

“LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA, UNA REVOLUCIÓN PENDIENTE EN LA ENSEÑANZA ”

Informe para la Comisión del Senado sobre la Enseñanza de las Ciencias y de las Matemáticas en España

Presentado por J. M. López Sancho, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Real Sociedad Española de Física.

(Ilustraciones de David Peña)

Prólogo

Señoras y Señores Senadores:

El motivo de ésta 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.

Presentación

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.

¿Quiénes somos?

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.

¿Qué hacemos?

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 en 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.

¿Quién nos apoya?

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

evolució 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 mismos 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 población, 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"

II. 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.

III. Tercera Revolución: La Alfabetización Científica

Esta 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 métodos, 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 Assosiation for the Advancement of Science, la National Science Foundation, la National Academy of Sciences y la American Physical Society.

Solo 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 Nacional Research Council publica "*Nacional Science Education Standards*" y en 1997 el Nacional 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:

¿Como 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 Keppler, 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 deconstrucción 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 “deconstrucción” 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 Francia, 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 à 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), abunda 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 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 universidades, 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.

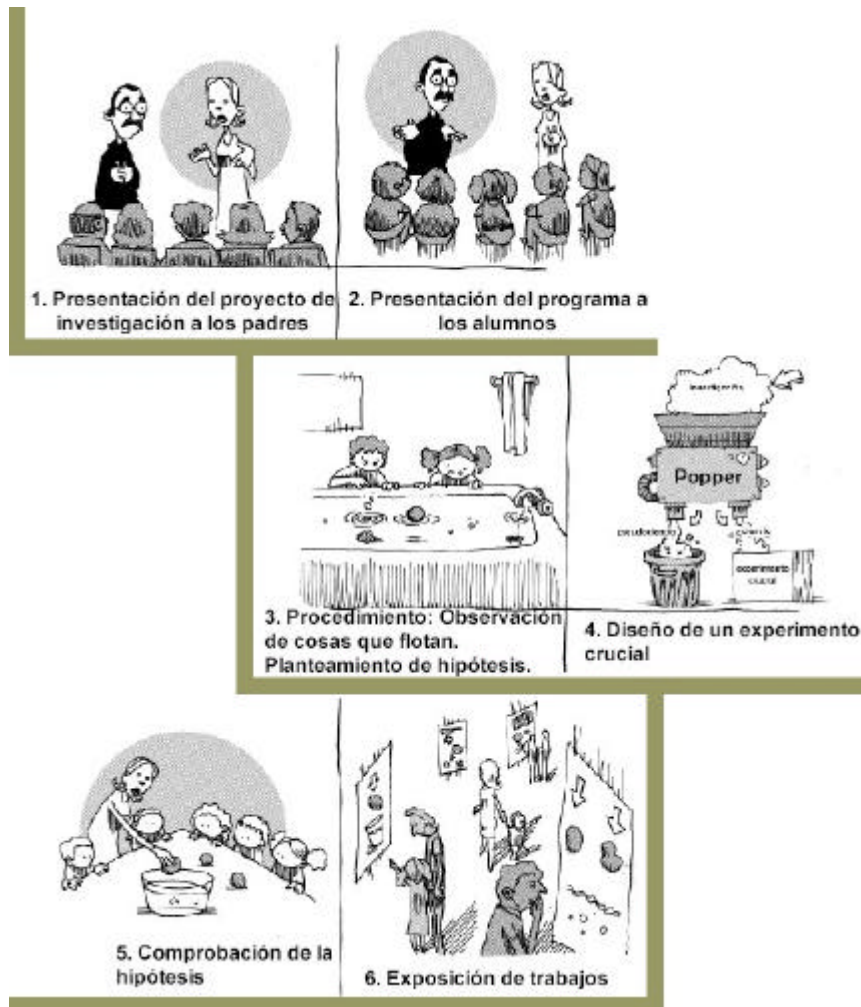
En cuanto al método de enseñar ciencia en Infantil y Primaria

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 autoexplicativa, 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 preconcepciones 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 Rios, 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 RIOS

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 ahogaras. 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 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 mejorarle. 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 farsantes, 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 alumbr 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 Rios. En un apalabra: **hagamos que la escuela lleve a cabo, de manera simultanea, las dos alfabetizaciones.**

Madrid, 6 de Marzo de 2002