Humanidades. Las Matemáticas contribuyen a la formación del pensamiento moderno, heredero del pensamiento clásico griego. Así, podrían enseñarse los aspectos matemáticos

de la Filosofía a través de los grandes filósofos-matemáticos griegos: Pitágoras, Platón, Aristóteles... Este hilo de pensamiento sigue hasta nuestros días con nombres como Leibniz, Descartes, Kant, Russell...

Es necesario resaltar, igualmente, el contenido matemático de las nuevas tecnologías, y aprovechar para ello las asignaturas tecnológicas, tratando así de acabar con el analfabetismo numérico y aumentando la apreciación de las Matemáticas desde la etapa educativa secundaria. Todo ello sin olvidar el papel de las Matemáticas como soporte conceptual de las restantes Ciencias y resaltando su papel para la formación del ciudadano.

En suma, resulta necesario resolver los problemas detectados en el área de las ciencias en la etapa secundaria, fomentando el interés por su conocimiento y el valor del esfuerzo personal, particularmente importante en el estudio de estas asignaturas que requieren un conocimiento acumulativo.

Los profesores son los agentes activos del sistema educativo. En consecuencia es imprescindible mejorar sustancialmente la formación inicial, y también la formación permanente de los profesores, mediante programas en los que participen no sólo los centros de Formación de Profesorado, las Universidades y los diferentes Organismos Públicos de Investigación, sino también, y de forma fundamental, dada la rápida evolución de las ciencias, las Sociedades Científicas.

En concreto, se proponen una serie de medidas que solucionen las deficiencias de la formación científica en el sistema educativo actual, y que logren hacerlo competitivo con nuestro entorno europeo para evitar comprometer el futuro desarrollo económico y social de nuestro país.

## 2. RECOMENDACIONES.

### 2.1. Recomendaciones relacionadas con la enseñanza de las asignaturas científicas.

1ª. Instaurar métodos adecuados de enseñanza y estudio que permitan combatir la desmotivación y el fracaso en los estudiantes, y despierten la curiosidad y el interés científico.

2ª. Desarrollar hábitos de trabajo personal que formen la voluntad y desarrollen las aptitudes de reflexión y razonamiento, imprescindibles para el estudio de las disciplinas científicas.

3ª. Propiciar el conocimiento y dominio del lenguaje científico, mediante la perfecta comprensión del léxico de cada una de las materias.

4ª. Acostumbrar a los alumnos al empleo de hipótesis, recopilación y utilización de pruebas, y al diseño de investigaciones y procesos científicos, evitando caer en memorismos inútiles.

5ª. Estimular en el alumno la curiosidad y la creatividad, cualidades fundamentales en el conocimiento científico.

6ª. Dotar a todos los centros educativos de laboratorios, no sólo de Física y Química, sino también de ciencias

naturales, donde los alumnos puedan desarrollar las capacidades de observación, reflexión y experimentación, fundamentales para el estudio y el conocimiento de las ciencias.

7ª. En el horario lectivo de las materias de carácter experimental, deberá figurar un número de horas obligatorias de prácticas de laboratorio.

8ª. Superar la tradicional separación entre ciencias y letras, y tener presente el referente humanístico en la enseñanza de las ciencias, considerando el conocimiento científico como parte fundamental de la historia del hombre.

9ª. La prueba final evaluatoria de Bachillerato deberá diseñarse de manera que las cuestiones planteadas valoren aspectos prácticos y creativos en el alumno, por encima de otros meramente memorísticos.

### 2.2. Recomendaciones en relación con el profesorado.

10ª. Aumentar los contenidos de ciencias, especialmente de Matemáticas y también Física y Química, en la formación inicial de los maestros.

11ª. En la formación inicial de los licenciados en Ciencias que se dedicarán a la enseñanza secundaria:

a) Contemplar contenidos de Didáctica en las licenciaturas de Matemáticas para los futuros profesores de secundaria, aprovechando el programa de homogeneización que surge de la Declaración de Bolonia. Estos contenidos podrían impartirse en un segundo ciclo como una especialidad de Didáctica Matemática (ya existentes en algunas Facultades de Matemáticas). A la vez, debería haber unos contenidos en Ciencias (fundamentalmente en Física) en los primeros cursos de licenciatura.

b) Las licenciaturas de Física y Química, en las que no existe tal tradición, deberían contemplar la creación de especialidades de Didáctica.

12ª. Mejorar la formación continuada del profesorado a través de una mayor coordinación entre las ofertas de las Comunidades Autónomas y del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, de la creación de un centro de coordinación por parte del Ministerio, y de la evaluación permanente de los cursos, con el correspondiente seguimiento sobre la consecución de objetivos. Sería útil la participación de las Sociedades Científicas en el diseño e impartición de los cursos de formación continua, como agentes transversales encargados de velar por su adecuación a los constantes cambios científicos.

### 2.3. Recomendaciones complementarias.

13ª. Fomentar la creación de infraestructuras científicas (parques naturales, jardines botánicos, museos y casas de la ciencia).

14ª. Fomentar la creación de organizaciones juveniles de carácter científico.

15ª. Establecer cauces de relación y de colaboración entre el ámbito docente y el investigador.

16ª. Seguir impulsando los intercambios con alumnos y profesores de distintos países para contribuir a la creación del espacio europeo educativo y científico.

17ª. Impulsar la divulgación científica a través de los medios de comunicación y de las instituciones públicas y privadas.

18ª. Impulsar y apoyar a las Sociedades Científicas fomentando su colaboración con las autoridades educativas.

19ª. Encomendar al Gobierno el seguimiento periódico de las conclusiones de esta Ponencia con la participa-

ción de las Sociedades Científicas que han colaborado en su desarrollo.

#### **2.4. Competencias.**

Todas estas recomendaciones de carácter académico y pedagógico se hacen respetando en todo caso las competencias que tienen atribuidas las Comunidades Autónomas en materia educativa.