



La enseñanza de las Ciencias y la evaluación PISA 2006

SEMINARIO DE PRIMAVERA 2006

I

¿Qué ciencia necesitan los ciudadanos?

Jonathan Osborne

páginas 5-21

II

La evaluación PISA 2006 en España

Ramón Pajares Box

páginas 23-36

III

El marco de referencia de las Ciencias en PISA 2006

Julio Puente Azcutia

páginas 37-50

IV Mesa redonda

¿Qué ciencia se enseña?

¿Qué ciencia se debería conocer?

página 49

José González López

de Guereñu

páginas 50-52

Juan Manuel Rojo Alaminos

páginas 53-55

José Manuel Sánchez Ron

páginas 56-59

Vicente Riviere Gómez

páginas 60-64



El VII Seminario de Primavera vino marcado por una doble continuidad: la general, en la línea de mejora de la calidad de la educación que siempre ha inspirado estas reuniones, y la que con éste cierra la reflexión y el análisis sobre las tres competencias que miden los

resultados educativos en los Informes PISA. Los Seminarios de los años 2004 y 2005 estuvieron dedicados, respectivamente, a la competencia lectora y a la competencia matemática. Completamos esta trilogía con la competencia científica en el Seminario 2006.

Y se hizo con un programa muy atractivo, cuyas intervenciones se presentan en esta publicación. La abrimos con la ponencia que presentó el profesor Jonathan Osborne, cuyo título expresa el punto de partida de cualquier análisis en profundidad de la enseñanza: ¿Qué ciencia necesitan los ciudadanos? Su exposición es tan documentada como práctica y, desde luego, muy favorable a la revisión de contenidos y del énfasis de éstos en el currículo de las ciencias.

Siguen las ponencias que en torno a PISA presentaron los profesores Ramón Pajares y Julio Puente, ambos vinculados a los trabajos que para PISA se hacen en el Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo del Ministerio de Educación. La primera, sobre la evaluación que se ha llevado a cabo el presente año y cuyo foco principal es la competencia científica, y la segunda, una documentada explicación sobre el marco de referencia que se plantea PISA para las ciencias.

El Seminario se completó con una interesante mesa redonda que, a partir de las dos grandes preguntas ¿Qué ciencia se enseña? ¿Qué ciencia se debería enseñar?, permitió recoger los juicios de autoridades en la materia: José Manuel Sánchez Ron –la formulación de los nuevos currículos–, Vicente Riviere y profesores con amplia experiencia, como José González López de Guereñu y Juan Rojo.

EMILIANO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ

Presidente del Grupo Santillana

¿Qué ciencia necesitan los ciudadanos?



Jonathan Osborne

Catedrático del King's College. Universidad de Londres

¿Qué ciencia necesitan los ciudadanos?

Es un honor haber sido invitado a hablar en este séptimo Seminario de primavera. Me complace mucho que se me haya ofrecido esta oportunidad. Quisiera comenzar con una disculpa: que, desafortunadamente, no hablo español. Soy víctima del sistema de educación inglés, en el que el único idioma extranjero que aprendemos es el francés y algo de latín; y por ello me disculpo.

Voy a hablar de la educación en Ciencias para los ciudadanos, que es el tema de mi trabajo, y destacaré algunos puntos que nos sirvan luego para la discusión al final de la presentación, en especial, algunas de las direcciones en las cuales estamos avanzando en el Reino Unido, para establecer una especie de estudio comparativo con las prácticas de España.

Ese es básicamente el tema de mi trabajo y de la presentación que quiero hacer hoy. Por supuesto, estoy aquí para responder a sus preguntas e inquietudes. He preparado una charla de unos cuarenta minutos para que el resto de la hora que tengo disponible podamos dedicarla a preguntas y respuestas.

Quiero comenzar hablando del objetivo de mi ponencia: ¿qué clase de ciencia se necesita para nuestros futuros ciudadanos? Esta pregunta surge, al menos en el Reino Unido, de la idea que tenemos de que la educación científica es para una élite, para unos pocos, entre un 5 y un 10% de la población que serán los futuros científicos. Y, en algún

sentido, esto es justificable. Se puede decir que el resto de nosotros dependemos de aquellos que llegarán a ser ingenieros, físicos, médicos y que, por lo tanto, es importante que procuremos educar a estas personas con las normas más elevadas.

En otro sentido, y este es el tema de mi charla, no me parece justificable, porque el 90% restante también merece una educación en Ciencias que le permita participar en la sociedad de una manera más fructífera y más productiva. Y eso es lo que quiero resaltar con mi ponencia.

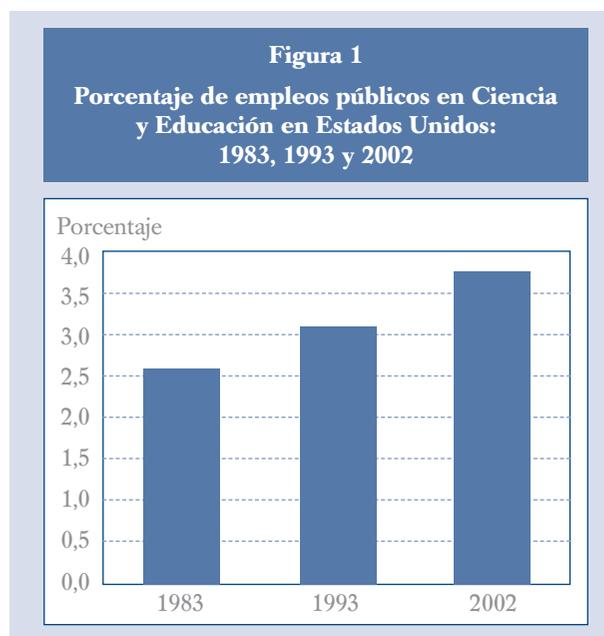
Me gustaría comenzar reflexionando sobre esta pregunta: ¿la ciencia es verdaderamente para los científicos? ¿Qué consecuencias tiene que sea solo para los científicos? Este es el enfoque que se utiliza en las discusiones globales y uno de los mensajes que quiero transmitir. En todos los lugares que he visitado existe una preocupación similar por el hecho de que los alumnos interesados en estudiar Ciencias son cada vez menos. Utilizo datos de Estados Unidos porque son más fáciles de encontrar; no he logrado hallar datos similares para el Reino Unido. En Estados Unidos se publicó el año pasado un informe, titulado *Por encima de la tormenta*, en el que los ingenieros tratan de llamar la atención de los políticos sobre el hecho de que los ciudadanos americanos se enfrentan a una competencia mucho más seria por parte de China y de India. Esto se refleja en el libro de Thomas Friedman que lleva por título *El mundo es plano*, donde se afirma

que el ambiente de las Ciencias en Estados Unidos no es tan competitivo como era antes, mientras que en China y en India se están produciendo muchos más ingenieros y muchos más científicos que en Estados Unidos.

Sin embargo, los estudiantes o los alumnos de Ciencias en Estados Unidos no tienen tanta calidad de educación como en otros sitios. El coste de emplear a un químico o a un ingeniero en Estados Unidos es mucho menor que en China o en India y, no obstante, muchas empresas están cerrando sus puertas a los científicos formados en Estados Unidos.

Estos aspectos preocupantes no conciernen solo a Estados Unidos. En Europa, en 2004, se publicó un informe similar titulado *Europa necesita más científicos*. En cierto sentido, podría cuestionarse y debería cuestionarse esta afirmación por varias razones.

En primer lugar, la proporción de alumnos o de la población que trabaja en empleos públicos de ingeniería y de Ciencias es muy baja. En Estados Unidos, en 1983 era del 2,5%; en 2002 ha llegado a menos de un 4% (Figura 1). El porcentaje debe de ser muy parecido en Europa. Es decir, hay una demanda cada vez mayor de este tipo de empleados, pero su proporción dentro del mercado global es una cifra relativamente pequeña. Entonces, lo que hay que preguntarse es: ¿será legítimo aumentar la educación científica con una demanda tan reducida?



Tenemos un sistema que restringe la educación científica a una élite, y esto es algo en lo que hay que reflexionar cuando analizamos los datos anteriores. También hay que pensar que, si el mundo es plano, según el argumento de Friedman, es posible que las empresas puedan reclutar los científicos que necesitan en China o en India para que trabajen en Inglaterra, en España o donde sea necesario. Está la barrera del idioma, pero ya sabemos que el lenguaje internacional de la ciencia ha sido o es tradicionalmente el inglés. Últimamente también se está manejando mucho el francés, que tiene una participación cada vez mayor en este campo. En todo caso, lo que yo me pregunto es: ¿esta preocupación política está justificada? ¿Es algo que verdaderamente hemos de considerar como el motor impulsor de la educación científica de nuestros alumnos para el futuro?

Otros datos que utilizaré en mi ponencia son los resultados del Informe PISA. Me refiero al informe del año 2000, porque en el de 2003 no participa el Reino Unido, y para lo que quiero señalar es importante que aparezca el Reino Unido, porque de acuerdo con nuestra liga de fútbol de la educación no nos fue tan mal: estamos en el cuarto lugar. Entonces, alguien podría preguntarse: ¿de qué se preocupan los ingleses, si han salido tan bien librados? Justamente esto refleja el estado de nuestra ciencia y educación, que se sitúa después de Finlandia y al mismo nivel del sistema educativo de Jacques Chirac.

En todo caso, aunque en el Informe PISA 2000 hayamos obtenido resultados relativamente positivos, me parece que sí tenemos un problema: la participación de los alumnos en la educación científica. El número de alumnos que deciden elegir Ciencias cuando se les permite la elección, que en nuestro caso es a los 16 años más o menos, ha experimentado una reducción constante desde hace mucho tiempo. A los alumnos no les interesa estudiar Ciencias, que es verdaderamente una preocupación política. Y me parece que esta es la causa fundamental de muchos de los aspectos que quiero discutir hoy.

Cuando hablo de ciencia y de científicos, preferiría hablar de la necesidad que tienen los ciudadanos de utilizar la ciencia. Los periódicos, los medios de comunicación, están llenos de dilemas políticos, morales y éticos que surgen de las preocupaciones de nuestros científicos. He aquí una selección

de titulares de prensa: «A las aves y a las abejas les gustan las cosechas genéticas». «Factores de riesgo para las enfermedades cardiovasculares». «Las azafatas corren un mayor peligro de contraer cáncer de mama».

Observemos que la ciencia no se presenta como solución, sino como fuente de riesgo. Y así es como se la percibe usualmente. Por ejemplo, media copa de vino reduce las posibilidades de una mujer de quedar embarazada. Este es el tipo de mensajes que se emiten, y la ciencia resulta más preocupante que otra cosa: no ofrece soluciones, sino preocupaciones. En Oxford, donde yo vivo, una antena de telefonía móvil tiene preocupados a los vecinos. Muchos se preocupan innecesariamente por las radiaciones de este tipo de antenas. Un panfleto que se distribuyó localmente decía: «Hay que prohibir las antenas de telefonía móvil. El partido ecologista EMP ha pedido una moratoria en toda la región para la construcción de estas antenas hasta que se aclaren las dudas que han surgido en relación con la radiación que emiten».

En este caso particular es evidente, para quien sepa algo de ciencia, que hay un error conceptual acerca de la naturaleza de estas antenas. Quien no sepa nada de ciencia se puede preocupar por ese mensaje, puede malinterpretarlo y considerar esas antenas como una amenaza que, en realidad, no existe, porque sí emiten radiaciones, pero no son de ninguna manera radiactivas. Entonces, necesitamos tener algún conocimiento científico para entender estas cosas. Quiero decir que la educación en Ciencias debe

existir. Lo que hemos de preguntarnos es cómo abordar este asunto.

Necesitamos cada vez más entender las respuestas a la pregunta ¿qué es la ciencia? Existe en Estados Unidos y en el Reino Unido –no sé si también en España– un debate sobre si hay que enseñar materias de inteligencia emocional y asignaturas de este tipo. Y la conclusión, en algunos casos, es que hay que enseñar a los alumnos ambas caras de la moneda y que ellos decidan. Esto podría considerarse como una abdicación de la responsabilidad de la sociedad, porque en este caso no decidimos si enseñar química o alquimia, astrología o astronomía, sino que se enseñan las dos y luego que cada cual decida, sin una responsabilidad desde arriba. Porque los alumnos necesitan entender cuál es la naturaleza de la ciencia. Y de ahí surge la pregunta: ¿qué es ciencia y qué no lo es?

En todo caso, el verdadero problema que afronta la educación científica en las escuelas es que esas dos exigencias colocan a los profesores y a los planes de estudios en cierta tensión. Es una tensión entre dos posiciones.

Si la ciencia se considera como el medio de crear científicos para el futuro, básicamente será una educación previa a la profesional. La forma de educación más apropiada para este tipo de formación sería básicamente autoritaria, porque es un conocimiento bien establecido, que no se discute. Es «fundacionalista», en el sentido de que parte desde la base y se va acumulando, y en algunos sentidos se trata de repetir lo que han hecho otros científicos

durante los últimos 400 años. Y, para lograr eso, se procede de una manera muy incoherente, muy separada, muy atomizada, donde se van suministrando pequeños bloques de conocimiento y no se logra ver el paisaje completo. Apenas aquellos que llegan al final del camino empiezan a ver con alguna claridad cómo se reúnen todos esos bloques de manera coherente. Entonces, quien quiera seguir esta educación tiene que esperar mucho tiempo para poder percibir que lo que está estudiando tiene alguna coherencia.

Yo diría que la educación para los ciudadanos requiere un enfoque distinto. Es necesario que la gente entienda y considere la ciencia como una forma de saber cosas. Como un aspecto del mundo material, como algo que les parezca lógico; y para ello se necesita cierta coherencia conceptual, un enfoque, una visión de lo que es este conocimiento y por qué es importante. Lo cual, en mi opinión, constituye uno de los problemas con los que se enfrenta la educación científica actualmente. Y explica por qué hay tantos alumnos que deciden proseguir otras disciplinas.

Quisiera aducir un ejemplo de esto examinando algunos de los problemas de la educación científica contemporánea. Aquí tenemos algunos datos (Figura 2). El primero proviene de un estudio realizado en el Reino Unido con más de 1.000 alumnos en escuelas públicas, más o menos aleatorio. En todo caso, se les hacía a los alumnos muchas preguntas. La primera preguntaba a los chicos si les gustaría llegar a ser científicos, y una mayoría respondía que no. No quiero

detenerme en el hecho de que los chicos no quieren ser científicos. Pero la segunda nos preocupa mucho: «¿Me gusta la asignatura de Ciencias más que ninguna otra en el instituto?». La respuesta es no. Entonces, ¿qué sucede con la asignatura de Ciencias? No esperamos que guste más que las demás, pero al menos que la proporción fuese más uniforme.

Figura 2

	En desacuerdo %	Un poco en desacuerdo %	Un poco de acuerdo %	De acuerdo %
Me gustaría llegar a ser científico	58	21	13	8
Me gusta la asignatura de Ciencias más que ninguna otra en el instituto	43	25	20	11
Ciencias es una asignatura interesante	16	13	38	23

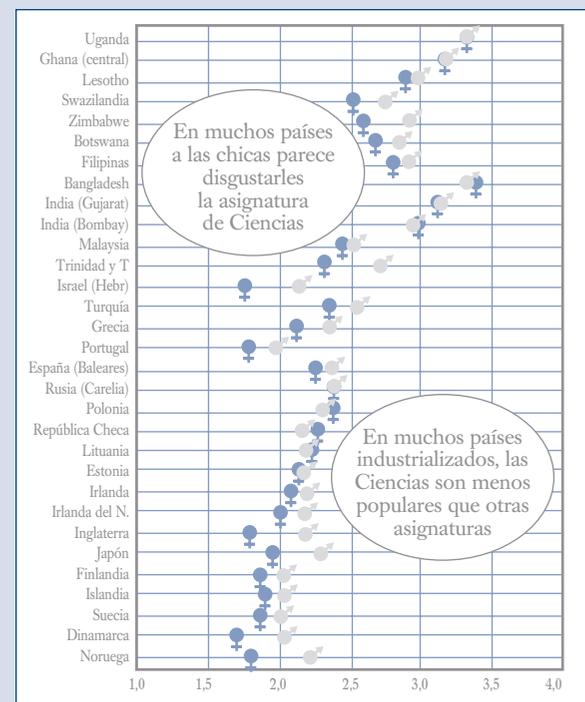
Jenkins, E. y Nelson, N. W. (2005), «Es importante pero no para mí: actitudes de los alumnos ante las Ciencias en el Reino Unido». *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 41-57.

El aspecto positivo de este estudio es que al menos más de la mitad de esos estudiantes nos están diciendo que la asignatura de Ciencias les parece en cierta medida interesante. De ahí proviene nuestra preocupación. Y tenemos datos del estudio Rose, que es un proyecto de Noruega en el que he trabajado, donde se mide la actitud de los chicos hacia las Ciencias en muchos otros países (Figura 3). Se les preguntaba si estaban de acuerdo con la afirmación «Me gusta la asignatura

de Ciencias más que ninguna otra en el instituto». En los países en desarrollo del Tercer Mundo la respuesta es que sí. Las respuestas azules son las de las chicas, y las grises las de los chicos. Se puede ver con claridad que a las chicas les entusiasma menos la ciencia que a los chicos. Que es también una de nuestras preocupaciones y uno de los problemas que estamos tratando, o que hemos estado tratando de resolver desde hace mucho. También se ve aquí con claridad que en los países industrializados este problema es más grave.

Figura 3

Me gusta la asignatura de Ciencias más que ninguna otra en el instituto



Podríamos preguntarnos a qué se debe esto, y las respuestas a esta pregunta son muy diversas. En el año 2000 hablamos con muchos alumnos de 16 años en el Reino Unido sobre lo que sentían hacia la asignatura de Ciencias cuando estaban terminando su educación científica obligatoria. Las palabras de los chicos reflejan lo que sienten. En Estados Unidos se les ofrece un plan de estudios que se caracteriza por tener un kilómetro de ancho, pero un centímetro de profundidad. Es decir, es muy amplio, pero no profundiza en nada. Un chico dice: «Todo viene junto, y o lo entiendes todo o te entra por un oído y te sale por el otro». Es decir, no hay tiempo suficiente para reflexionar sobre los temas, para profundizar en ellos. Estamos exigiendo mucho de los alumnos, y ese es uno de los problemas que tenemos.

Otro problema con el que nos enfrentamos es que la ciencia, en realidad, es un aspecto muy duro de la educación. Y este es un reto a la hora de comunicarnos. He aquí algunos comentarios o algunas ideas que se oponen a la ciencia: que el Sol gira alrededor de la Tierra, que las plantas obtienen su sustento de la tierra, que para mantener un movimiento uniforme se requiere una fuerza uniforme, que los aviones no tienen ningún medio de apoyo, que por eso tanta gente tiene tanto miedo a volar, y que los objetos más pesados caen con mayor rapidez. La ciencia nos dice todo lo contrario. Y, en este sentido, no es fácil aceptar ideas que parecen estar contra nuestra experiencia cotidiana.

Aparte de ello, presenta grandes dificultades el hecho de que la ciencia utiliza

no solo un lenguaje, sino una forma distinta de comunicar las ideas.

Observemos la forma en que se comunican los científicos contemporáneos. Muchos de ellos son comunicadores muy potentes, es decir, utilizan dibujos, diagramas, gráficos, pero todo se expresa en un vocabulario distinto. Esto les resulta muy difícil a los alumnos, especialmente a la edad entre 14 y 16 años, porque aprenden tantas palabras en Ciencias como las que han aprendido hasta entonces en Lengua. Esas palabras tienen un significado único, pero algunas de ellas, como *fuerza*, *potencia*, *energía*, tienen un significado distinto dependiendo del contexto en el que se encuentren. Aparte de eso están los diagramas, en los que hay muchos elementos que aprender, que recordar y que asimilar. Para nosotros pueden ser un lugar común, porque nos han enseñado con este método.

Los símbolos y los modelos son otros elementos que los alumnos deben aprender. Lo que para muchos de nosotros es intuitivo para los chicos no lo es. Cómo interpretar un gráfico térmico, por ejemplo.

Y si esto no fuese suficiente, encima están las matemáticas, una fuente de dificultad para muchísimos alumnos. Se utilizan también cada vez más tablas y gráficos, que hay que aprender a interpretar y que no son tan intuitivos como a nosotros nos parecen. Indudablemente, el aprendizaje de la ciencia es un desafío intelectual si queremos que los chicos aprendan el tipo de ciencia que necesitan para el futuro.

Otro aspecto que debemos considerar es la diferencia entre la ciencia que se enseña en la escuela y la ciencia contemporánea. Un chico de instituto, en representación de otros muchos, se pregunta sobre la ciencia que se enseña en la escuela: «¿Y esto para qué es?». En la escuela se habla de altos hornos y él se pregunta: «¿Pero cuándo vamos a usar un alto horno? ¿Para qué hay que aprender cómo funciona?». Esta es la pregunta que los alumnos se formulan: «¿Para qué quiero yo aprender esto?». En comparación con la tecnología que descubren en la calle, la ciencia de la escuela les parece muy anticuada, pasada de moda. Se puede discutir ampliamente si vale la pena que el tema de los altos hornos esté o no esté en el plan de estudios. ¿Por qué interesa enseñar esto? ¿Para qué está en el plan de estudios? Estamos hablando de cómo se produce el acero, pero la cuestión no es si hay que enseñarlo o no, sino si los alumnos sienten que les es de alguna utilidad.

Si a ustedes les hicieran esta pregunta: «¿Cuáles son los descubrimientos científicos más importantes del siglo xx?», ¿qué responderían? Voy a dar a todos los asistentes unos 30 segundos para apuntar los que les parezcan los descubrimientos científicos más importantes del siglo xx. Tienen 30 segundos para anotar lo primero que se les ocurra.

Pueden compartirlo con la persona que está a su lado para ver si tiene ideas distintas. Bien, me atrevo a sugerir que muchos de ustedes habrán escrito algunos de estos descubrimientos. O eso espero. Estos son los resultados obtenidos de preguntar a más de 100 profesores en el Reino Unido la misma

pregunta que hemos hecho aquí (Figura 4). Estos datos me parecen muy interesantes porque revelan la forma de pensar que tenemos muchos de nosotros. A saber, que consideramos la ciencia como si esta integrase los hitos del siglo, es decir, los aspectos importantes con los que la ciencia ha contribuido a nuestra cultura. Por supuesto, lo que importa es la respuesta que obtenemos cuando hacemos esta misma pregunta a los alumnos. Voy a darles 30 segundos más para que piensen qué respondería un alumno de instituto a esta misma pregunta.

Figura 4

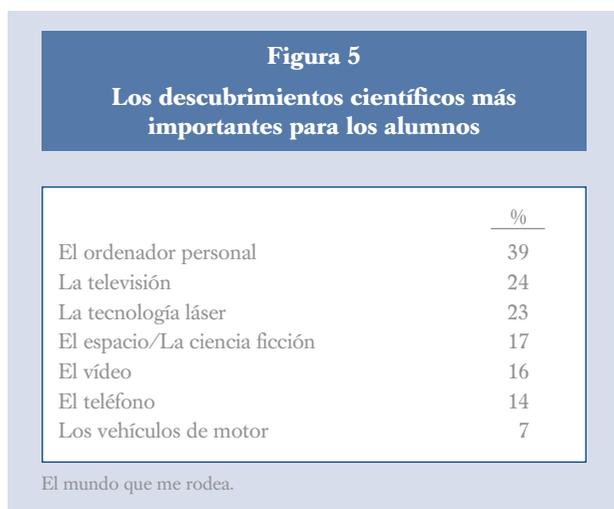
Los descubrimientos científicos más importantes del siglo xx

	%
ADN	27
La división del átomo	21
El chip de silicio/El microchip	21
El espacio	19
La penicilina	18
El plástico/Los polímeros	15
La ingeniería genética	14
El ordenador	13

Los hitos del siglo.

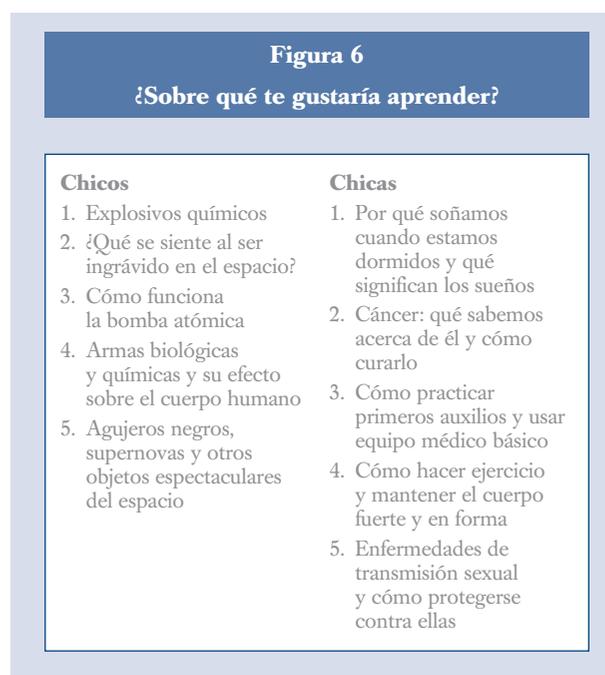
Ahora voy a mostrar la lista de los descubrimientos científicos más importantes a juicio de los alumnos (Figura 5). Este estudio se hizo en 1994, de manera que tal vez hoy no reflejaría lo mismo. Me parece que actualmente los teléfonos móviles estarían en uno de los primeros lugares.

Pero la respuesta es muy reveladora porque constituye una lista de artefactos tecnológicos. Es una respuesta muy distinta a la que damos nosotros como profesores o maestros. No se parece mucho a nuestra lista. Y muestra que los alumnos –como la gente en general– no distinguen entre lo que es la ciencia y la tecnología. La educación científica debe dar una explicación sobre la forma en que funcionan esos artefactos. Pero nosotros todavía estamos pensando en los hitos del siglo xx, incluso anteriores al siglo xx.



Entonces la cuestión es cómo integrar la enseñanza de la tecnología en la enseñanza de la ciencia, cómo responder a los interrogantes que se formulan los alumnos. En un estudio que se hizo en Suecia, uno de los chicos decía: «El problema de la asignatura de Ciencias es que ofrece respuestas poco interesantes a preguntas que nunca nos hemos planteado».

Me parece que eso es lo que demuestran estos estudios: cuáles son las preguntas que los chicos verdaderamente se formulan, qué quieren verdaderamente aprender. A estas cuestiones responden parcialmente algunos de los datos del estudio Rose, donde se muestra a los alumnos una lista de 108 cuestiones y se les pregunta cuáles querrían estudiar. Y se les pide que elijan cinco y las ordenen según el interés que tengan en ellas (Figura 6).



Hay diferencias estadísticamente significativas entre lo que escogen los chicos y lo que escogen las chicas. No creo que nos sorprendan mucho las cosas que escogen los chicos, aparte de preguntarnos qué es lo que nos obsesiona tanto a los hombres sobre la muerte y la destrucción.

Las preferencias de las chicas son muy distintas. La lista de lo que las chicas querrían aprender sí nos parece más sorprendente. Y explica en gran medida por qué a las chicas les interesa menos la ciencia. Yo diría que la ciencia que se enseña en la escuela responde más a las preguntas de los chicos que a las de las chicas. Y el desafío de la educación científica en la escuela tiene que ser cómo cubrir más algunos de esos aspectos que las chicas están interesadas en aprender.

Podría parecer que este es un problema británico. En un estudio reciente que se realizó en el Reino Unido, Suecia y Australia se llega a la conclusión de que los problemas existentes en los tres sistemas son muy similares. Lo que molesta a los alumnos es el plan de estudios, pero también la forma en que se enseña la ciencia: la pedagogía que se utiliza para enseñar Ciencias en la escuela es una pedagogía de transmisión. En el Reino Unido lo llamamos «el enfoque didáctico». Yo no sé si en España tiene las mismas connotaciones. En todo caso, a los estudiantes se les enseña de manera que dedican mucho tiempo a escribir la información, a tomar apuntes. Y el centro de atención es el profesor. La mente de los estudiantes no tiene tiempo de llegar a los verdaderos asuntos que se están enseñando.

Creo haber resumido hasta ahora algunas de las principales preocupaciones que tenemos a nivel internacional en cuanto a la forma de enseñar la ciencia a los estudiantes en el instituto. Hasta aquí, he tratado de

aclearar qué tipo de ciencia necesitamos enseñar en la escuela, y si es una ciencia que puedan utilizar todos los ciudadanos, todos aquellos que no van a convertirse en científicos al salir del instituto, pero que necesitan para entender el mundo que nos rodea.

Al formular esta pregunta, surge el interrogante de cuáles son los verdaderos objetivos de la educación científica en la escuela o en el instituto. Yo diría que son básicamente tres.

Indudablemente, el objetivo conceptual. Me parece que la ciencia en la escuela excluye el enfoque conceptual en favor de otros enfoques, porque cualquier asignatura en el plan de estudios debe ayudar a desarrollar la capacidad de razonamiento de los alumnos. Pero especialmente las Ciencias han de perseguir este objetivo, porque el razonamiento científico ha generado más de la mitad de los avances sociales y científicos, al menos en Occidente.

Luego, está la cuestión epistémica, es decir, si se nos pide que creamos algo de lo que no encontramos evidencia en nuestra vida diaria.

Aparte de ello, hay que ofrecer lo que yo denomino «una experiencia comprometedora efectiva»: hasta qué punto las asignaturas deben ser divertidas y hasta qué punto deben ser un trabajo más duro. Creo que ha de haber un equilibrio y un sentido de lo que yo llamo «la sorpresa de la ciencia».

Estos son los objetivos que nos llevan a las dos siguientes preguntas. La primera: ¿cuánto conocimiento conceptual necesitamos? O qué tipo de conocimiento conceptual. Y la segunda pregunta, que me parece más importante: ¿qué otros tipos de conocimiento se necesitan? ¿Qué otras cosas debemos comunicar a los alumnos?

Quiero plantear estas preguntas simplemente como estímulo para que reflexionemos sobre cómo debe ser la educación científica. En el Reino Unido de 1923, es decir, hace menos de 100 años, todavía existían casos de viruela. La viruela es una enfermedad que ha sido eliminada, erradicada, como consecuencia de los avances científicos. Y este es un logro magnífico que necesitamos rescatar en los planes de estudio.

La figura 7 muestra la proporción de muertes por enfermedades infecciosas y respiratorias por millón de personas entre 1920 y 2000 en el Reino Unido. Y se ve que en los años cuarenta se produce una enorme caída en la proporción de muertes. Esto, evidentemente, se debe a la invención de la penicilina. Entonces, rápidamente se puede calcular que solo en el Reino Unido este descubrimiento ha salvado más de un millón de vidas. Creo que en algún sitio querían hacer una estatua a Fleming. En todo caso, esto es algo que debemos celebrar y recordar a los alumnos. Lo que la ciencia ha logrado en beneficio de la humanidad. Y me parece que muchos planes de estudios omiten esto, que es tan importante.

Figura 7

Muertes por enfermedades infecciosas y respiratorias por millón de personas en el Reino Unido entre 1920 y 2000



A continuación quiero mostrar un pequeño vídeo. Se basa en un programa de televisión sobre el descubrimiento del ADN. A mi modo de ver, nos comunica la emoción que suscita la ciencia y un aspecto que debemos recordar: que la ciencia nos da la oportunidad de crear nuestro propio conocimiento. Así vemos cómo James Watson habla con su hermana sobre las razones por las que quiere estudiar el ADN y le explica la enorme trascendencia de hallar una respuesta a las diferentes preguntas que se formulan. Lo cual nos permite apreciar la importancia de lo que puede lograr la ciencia.

La parte final del vídeo, cuando Watson ya ha hecho su descubrimiento, creo que transmite la pasión por la ciencia. Cuando Watson escribió sobre lo ocurrido, dice: «Nos apresuramos al pub, al Eagle, y nos dimos cuenta de que habíamos descubierto el secreto de la vida».

Evidentemente, en una clase de Ciencias en la escuela no se va a hacer nada de esto, pero sí se puede comunicar parte de esa excitación, de esa pasión. Más aún podemos hacerlo cuando educamos a alumnos de posgrado. Para la mayor parte de quienes trabajan en el mundo de la ciencia, al nivel que sea, esa pasión es lo que los motiva, lo que les hace trabajar, y esta visión de la ciencia hay transmitirla.

Voy a hablar ahora de otro aspecto de la ciencia, que se refiere a «cómo sabemos lo que sabemos». Y explicaré por qué esto es importante.

Consideremos un ejemplo muy sencillo, algo que enseñamos en la escuela primaria: la sucesión del día y la noche como efecto de la rotación de la Tierra.

Si preguntamos a la mayor parte de los profesores de Ciencias cómo lo saben y les presentamos los siguientes argumentos en contra de esta idea, se sorprenderán. Son argumentos, además, bastante buenos.

1. Primero, es el Sol el que se mueve.
2. Segundo, cuando saltas, no vuelves a caer en el mismo sitio.
3. Tercero, si la Tierra girase a ese ritmo, la velocidad en el ecuador sería de más de 1.600 km/h. Y, por lo tanto, saldríamos volando, porque estamos hablando de una velocidad importante.
4. Cuarto, si realmente la Tierra girase a esa velocidad, debería producirse un viento muy fuerte al quedar atrás la atmósfera.

Todos estos argumentos se utilizaron en los siglos XVI y XVII en contra de que el día y la noche son un efecto de la rotación de la Tierra. Si presentamos estos planteamientos a los profesores de Ciencias, la mayor parte van a tener problemas a la hora de aducir pruebas en contra de ellos, que son bastante sensatos. Lo cual me resulta preocupante, porque quiere decir que a la mayor parte de nosotros nos han enseñado eso como si fuera un dogma. Y no tiene nada de malo, por otra parte, porque tampoco podemos demostrar todo lo que sabemos.

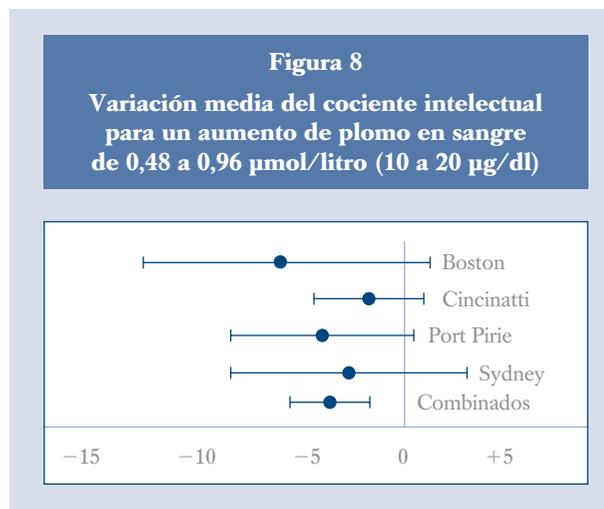
Lo cierto es que en la escuela se enseñan en Ciencias muchísimas cuestiones para las que no hay argumentos o estos no se presentan basados en pruebas. Por si acaso les he preocupado, la prueba del fenómeno reside en el péndulo de Foucault. En el Panteón de París hay un gran péndulo, pero el mejor que yo he visto es el del nuevo Museo de la Ciencia de Barcelona, que oscila a lo largo del día. Como está sobre un pivote, no puede ser el péndulo el que gira, lo que se mueve debe ser lo que está debajo del péndulo.

Si tomamos una fotografía del cielo nocturno dejando abierto el obturador de la cámara, parecerá que todas las estrellas están girando. Hay dos explicaciones de este fenómeno: o bien la cámara está en la Tierra y gira, o bien son las estrellas las que giran. Lo cual demuestra el valor de la ciencia porque, cuando nos enfrentamos a dos explicaciones opuestas, siempre escogemos la más sencilla. Incluso en la escuela primaria se pueden explorar este tipo de cuestiones.

Si seguimos hablando de cómo sabemos lo que sabemos, es muy importante que la gente tenga confianza en las cosas que les pedimos y se las crea. El mundo de la ciencia se basa en pruebas claras, a pesar de que puedan parecer raras a primera vista. Este es un tema que habría que abordar, el de la demostración. Pero aquí estamos hablando de la certidumbre de la ciencia. El público en general espera que la ciencia le dé respuestas, cuando en realidad quienes se dedican a producir conocimiento científico saben que la certidumbre es la meta de la ciencia, pero que el proyecto de la ciencia es conseguir placer.

Cuando hablamos del calentamiento global, por ejemplo, la certidumbre es algo que la ciencia no puede ofrecer. La gente tiene que conocer cuáles son los límites de la ciencia, porque muy probablemente va a tener que enfrentarse a tales situaciones.

Los resultados de la medición del cociente intelectual para un aumento de plomo en sangre muestran una disminución del cociente intelectual en relación con la población control. Evidentemente, en estas mediciones hay un gran margen de error, pero cualquier valoración nos hace pensar en si realmente el plomo en sangre influye en el cociente intelectual. Si observamos las mediciones tomadas en varias ciudades del mundo, está bastante clara la respuesta: a pesar de ese rango de error, el plomo en sangre influye en el cociente intelectual (Figura 8). Por eso uno se pregunta si realmente es legítimo incluir plomo, por ejemplo, en la gasolina o en otros productos.



Pero en la ciencia siempre hay un grado de incertidumbre. Y es importante saber cómo se mide a la hora de interpretar los datos. Otro ejemplo de incertidumbre nos lo ofrece un estudio que llevó a cabo la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos sobre el efecto de utilizar sacarina en las bebidas. Siempre ha suscitado preocupación el uso de la sacarina, pero según este estudio, tomar una dosis de 120 mg diarios de sacarina, que sería equivalente a tres tazas de café más o menos, bastante dulces por cierto, es posible que causara no menos de 0,22 muertes adicionales por cáncer de vejiga o no más de 1.144.000 muertes adicionales al año. Esto es lo que demostraron los datos en los experimentos realizados con ratas.

Cualquiera puede decir sobre esta base que la sacarina es una amenaza. Pero la incertidumbre hace decir cosas que no están justificadas. O sea, hay que conocer cómo se representan los datos, y los límites de

representación de los datos. Esto es muy importante de cara al futuro para los ciudadanos.

Y ahora paso a hablar de otro tema, a saber, del cálculo de riesgos. He aquí una lista de distintas formas de morir, diferentes causas de mortalidad, en el Reino Unido, a la edad de 40 años. Para ver si realmente conocen el riesgo o no, quiero que escojan ustedes la causa de mayor riesgo. Cuál de estas actividades o cuál de estas causas de mortalidad consideran ustedes que es más probable a los 40 años en el contexto español. Les doy 30 segundos para que piensen la respuesta, y luego, por favor, la comparen con la de la persona que tienen a su lado. A ver si saben ustedes calcular el riesgo.

Voy a mostrar los resultados, en los que pueden ver que, de hecho, fumar 10 cigarrillos al día es la causa de mortalidad que tiene un mayor riesgo asociado (Figura 9).

Figura 9
Cálculo del riesgo

causas naturales a los 40	2	1 de cada 850
accidente en casa	7	1 de cada 43.500
accidente de tren	10	1 de cada 500.000
accidente de tráfico	4	1 de cada 8.000
relámpago	11	1 de cada 10.000.000
radiación/industria nuclear	8	1 de cada 57.000
homicidio/asesinato	9	1 de cada 100.000
gripe	3	1 de cada 5.000
leucemia	5	1 de cada 12.500
jugar al fútbol	6	1 de cada 25.000
fumar 10 cigarrillos al día	1	1 de cada 200

Me interesaría saber cuántos de ustedes han acertado. Sospecho que, si pidiera que levantaran la mano, seguro que la mayoría de ustedes se habría equivocado. Pensarían que la causa principal es otra. Y es porque no sabemos calcular el riesgo. Siempre sobreestimamos riesgos con los que no estamos familiarizados y subestimamos riesgos que conocemos perfectamente.

Hay muchos problemas en este cálculo, porque la única manera de medirlo es en número de muertes, de mortalidad. Muchas de las actividades de la lista pueden dar lugar a lesiones, pero no necesariamente a muertes. Por eso habría que ver cómo calculamos el riesgo y por qué es este un aspecto tan importante para la educación en Ciencias. Pensarán ustedes: esto no tiene que ver con las Ciencias. Pues sí. Y es que, como mostré antes, las Ciencias se perciben como fuente de riesgo. Y si la ciencia se percibe como fuente de riesgo, es importante que la gente empiece a reflexionar sobre la naturaleza del riesgo, la manera en que calculamos o medimos el riesgo, y que esté mejor informada. Por eso no podemos dejar de introducir el cálculo de riesgo en la educación en Ciencias para la ciudadanía.

Si queremos conseguir esos tres objetivos de los que hablaba yo antes: la parte cognitiva, la parte social y la epistémica o epistemológica, hemos de tener en cuenta un aspecto del currículo, del programa de estudios, que explique cómo funciona la ciencia, quitar énfasis al contenido, sin pasarlo por alto.

Algunos de los temas que se deberían incluir ya los he comentado. Por ejemplo, la relación entre ciencia y tecnología, la variedad de métodos que se utilizan en el campo científico. Según todos los estudios, los alumnos salen de la clase de Ciencias pensando que hay un único método científico, y cualquier científico sabe que no es así. Otro tema que habría que tratar en el programa de Ciencias es la distinción entre causa y correlación. ¿Por qué? Pues porque gran parte de la ciencia tal y como se presenta en los medios tiene que ver con la salud, con tratamientos médicos, etc., y en muchos casos se habla de correlaciones, y no tanto de causas. Es importante distinguir entre ambas cosas.

En el Reino Unido se ha intentado que el currículo, el programa de estudios, avance más o menos en esta dirección. Estos cambios fueron iniciados por un documento que Robert Millar y yo mismo publicamos, un informe que se titula *Más allá del año 2000* y que sigue estando disponible en Internet, para todos aquellos de ustedes que quieran descargarlo y leerlo. Esta es la dirección de Internet de este informe: <http://www.kcl.ac.uk/depsta/education/publications/be2000.pdf>.

En el documento se pide a los profesores de Ciencias que eduquen a los científicos de la próxima generación, al mismo tiempo que educan a los futuros ciudadanos, porque hasta entonces no se estaba haciendo de forma adecuada.

La educación en Ciencias debe decidir cuál es su principal argumento. Para nosotros lo

importante es educar a la siguiente generación de ciudadanos, pero también de científicos, aunque formar científicos no debería ser el principal factor de motivación de la educación en Ciencias. Este enfoque, en un primer lugar, se vertebró sobre la base de un curso para alumnos que no querían estudiar ciencia tradicional, pero que sí querían seguir un curso relacionado con la ciencia. Se llama *Ciencia para el conocimiento público* e incluye algunas de las cuestiones que ya he comentado.

Pocos alumnos solicitan asistir a este tipo de clases. Pero esto nos lleva a otro argumento. Y es que necesitamos un curso similar para chicos de entre 14 y 16 años, un curso que nosotros llamamos *Ciencias del siglo XXI*. Es necesario cambiar una serie de cosas en los programas de estudios nacionales, para que los profesores puedan ofrecer diferentes tipos de clases de Ciencias. Este curso en concreto aborda el problema de educar a futuros ciudadanos y futuros científicos sosteniendo que todo el mundo debe recibir una educación general en Ciencias. Incluso los futuros científicos necesitan esa educación básica en Ciencias. Hemos observado, y cada vez más debido a la naturaleza acumulativa de la educación en Ciencias, que a los científicos se les forma en una disciplina cada vez más reducida y no tienen una comprensión global de las Ciencias. Es importante tener ese entendimiento global, que debería ser el núcleo de cualquier clase de Ciencias entre los 14 y los 16 años.

Además, debería impartirse una clase de Ciencias académicas para aquellos

que quieran estudiar Ciencias después de los 16 años y quieran ir a la universidad para ser científicos o ingenieros. Y a aquellos alumnos que tengan una orientación, digamos más tecnológica o más práctica, habría que ofrecerles cursos o clases de Ciencias aplicadas. Deberíamos dar la oportunidad a esos chicos de asistir a este tipo de clases de Ciencias.

Esta programación de contenidos es un intento de cumplir ambos objetivos: educar a los ciudadanos y educar a futuros científicos. Estas clases y estos cursos contienen una serie de ideas básicas, módulos básicos, sobre las Ciencias. Abordan temas como, por ejemplo, los datos y sus limitaciones, correlación y causa, la naturaleza, la comunidad científica, la revisión por parte de colegas, los riesgos reales y percibidos, así como también la aplicación de la ciencia en la sociedad. Porque no se puede separar la ciencia de sus aplicaciones. Los alumnos no pueden hacerlo. Y, además, hay que darles la oportunidad de hablar de todas estas cuestiones. Quizá no van a querer hacerlo siempre, pero muchas veces querrán discutir sobre esos asuntos.

El contenido de esta ciencia del siglo XXI incluye una serie de módulos básicos sobre los principales temas de la ciencia, sin preocuparse por los detalles. Hemos llevado a cabo un estudio piloto durante dos años y desde el próximo mes de septiembre se va a ofrecer este curso a nivel nacional en el Reino Unido. Más o menos la mitad de las escuelas han decidido ofrecer estas clases en los próximos años. No sabemos cuáles van a ser los efectos a largo plazo.

Al hablar de contenidos, de programas de estudios, me gustaría hacer una advertencia. Y es que cualquier programa de estudios luego tendrá que ser llevado a la práctica por profesores. Si se cambia el programa de estudios o si se cambia el sistema de evaluación, hay que convencer a los profesores, darles las competencias o habilidades necesarias para hacer las cosas de una forma diferente. Esta es una de las características del trabajo que hemos realizado, intentando responder a esta preocupación, porque la mayor parte de los profesores de Ciencias consideran su trabajo como el desarrollo de un *corpus* de conocimiento.

Los profesores, en general, no tratan de ofrecer a los alumnos nuevas oportunidades de considerar la ciencia. Por eso hemos intentado inculcarles la convicción de que la ciencia es un proceso de desarrollo de ideas, ideas que están basadas en pruebas y en argumentos. Esta oportunidad de reflexionar sobre las cosas es algo que quieren los alumnos. «Quiero tener la oportunidad de discutir las cosas, de pensar en las aplicaciones de la ciencia», nos dice una alumna. Hay que impartir unas clases de Ciencias menos autoritarias y más reflexivas, para que los alumnos tengan la impresión de que pueden aportar algo.

Voy a terminar apuntando lo siguiente. Hasta ahora he hablado sobre todo de contenidos, de programas de estudio. Cualquier profesor de Ciencias sabe que en el proceso de enseñanza hay enseñanza y aprendizaje, y aquí es muy

importante el contenido, la pedagogía y la evaluación también. Si ponemos más énfasis en la evaluación, que es lo que hemos hecho hasta ahora en el Reino Unido, esto será lo que impulse la pedagogía, y no tanto los contenidos o el programa de estudios.

Por otra parte, a la vista de los datos que han surgido de la evaluación de los programas de estudio, lo que importa realmente, si queremos mejorar la actitud de los alumnos hacia las Ciencias, no son tanto los contenidos, no es tanto el programa de estudios, cuanto la actitud de los profesores: que sientan entusiasmo, que se muestren implicados, comprometidos. Pero este es otro problema.

Espero haberles dado una visión general del tema abordado en esta ponencia. Y ahora, si quieren, pueden hacer preguntas o comentarios. Muchas gracias por escucharme.

La evaluación PISA 2006 en España



Ramón Pajares Box

*Jefe del área del INECSE y coordinador nacional
del estudio PISA en España*

La evaluación PISA 2006 en España

Con una nueva ley de educación recién aprobada y su posterior desarrollo normativo y curricular en plena efervescencia, la aplicación en España de una evaluación internacional de Ciencias es un acontecimiento ciertamente oportuno. Un ejercicio de comparación internacional ayudará a perfilar mejor las alternativas y sugerirá posibles vías de avance ante la serie de retos que la enseñanza de las Ciencias se verá obligada a afrontar. Los siguientes párrafos están dedicados a examinar cómo aborda la enseñanza de las Ciencias una evaluación internacional como PISA, cuyos rasgos fundamentales recordamos muy rápidamente.

1. ¿Qué es PISA?

PISA son las siglas del estudio de la OCDE: *Programme for International Student Assessment* (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos). Descrito muy brevemente, se trata de un estudio internacional de evaluación del rendimiento educativo de los alumnos de 15 años, aplicado del modo más similar posible en los más de cincuenta países participantes con el fin de realizar una comparación rigurosa del rendimiento de los distintos sistemas educativos. Es un estudio impulsado por la OCDE, organización de ayuda a los gobiernos en la formulación y optimización de sus decisiones políticas. En consecuencia, PISA se realiza con la finalidad de obtener

datos y enseñanzas para la política educativa y no es, por tanto, un estudio orientado al micronivel educativo de centros docentes y de procesos de enseñanza-aprendizaje, sino al macronivel de la definición y formulación de políticas educativas de largo alcance.

Los estudios PISA se aplican cada tres años. En cada aplicación se estudian los rendimientos del alumnado en tres materias: Lectura, Matemáticas y Ciencias, pero una de ellas, de forma rotatoria, recibe una atención más profunda, mientras que con las otras dos solo se realiza un sucinto sondeo¹. El primer estudio PISA, cuya toma principal de datos se realizó en el año 2000, tuvo como materia principal la Lectura. PISA 2003 tuvo como materia principal las Matemáticas y el presente estudio PISA 2006, cuya recogida de datos en España finaliza en estos días, está centrado en las Ciencias y a ellas se dedica unos dos tercios del tiempo de la prueba.

La recogida de datos consiste en que los alumnos contesten a una prueba de papel y lápiz² de dos horas de duración, seguida de un cuestionario de datos personales y

(1) En PISA 2003 se añadió con carácter experimental una materia transversal: la Solución de problemas. Esta materia no volverá a ser evaluada en las aplicaciones PISA futuras.

(2) Las pruebas de papel y lápiz se consideran una limitación y se están explorando otras vías de recogida de datos. En esta evaluación PISA 2006 algunos países –pero no España– ensayan la recogida de datos por ordenador. Este medio favorece unos estímulos más ricos en las preguntas,

familiares junto a opiniones y actitudes de los alumnos ante los estudios y el centro escolar. El cuestionario dura una media hora. El director del centro también contesta un cuestionario de unos 20 minutos, pero no hay previsto ningún cuestionario para los profesores. Se han preparado 13 cuadernos de examen distintos, con el contenido parcialmente solapado según la técnica del muestreo matricial. El conjunto completo de preguntas requeriría un tiempo de examen de 7 horas: el muestreo matricial permite que puedan aplicarse todas las preguntas a subgrupos distintos de alumnos sin que el tiempo de examen individual exceda de dos horas.

Existen varios tipos de preguntas³. Por un lado, hay preguntas cerradas en dos

que se pueden beneficiar de las capacidades multimedia presentes en los ordenadores actuales, y resultan más motivadores para los jóvenes alumnos, normalmente muy enterados de todas las facetas informáticas. Pero el principal beneficio futuro de una prueba por ordenador estaría en su capacidad de adaptación sobre la marcha a la capacidad demostrada por el alumno, de modo que el grado de acierto a las preguntas anteriores podría influir en la selección de preguntas sucesivas, explorando así mejor la capacidad individual del alumno que responde.

- (3) Al finalizar cada aplicación PISA, un cierto número de preguntas se hacen públicas, mientras que el resto se reservan para futuras aplicaciones, pues son la base de la medición de tendencias entre sucesivas ediciones de este estudio. En las páginas web del INECSE (<http://www.ince.mec.es/pub/>) pueden encontrarse distintas recopilaciones en castellano de las preguntas liberadas hasta el momento en Lectura, Matemáticas y Ciencias.

versiones: simples –o de elección múltiple entre cuatro opciones de respuesta distintas– y complejas, que combinan diferentes opciones de respuesta binaria (sí/no, verdadero/falso). También hay preguntas abiertas, de respuesta corta o larga, que necesitan la intervención de correctores, cuidadosamente entrenados y equipados con pormenorizados criterios de valoración. Por último, las preguntas sobre actitudes utilizan escalas tipo Likert.

Es específico de PISA que las preguntas no se presenten nunca aisladas, sino formando unidades, esto es, pequeñas agrupaciones de preguntas bajo una introducción textual y/o gráfica común, llamada «estímulo». Esto permite minimizar los cambios de contexto de las preguntas y también permite que el estímulo común de la unidad pueda ser explorado o aprovechado mejor. Este estímulo común trata de presentar las preguntas en un contexto «auténtico», es decir, realista y cotidiano, algo no tan habitual en la práctica docente de nuestras aulas.

Es también característico de PISA el que no se pretenda evaluar los contenidos previamente definidos en el currículo. La experiencia de la IEA, la otra gran agencia internacional de evaluación comparada, ha mostrado que es muy difícil encontrar el factor común a la disparidad curricular existente en los países participantes. Por ello PISA ha renunciado desde su comienzo a seleccionar a los alumnos por el curso académico en el que están escolarizados y se ha decantado por la edad biológica como

criterio de selección de su población objetivo. La edad elegida, 15 años, tiene la virtud de coincidir, en la mayoría de los países, con el último curso de la escolaridad obligatoria.

2. ¿Evaluación genérica o evaluación específica?

El contenido de las pruebas no corresponde, pues, a ningún currículo, sino al juicio de un grupo internacional de expertos que las formulan de acuerdo con el acervo de conocimientos y destrezas esperables en un alumno de la edad referida. Un acierto, a mi juicio, de PISA es que sus expertos buscan en los alumnos las capacidades que les permitirán integrarse a corto plazo en la vida adulta, y no las de integrarse a corto plazo en estudios más avanzados. Este sesgo poco academicista de PISA ha sido objeto de críticas desde concepciones tradicionales de la educación, pero para otras concepciones más actualizadas ha supuesto un estímulo adicional para la renovación de nuestra enseñanza secundaria.

De hecho, también supone un cierto estímulo renovador en nuestro contexto el estilo PISA de hacer preguntas. La búsqueda del elemento «auténtico» las hace alejarse de la práctica machacona del ejercicio o procedimiento rutinario, o de la búsqueda de la repetición de lo recién explicado en clase. Una de las consecuencias de este estilo de hacer preguntas es que, con mucha frecuencia, se suele encontrar la respuesta buscada en el enunciado de la pregunta o en el texto del estímulo común de la

unidad, con lo que el alumno tiene que aportar pocos conocimientos previos para proporcionar una respuesta correcta. Esto tiende a convertir a la mayor parte de las preguntas de PISA en ejercicios de lectura, que miden unas competencias generales o transversales más que unas competencias específicas de la materia objeto de examen.

En efecto, un repaso a las correlaciones entre las puntuaciones alcanzadas por los alumnos españoles en las diversas materias examinadas en PISA 2003 muestra que las pruebas de PISA parecen medir más una capacidad subyacente común y no capacidades específicas propias de cada asignatura, puesto que los índices de correlación son realmente muy altos para una investigación de ciencias sociales.

Correlaciones de las puntuaciones obtenidas por los alumnos españoles entre las distintas materias evaluadas en PISA 2003

Matemáticas con Lectura	0,70
Matemáticas con Ciencias	0,75
Matemáticas con Problemas	0,85
Lectura con Ciencias	0,80
Lectura con Problemas	0,78
Ciencias con Problemas	0,71

De ahí que quizá no haya mucho que esperar de los resultados de PISA para iluminar los pormenores del contenido curricular o de los procesos de enseñanza-aprendizaje propios de cada materia. A este respecto, los análisis realizados

sobre las preguntas de las ediciones anteriores de PISA han resultado ser menos fecundos de lo esperado. Y tampoco es de esperar que en esta edición de PISA los análisis secundarios vayan a proporcionar grandes conclusiones sobre los diversos campos temáticos de las Ciencias.

Ahora bien, esta cualidad generalista de PISA ¿debe ser considerada como un defecto o como una virtud? ¿Es un fallo de diseño por parte de PISA el que sus resultados no ofrezcan un poder de discriminación más acusado entre los distintos «saberes»? ¿O es más bien el reflejo de una característica de la formación de los alumnos de la enseñanza secundaria inferior, que necesitan un aprendizaje menos focalizado y de más amplio espectro? Si, como parece cada vez más evidente, no debe esperarse de los alumnos a esta edad una asimilación y un trabajo tan específico como el que pretende en estos momentos la organización de la enseñanza secundaria y la práctica didáctica de su profesorado, quizá fuera oportuno empezar a cuestionarse si no habría que acometer reformas estructurales hacia un modelo de secundaria menos atomizado, con menos materias y con cuerpos de profesorado menos especializados.

La secundaria tiene su origen histórico en la preparación de los alumnos para su entrada a la universidad. Es aún muy reciente, en términos históricos, la extensión, con obligatoriedad, de la enseñanza secundaria a todos los alumnos, tanto a los que han de cursar estudios universitarios como a los que no. Y esta universalización ha supuesto

un cambio de naturaleza. Sin embargo, parece que se mantiene, más en la práctica que en la normativa, una organización y una orientación afín a la propedéutica universitaria ahora que la nueva secundaria, universal y obligatoria, ya no tiene su única salida natural en la universidad. Aun a riesgo de hacer caricatura de una realidad mucho más compleja, parece como si el honor y el ideal profesional de los profesores de secundaria fueran más afines a los de sus colegas universitarios, con su parcelación de materias, su especialización, sus ideales de enseñanza centrados en hacer avanzar el contenido científico de las disciplinas. Y en este esfuerzo parece que se olvidan o se minusvaloran los rendimientos genéricos y transversales, como el de saber leer comprensivamente, que son precisamente los que necesitan los jóvenes a punto de entrar en la vida adulta y de convertirse en ciudadanos de pleno derecho, algo que las pruebas PISA ayudan a recordarnos.

Pero volvamos nuestra atención a otras características de este estudio PISA 2006, centrado en la evaluación de las Ciencias, y examinemos las novedades que contiene y los principales puntos de interés para un país como España. A mi juicio, la edición 2006 de PISA nos presenta los siguientes rasgos: a) la incorporación de preguntas actitudinales, b) la importancia dada a los procedimientos metodológicos de la ciencia, c) una batería de preguntas que refleja una concepción de la ciencia tendente a lo experimental y utilitario, y d) el permanente riesgo de sesgo cultural anglosajón.

3. La incorporación de preguntas actitudinales

Siempre han estado presentes en los estudios PISA determinadas preguntas sobre las actitudes de los alumnos y sobre la valoración que les merecen las materias que estudian. Pero el lugar en el que estas preguntas se ubicaban era el cuestionario de contexto. Ahora, en PISA 2006, el nuevo equipo internacional de expertos ha insistido en aumentar el número de este tipo de preguntas y trasladarlas a los cuadernos de prueba, en un esfuerzo por contextualizarlas mejor y por hacer aparecer las actitudes como un resultado de la acción educativa al mismo nivel que los conocimientos y las destrezas.

Las dimensiones en las que PISA pretende proporcionar resultados sobre las actitudes de los alumnos son: a) el interés por la ciencia, b) el apoyo a la investigación científica y c) la responsabilidad hacia el desarrollo sostenible. Tras los resultados de la prueba piloto realizada en 2005, las preguntas relativas a las dos primeras dimensiones han mostrado suficiente solidez psicométrica como para poder aparecer en los cuadernos de prueba junto a las preguntas de conocimientos. No ha ocurrido lo mismo con las de la dimensión de responsabilidad, cuyos problemas de escalamiento han aconsejado mantenerlas en el cuestionario de contexto.

El énfasis en las actitudes de los alumnos ante la ciencia parece responder a una creciente inquietud en buena parte de los países de la OCDE por la disminución del

atractivo de las carreras científicas como una opción de futuro profesional. En otras palabras, parece como si se percibiera una disminución progresiva de las vocaciones científicas en las nuevas generaciones. Ciertamente, dentro del campo educativo, ya aparecen dificultades para reclutar profesores de Matemáticas y Ciencias en determinados países europeos, y también se detecta una cierta huida de candidatos ante las carreras de contenido científico, normalmente más largas y exigentes que otras carreras de origen más reciente, pero no peor remuneradas.

Sin embargo, la nueva ubicación de las preguntas actitudinales en las pruebas de PISA ha encontrado resistencias para su aceptación en un número no mayoritario, pero sí significativo de países. Una consecuencia de esas resistencias es el retraso en la publicación oficial por parte de la OCDE de los marcos teóricos de la evaluación PISA 2006, que aún no se ha producido. Los críticos han señalado varios aspectos que no suscitan consenso:

- a) No es lo mismo tratar las actitudes como variables de contexto, es decir, como condicionantes del proceso de aprendizaje en Ciencias, que como variables de rendimiento, es decir, como componentes de los resultados alcanzados. No están claras las consecuencias de este cambio de naturaleza en el tratamiento dado a las preguntas sobre actitudes y las exploraciones previas no son lo suficientemente concluyentes como

para hacer de los elementos actitudinales un objetivo deseable de la comparación internacional.

- b) Se introduce un aspecto subjetivo y valorativo en una evaluación que hasta ahora quería ser objetiva y libre de valores. Para contrarrestar esta crítica, en los cuadernos de prueba las preguntas actitudinales se presentan con un fondo gris junto con instrucciones explícitas de que dichas preguntas no contribuyen a la puntuación final del alumno, puesto que no contienen respuestas objetivamente correctas. Pese a lo cual, en la prueba piloto se ha detectado que las respuestas de los alumnos tendían a orientarse en el sentido de la aceptabilidad social.
- c) La presencia de estas preguntas, que suponen algo menos de la cuarta parte de la batería final de preguntas de Ciencias, provoca la disminución del tiempo disponible para explorar el dominio de otras áreas cognitivas que no encuentran lugar en los cuadernos de prueba de esta edición de PISA, y ha supuesto importantes restricciones a la hora de la selección de las unidades de Ciencias para la prueba definitiva.

El Consorcio internacional que diseña y analiza los datos recogidos en las pruebas PISA tiene intención de construir una escala TRI de las respuestas actitudinales, pese a que determinados presupuestos, como la ausencia de una respuesta correcta y, por tanto, la ausencia de un parámetro de dificultad

para las preguntas, convierten a este intento en una iniciativa estadística hasta cierto punto sorprendente. Todo ello hace que el énfasis otorgado a las actitudes en el estudio de las Ciencias sea una de las facetas de mayor novedad e interés en esta edición de PISA.

4. La importancia concedida a los conocimientos sobre metodología científica

Los marcos teóricos de PISA 2006, que aún se encuentran en fase de borrador, dividen los contenidos objeto de examen en conocimientos *de* Ciencias (los sistemas vivos, los sistemas físicos, los sistemas de la Tierra y el espacio) y en conocimientos *sobre* Ciencias (la indagación científica, las explicaciones científicas, la ciencia y la tecnología en la sociedad).

Es de destacar que los temas en torno a cómo se hace y se utiliza la ciencia ocupan un lugar tan importante como los temas más clásicos en torno a qué se sabe sobre temas científicos. Y esto puede plantear algún problema a los alumnos españoles, pues aún existen tradiciones docentes que tienden a dejar de lado, en la enseñanza de las Ciencias, los aspectos metodológicos en beneficio del conocimiento del *corpus* de adquisiciones teóricas. Ciertamente, en este aspecto la práctica docente es desigual, pero constituye uno de los puntos de interés de esta edición de PISA el saber si los alumnos españoles se mueven con la misma soltura en ambos tipos de temas.

Esperar que los alumnos estén enterados sobre el modo en que los científicos hacen progresar las Ciencias y consiguen ponerse de acuerdo en dar por probadas o refutadas sus controversias teóricas tiene una mayor tradición fuera de nuestras fronteras que en España. Se erige ciertamente en un aspecto importante de la formación en Ciencias si uno de los objetivos que se persiguen es el de promover la aparición de vocaciones científicas. Pero en nuestro país no está claro que ese objetivo se persiga con alta prioridad, siendo de temer que el unamuniano «¡que inventen ellos!» no haya pasado del todo a la historia, ya que el grueso de nuestra investigación científica parece consistir todavía en digerir la investigación ajena más que en promover la propia. En una palabra, no parece que nos sintamos preocupados por la responsabilidad de que nuestras omisiones investigadoras nos lleven a una parálisis de creatividad científica: somos colectivamente conscientes de no ser competitivos en tareas de investigación y por ello las cuestiones metodológicas no parecen recibir suficiente atención docente hasta etapas más avanzadas de los estudios.

Esto no es así en otros países y esta convicción ha influido en el diseño de las pruebas, que son realmente insistentes en evaluar el conocimiento de los requisitos de los diseños experimentales controlados y, por extensión, en el conocimiento del criterio de demarcación entre las afirmaciones que pueden ser consideradas científicas y las que no. Detrás de todo ello está un loable intento ilustrador por evaluar las capacidades de los

alumnos para razonar basándose en hechos, y no solo en opiniones, y para argumentar con apoyo de pruebas verificables olvidándose de las tentaciones de apoyar las propias convicciones en fundamentos supersticiosos, aún fuertes en esas edades.

5. La concepción de las Ciencias en PISA 2006

Recordemos que PISA es una evaluación guiada por expertos. Estos expertos hacen un esfuerzo para definir una prueba que represente lo que se considera deseable que los alumnos de 15 años conozcan, sepan aplicar y valoren. El grupo de expertos, junto con los miembros del Consorcio internacional de PISA y en comunicación constante con los representantes de los países, termina elaborando un conjunto de preguntas que, en el caso de la prueba de Ciencias, es de una calidad muy notable, pese a la dificultad de conseguir una representación perfecta de las distintas áreas temáticas consideradas relevantes.

Pero también hay que señalar que el peso del grupo de expertos es lo suficientemente importante como para que los cambios en su composición lleguen a tener consecuencias en la orientación de las evaluaciones. Para esta edición de PISA el grupo de expertos ha incorporado nuevos miembros y en particular un nuevo presidente, quien ha impulsado una dinámica que ha terminado empujando al resto de los expertos, al Consorcio de PISA, al Secretariado de la OCDE y a los países participantes a cambiar –de un modo

innecesario, en mi opinión– la definición de lo que debe entenderse por Ciencias. El cambio ha consistido en incluir la dimensión actitudinal⁴ como componente del rendimiento de los alumnos, inclusión que, como hemos mencionado, no se ha logrado sin tensiones ni resistencias.

Otro motivo de incomodidad para algunos países participantes está en la ambigüedad constante en los documentos originales, en inglés, entre el uso global y genérico del término «ciencia» y su uso específico y curricular en entornos escolares. El primer uso se traduce al castellano como «ciencia» y el segundo es mejor entendido si se lo traduce como «Ciencias», en plural y con mayúsculas, como ha venido siendo tradicional en nuestros planes de estudios desde hace muchas décadas. Y si en inglés la unicidad de términos hace que el paso de uno a otro uso sea habitual y constante, ese paso no es tan fácil en otros idiomas, pues no es lo mismo hablar de la enseñanza de la ciencia, que para nosotros parece referirse más a la metodología científica, que hablar de la enseñanza de las Ciencias, que evocan en nuestro país los contenidos de las Ciencias de la Naturaleza, edificados en torno a la polaridad Biología y Física-Química o ciencias de lo vivo y de lo inerte. En inglés, sin embargo, no existe esa distinción y al tener que traducir a otros idiomas determinadas asociaciones o connotaciones se pierden.

(4) En su redacción inicial se denominaba «dimensión afectiva» y su carácter valorativo era mucho más marcado.

Por otro lado, si examinamos el conjunto de preguntas sobre Ciencias preparada para esta edición de PISA, emerge una cierta concepción de lo que debe ser considerado ciencia que quizá no se ajusta del todo a nuestras expectativas o tradiciones y en todo caso merece la pena ser comentado. A mi juicio, la concepción de la ciencia presente en la batería de preguntas de esta edición de PISA parece pecar ligeramente de un sesgo instrumental y experimentalista:

- a) Un sesgo instrumental, y quizá debería decir utilitario, en cuanto que las preguntas tienden siempre a conectar el tema visitado con los intereses, beneficios o perjuicios del alumno, dejando de algún modo traslucir el mensaje de que el conocimiento científico tiene interés por sus beneficios prácticos, más que por el crecimiento del conocimiento mismo o por la superior imagen que nos proporciona del mundo en que vivimos.
- b) Un sesgo experimentalista, más presente durante la elaboración de las pruebas que en el conjunto final, que trasluce un criterio de demarcación entre lo científico y lo extracientífico muy dependiente de la posibilidad de experimentar controladamente y con exclusión de las observaciones no repetibles. Así, en un principio, las disciplinas descriptivas, como la Geografía, no son consideradas científicas y se ha pretendido en algunas preguntas de la prueba piloto que las conclusiones de los economistas

y de los arqueólogos quedaran excluidas del campo de lo científico. La reacción internacional ha hecho que esas preguntas hayan desaparecido de la batería final, lamentablemente eliminando con ellas unas unidades de contenido valioso e interesante.

En general puede decirse que, en las unidades de Ciencias, las referencias a los temas adoptan un estilo poco distanciado: son siempre las consecuencias para *mi* salud, *mi* seguridad, *mi* entorno y *mi* comunidad lo que constituye el marco contextual elegido. Quizá este estilo esté muy adaptado al público escolar –aunque más al de la escuela primaria que al de la secundaria–, pero para un joven que está a punto de entrar en la vida adulta, también sería deseable que el conocimiento científico no estuviera siempre bajo el prisma de la utilidad inmediata, sino bajo el interés ilustrado por adquirir una visión del mundo más adulta.

En este sentido, destacan ciertas ausencias: la poca presencia de preguntas sobre Química, la muy escasa mención al tema de la evolución y la total inexistencia de preguntas sobre cosmología, esto es, sobre cuestiones astronómicas o espaciales que vayan más allá del Sistema Solar. Y aunque sean bastante carentes de carácter utilitario, parece ser deseable en los alumnos de 15 años una cierta familiaridad con nociones como «agujero negro» o «Big Bang» o con las ideas de «conservación de la materia» o de «selección natural». Estas nociones o ideas deberían formar parte del marco conceptual

de referencia de un adulto en nuestros tiempos, pues le ayudan a situar sus ideas sobre el puesto del hombre en el mundo de un modo ilustrado y alejado de tentaciones oscurantistas.

6. El permanente riesgo de sesgo cultural

Es habitual, al comentar los resultados poco brillantes que suelen obtener los alumnos españoles en las evaluaciones internacionales, achacarlos a estos motivos: a) al estilo novedoso e inhabitual de las pruebas, que no conectan demasiado con las prácticas escolares habituales, y b) al sesgo anglosajón que manifiestan. A mi entender, la primera acusación es cierta, pero no por ello lo que denuncia deja de ser beneficioso. A nuestras prácticas establecidas les viene muy bien el contacto con nuevos modos de presentar las preguntas y, a través de ellas, con nuevos estilos didácticos. Es una bocanada de aire fresco proveniente del exterior que renueva la atmósfera algo cargada de nuestras tradiciones didácticas.

La segunda acusación, la del sesgo cultural que invalida las pruebas, es globalmente injusta, aunque ciertamente apunte a determinados elementos que pueden provocar una cierta alarma. Me refiero a la presencia de una cierta «jerga» profesional bien establecida en inglés, pero que resulta menos habitual y algo difícil de traducir en castellano.

He aquí algunos ejemplos:

- a) el área temática «Ciencias de la Tierra», que no corresponde a ninguna materia habitual en nuestro currículo y que incorpora elementos de diversas disciplinas (Geografía, Geología, Meteorología y Astronomía de corto alcance),
- b) la referencia constante al razonamiento basado en «evidencias», modo de expresión que resulta en nuestro idioma poco «evidente» y que, al traducirlo, provoca pesados rodeos para incluir las connotaciones de lo fáctico y de lo fundamentado en pruebas,
- c) la expresión «pregunta científica», que ha adquirido en inglés una consolidación fija y muy concreta como denominación del objetivo o meta final de una indagación científica, pero que no tiene en nuestros ambientes escolares el mismo estatus de frase hecha y de denominación familiar.

Además de la presencia de una cierta «jerga» de origen anglosajón, otro de los motivos de alarma radica en que, en PISA, la mayor parte de los expertos internacionales y de los técnicos del Consorcio internacional responsable de la organización y coordinación de las distintas operaciones (muestreo, verificación de la traducción, corrección de preguntas abiertas, limpieza y análisis de datos) provienen de países de habla inglesa. Esta internacionalización insuficiente del Consorcio de PISA se deja notar en detalles como que se hayan rechazado 53 unidades

presentadas por México para formar parte de las pruebas, o de que no haya prácticamente ninguna bibliografía citada en los documentos internos y públicos de PISA que no haya sido redactada originalmente en inglés. Y si bien no parece demasiado halagador que se ignore la investigación pedagógica en lengua española, es desde luego a todas luces injusto que se haga lo mismo con la producida originalmente en francés o alemán, que suponen un excelente *corpus* de conocimientos y estudios.

Pero todos estos indicios no deben arrastrarnos hacia la sospecha generalizada. Todo lo contrario. Hay que decir bien alto y claro que el proceso de elaboración de las pruebas no ha podido ser más abierto y transparente. En Ciencias, se han elaborado muchas más preguntas de las necesarias: después de haber desechado un buen número en las primeras fases de consulta internacional, todavía se pusieron a prueba, en la evaluación piloto realizada el año pasado, un número superior en más de tres veces al necesario para la prueba final⁵. Durante la fase de elaboración se han

(5) En la prueba piloto de PISA 2006, solo se pusieron a prueba preguntas de Ciencias. Se incluyeron 376 preguntas, de las que finalmente han pasado a la prueba final 118, algo menos de la tercera parte. La prueba final consta de 140 preguntas de Ciencias (las mencionadas 118 más otras 22 preguntas presentadas en ediciones anteriores de PISA), de las que 32 preguntas versan sobre actitudes. Además se utilizan 48 preguntas de Matemáticas y 32 de Lectura, todas ellas provenientes de anteriores evaluaciones PISA.

producido consultas repetidas a los países participantes, y las opiniones provenientes de estas consultas se han tenido en cuenta mediante un sistema estructurado de puntuaciones y comentarios. Incluso se organizaron, en dos ocasiones, reuniones internacionales específicas, con el nombre de Foro de Ciencias, para que los países pudieran debatir directamente con los equipos del Consorcio sobre las unidades y preguntas propuestas. Se han corregido multitud de pequeños detalles que suscitaban recelo en algunos países e incluso han desaparecido unidades enteras de contenido valioso por detectarse sesgos culturales de difícil conciliación⁶.

En suma, las características de una evaluación internacional que incluye a multitud de países con rasgos culturales diversos hacen que sea prácticamente imposible conseguir un conjunto de ítems totalmente satisfactorio para todos los países participantes. Pero hay que reconocer al Consorcio internacional de PISA el esfuerzo que ha realizado y los recursos que ha

(6) Un ejemplo: una unidad que versaba sobre los grupos sanguíneos hubo de ser retirada por no poder conciliar las diferentes denominaciones usuales en los distintos países. En particular, el grupo sanguíneo que no contiene antígenos suele ser denominado como grupo «cero» en los países europeos y como grupo «o» en los países anglosajones. Aunque la primera denominación parezca ser más correcta desde el punto de vista científico, incrementaría apreciablemente la dificultad de la pregunta para los alumnos de los países que se expresan en inglés.

invertido para lograr que ese conjunto esté lo más libre posible de condicionantes culturales que pudieran interferir en el valor comparativo de los datos obtenidos. Pretender invalidar o minusvalorar los resultados de la evaluación que realiza PISA basándose en la contaminación cultural de sus pruebas es, en mi opinión, una reacción de tipo primario, desinformada e injusta.

7. A modo de conclusión: el interés de estas pruebas PISA para España

Además de lo expuesto, conviene tener en cuenta otras características específicas de los alumnos españoles que añaden interés a esta evaluación PISA, tanto en lo que supone un mayor conocimiento de la enseñanza de las Ciencias como el conocimiento de los puntos fuertes y débiles de nuestro sistema educativo, aspecto este en el que las anteriores ediciones PISA han arrojado una bienvenida iluminación.

A diferencia de otros países donde los alumnos de 15 años pueden estar cursando programas de estudios distintos, en España todos ellos están cursando la Educación Secundaria Obligatoria. Las diferencias de rendimiento observadas no quedan, por tanto, oscurecidas por factores diferenciales atribuibles a la estructura del sistema educativo.

Por otro lado, en nuestro país el ámbito popular de las Ciencias incluye también a las Matemáticas en un conjunto globalmente opuesto al ámbito de las Letras.

Pero en su especificación curricular, las Ciencias son unas veces una sola asignatura, y otras veces se desglosan en varias, y no todas de estudio obligatorio. En esto seguimos una pauta muy común con otros países. Será un reto añadido para los analistas el lograr detectar las diferentes pautas de rendimiento con independencia del número y modalidad de materias de Ciencias cursadas por los alumnos.

También despierta un interés específico en esta nueva evaluación de PISA el perfil actitudinal de nuestros alumnos, que nos mostrará si ellos también se enfrentan a los estudios de contenido científico con una entrega e interés disminuidos y si, en suma, nuestro país va a sufrir también un agravamiento en la escasez de vocaciones científicas.

Asimismo, estamos pendientes del papel que realizarán nuestros alumnos en las preguntas de metodología científica, que nos mostrarán si a este particular contenido de la enseñanza de las Ciencias se le debe otorgar una mayor atención curricular y un tiempo más extenso en la práctica de aula. Y en cuanto a esta práctica, será interesante estudiar, a partir de la información de contexto proporcionada por alumnos y directores, las particularidades de nuestra enseñanza de las Ciencias y su comparación con los enfoques didácticos de otros países, como, por ejemplo, la importancia relativa dada a la realización de prácticas de laboratorio como parte de la enseñanza de esta materia.

Y, por supuesto, estaremos muy interesados en la medida del rendimiento general de nuestros alumnos en Ciencias en comparación con los de otros países, e internamente dentro de nuestro propio país. Pues una de las novedades de esta edición de PISA en España es el aumento muy considerable del número de Comunidades Autónomas que han decidido, con cargo a su presupuesto, ampliar la muestra de centros y alumnos evaluados por PISA en su territorio con el fin de que los datos recogidos tengan precisión suficiente para ser comparados con fiabilidad estadística con los de otros territorios y países.

En PISA 2003, Castilla y León, Cataluña y el País Vasco aumentaron su muestra. Ahora, en PISA 2006, se les unen las Comunidades Autónomas de Andalucía, Aragón, Asturias, Cantabria, Galicia, La Rioja y Navarra. Con la excepción de Andalucía, todas ellas se encuentran situadas en la mitad norte de España. Este incremento de participación tendrá el beneficio añadido de que se empezará a romper el prejuicio existente contra la comparación interterritorial de los resultados educativos, hasta ahora uno de los escollos importantes a los que se ha enfrentado nuestro Instituto de Evaluación. En esta ocasión, la comparación será realizada por el Consorcio de PISA y publicada por la OCDE, lo que parece dar un marchamo de aceptabilidad. Sería deseable de todos modos que el hábito de la comparación interterritorial se extendiera como recurso habitual a la publicación de resultados de alcance menos internacional.

Y por último, un escollo o un reto final que ronda a esta evaluación de PISA es el de acertar con una fórmula de difusión de los resultados que sepa destacar los mensajes apropiados para las distintas audiencias. Es deseable, en especial, que esta fórmula sepa sortear las simplificaciones a las que nos tienen acostumbrados los medios, a quienes hay que recordar que PISA no es una competición internacional entre sistemas educativos, sino un instrumento de observación que, gracias a su componente comparativo, se beneficia de un claro aumento de resolución y, por ello, de mayor penetración analítica que el que se consigue con otros estudios de la realidad educativa no comparativos. Y también que, en contra de una cierta tendencia primaria al catastrofismo, los resultados alcanzados hasta ahora por España –y los que previsiblemente alcanzará en esta edición 2006– muestran que el rendimiento educativo de nuestro país es plenamente homologable con el de los países de la OCDE. No obstante, y partiendo de esta constatación, sigue siendo deseable mantener una cierta tensión en los diferentes resortes del sistema educativo para conseguir elevar unos resultados que aún son susceptibles de mejora.

El marco de referencia de las Ciencias en PISA 2006



Julio Puente Azcutia

*Jefe del área de Evaluación Permanente del Sistema
Educativo del INECSE*

El marco de referencia de las Ciencias en PISA 2006

1. La competencia científica

La formación científica es un objetivo clave de la educación de todos los jóvenes de 15 años, continúen o no estudios posteriores de Ciencias (OCDE-MEC-INCE, 2000). Cualquier ciudadano debería ser capaz de reconocer cuándo un conocimiento científico es relevante, de identificar las preguntas que la ciencia puede responder, de juzgar la validez de una prueba, de relacionar las pruebas científicas con las conclusiones que se deducen de ellas y, sobre todo, de valorar las pruebas a favor o en contra en situaciones que le afecten personal o socialmente (OCDE-MEC-INCE, 2001; INCE, 2002).

Por ello, el proyecto PISA considera que «el pensamiento actual sobre los resultados deseados de una educación en Ciencias para todos los ciudadanos hace hincapié en el desarrollo de una comprensión global de los conceptos fundamentales y de los marcos explicativos de la ciencia, de los métodos mediante los cuales esta consigue que los hechos apoyen sus afirmaciones y del poder y las limitaciones de la ciencia en el mundo real. Se valora en especial la capacidad para aplicar estos conocimientos a situaciones reales en las que hay que valorar afirmaciones y tomar decisiones» (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).

De acuerdo con esto, el objetivo de la educación en Ciencias es la adquisición

por parte de los alumnos de la competencia científica (*scientific literacy*)¹. En consecuencia, el objeto de la evaluación en Ciencias no es el conjunto de los conocimientos científicos que han adquirido los alumnos, sino la capacidad que han alcanzado de aplicar estos conocimientos en situaciones reales de la vida cotidiana (MEC-INECSE, 2004). No se trata de evaluar qué saben los alumnos, sino de evaluar cómo aplican los conocimientos científicos en su vida. «Por ejemplo, si quisiera entender y evaluar las indicaciones científicas sobre seguridad de los alimentos, un adulto no solo necesitaría poseer algunas nociones básicas sobre la composición de las sustancias nutritivas, sino que debería ser capaz de aplicar esta información. El término o *literacy* (competencia) se utiliza para condensar este concepto más amplio de conocimientos y destrezas» (OCDE, 2003).

Para el proyecto PISA 2006 la competencia científica se define como (OECD-PISA, 2005b):

– *el conocimiento científico y el uso de este conocimiento para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar*

(1) El término *scientific literacy* es de difícil traducción. Parece generalizarse 'competencia científica', por el que se ha optado en este documento, aunque en muchas publicaciones pueden encontrarse como equivalentes a *scientific literacy* los términos 'formación científica', 'alfabetización científica', 'alfabetización científica avanzada' y otros.

- fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas;*
- la comprensión de las características propias de la ciencia como una forma de conocimiento e investigación humanos;*
 - el reconocimiento de cómo la ciencia y la tecnología configuran el entorno material, intelectual y cultural; y*
 - la disposición a comprometerse en cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo.*

Aunque la anterior definición de competencia científica es muy completa, no es operativa para articular la evaluación de su grado de adquisición por los alumnos. Para organizar la evaluación de las Ciencias, el proyecto PISA necesita descomponer la formación científica en sus componentes constituyentes.

2. Las dimensiones de la competencia científica

La definición de competencia científica en PISA 2006 viene caracterizada por los siguientes aspectos interrelacionados (OECD-PISA, 2005b):

- La referencia contextual: situaciones de la vida cotidiana relacionadas con la ciencia y la tecnología.
- La dimensión cognitiva: conocimiento del mundo natural y conocimiento sobre la ciencia misma.
- La dimensión procedimental: destrezas científicas.

- La dimensión actitudinal: intereses, actitudes hacia la ciencia y motivaciones.

El contexto de la evaluación

Las destrezas y los conocimientos científicos deben aplicarse en situaciones reales que impliquen ideas científicas. Coherentemente, las preguntas para la evaluación deben diseñarse para situaciones generales de la vida cotidiana y no estar limitadas a situaciones de la vida escolar. Las situaciones elegidas son situaciones del mundo real que conllevan problemas con una relevancia *personal* (afectan al individuo), como el uso de la energía o la alimentación, *social* (afectan en cuanto miembros de una comunidad local), como el tratamiento del abastecimiento del agua o la ubicación de una central eléctrica, o *global* (afectan en cuanto miembros de la comunidad mundial), como el calentamiento global o la extinción de especies (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).

PISA 2006 recomienda diversos contextos para la evaluación combinando las categorías relevantes (personal, social, global) con cinco grandes ámbitos: la salud, los recursos, el medio, los riesgos y los temas frontera entre ciencia y tecnología (OECD-PISA, 2005b), dando lugar a quince posibles marcos contextuales. En el marco contextual de la salud personal, por ejemplo, se ubicarían temas como la conservación de la salud, los accidentes o la nutrición; en el marco de los recursos con perspectiva social cabrían aspectos como el mantenimiento

de poblaciones humanas, la calidad de vida, la producción y distribución de alimentos o el suministro de energía; y, como último ejemplo, en el marco contextual de los temas frontera entre ciencia y tecnología con una perspectiva global se incluirían aspectos como la extinción de las especies, la exploración del espacio y el origen y la estructura del universo.

Es conveniente destacar que la evaluación de las Ciencias en PISA no es una evaluación de contextos, sino una evaluación de cómo destrezas, conocimientos y actitudes se relacionan en determinadas situaciones contextuales (OECD-PISA, 2005b).

Las destrezas científicas

Las destrezas científicas son las acciones mentales, y a veces físicas, implicadas en la resolución de una pregunta o de un problema científico. Cubren un amplio conjunto de habilidades y saberes necesarios para recopilar información, interpretar hechos del mundo natural y extraer conclusiones de ellos. Debe tenerse en cuenta que estas destrezas «deben emplearse en relación con alguna materia; un proceso libre de contenido no tiene sentido» (OCDE-MEC-INECSE, 2004b). Las destrezas están relacionados con la investigación científica: el reconocimiento de cuestiones científicamente investigables, la identificación de la evidencia necesaria en una investigación científica, la extracción y la evaluación de conclusiones, la comunicación de conclusiones válidas, la demostración de la comprensión

de conceptos científicos, etc. «El desarrollo de estos procesos figura entre los objetivos de la formación escolar en ciencia de modo que los estudiantes puedan experimentar y comprender cómo se crea el conocimiento científico e, idealmente, captar la naturaleza de la investigación científica» (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).

La evaluación de las Ciencias en PISA 2006 da prioridad a las siguientes destrezas científicas (OECD-PISA, 2005b):

1. *Identificación de cuestiones científicas.*
Los estudiantes deben ser capaces de: 1) reconocer las cuestiones científicas y de distinguir entre los problemas que se pueden abordar desde la ciencia y los que no; 2) de buscar y obtener información científica pertinente para las cuestiones planteadas; y 3) de reconocer cuáles son las características fundamentales de la investigación científica, como la identificación de las variables implicadas y de aquellas que pueden ser controladas, la información complementaria que se requiere o el procedimiento para conseguir los datos relevantes que se precisan.
2. *Explicación científica de fenómenos.*
Supone la capacidad: 1) de aplicar los conocimientos de ciencia y sobre la ciencia a una situación dada; 2) de describir o interpretar científicamente los fenómenos y predecir cambios basados en los conocimientos científicos; y 3) de reconocer o identificar

descripciones, explicaciones y predicciones que resulten pertinentes.

3. *Interpretación y uso de pruebas científicas.*

Los alumnos deben ser capaces:

- 1) de interpretar las pruebas científicas y extraer conclusiones a partir de ellas;
- 2) de identificar los argumentos a favor y en contra de una conclusión y de identificar aquellos que permiten alcanzar conclusiones; y 3) de comunicar las conclusiones que han extraído a partir de las pruebas mediante sus propias palabras o mediante los procedimientos adecuados (tablas, gráficas, diagramas, etcétera), es decir, deben ser capaces de presentar de forma clara y lógica las relaciones entre las pruebas y las conclusiones o las decisiones.

Estas habilidades incluyen algunos procesos cognitivos especialmente relevantes para la competencia científica, como el razonamiento inductivo-deductivo, el pensamiento crítico, la elaboración de conclusiones basadas en hechos, el pensamiento mediante modelos y el uso de las matemáticas (OECD-PISA, 2005b).

Conocimientos científicos

PISA 2006 distingue entre conocimientos de ciencia o conocimientos sobre el mundo natural y conocimientos sobre la propia ciencia (OECD-PISA, 2005b):

a. Conocimientos sobre el mundo natural

«La expresión ‘mundo natural’ se utiliza como una abreviatura para designar el medio

físico, a los seres vivos y las relaciones que se establecen entre ellos» (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).

El objetivo del proyecto PISA no es evaluar los conocimientos científicos que tienen los alumnos sobre el mundo natural y sobre la ciencia, sino la capacidad que han adquirido de aplicarlos en situaciones de la vida cotidiana (OECD, 2004). Por tanto, no se trata de establecer una relación de los conocimientos evaluables, sino de fijar los criterios para su selección. Los conocimientos elegidos en el proyecto pertenecen a la Física, la Química, la Biología y las Ciencias de la Tierra y del universo, y se han seleccionado con los siguientes criterios:

1. La importancia de los conocimientos en las situaciones cotidianas. «Por ejemplo, aunque la teoría de la relatividad ofrece una descripción más detallada de las relaciones entre longitud, masa, tiempo y velocidad, las leyes de Newton son más útiles en asuntos relacionados con la comprensión de las fuerzas y el movimiento en la vida diaria» (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).
2. Los conocimientos seleccionados deben ser importantes durante, al menos, los diez años siguientes al momento de la evaluación (INCE, 2000).
3. Se deben seleccionar unos conocimientos que sean susceptibles de combinarse con procesos científicos. Esto evita que los conocimientos se limiten al mero recuerdo de nombres o definiciones (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).

4. Los conocimientos seleccionados deben ser adecuados para los estudiantes de 15 años.

Teniendo en cuenta estos criterios, los principales temas científicos seleccionados para la evaluación en el proyecto PISA son:

Sistemas físicos	Estructura y propiedades de la materia. Cambios físicos de la materia. Cambios químicos de la materia. Movimientos y fuerzas. Energía y sus transformaciones. Interacciones de la materia y la energía.
Sistemas biológicos	Células. Ser humano. Poblaciones. Ecosistemas. Biosfera.
Sistemas terrestres y el universo	Estructuras de los sistemas terrestres. Energía en los sistemas terrestres. Cambio en los sistemas terrestres. Historia de la Tierra. La Tierra en el universo.

PISA utiliza el término ‘sistema’ en lugar de ‘ciencia’ al enumerar los grandes dominios científicos para recalcar la referencia a contextos en los que se da alguna interacción entre componentes físicos, químicos, biológicos, geológicos y tecnológicos.

Los expertos en Ciencias del proyecto PISA consideran que estos son los temas científicos más relevantes, independientemente de su pertenencia

o no a los currículos de los diversos países participantes; ni siquiera se han seleccionado con la pretensión de responder al mínimo común de todos los currículos de los países que participan en el proyecto.

b. Conocimientos sobre la ciencia

PISA 2006 incluye entre los conocimientos científicos el conocimiento y la comprensión de las características propias de la ciencia. Se han considerado tres grandes categorías en el conocimiento sobre la ciencia y se han determinado algunos componentes de cada una de ellas (OECD-PISA, 2005b):

La investigación científica	Origen. Propósito. Observaciones y experimentos. Datos. Medida. Características de los resultados.
Las explicaciones científicas	Tipos. Formación. Reglas. Resultados.
Ciencia, tecnología y sociedad	Papel de la ciencia y la tecnología Relaciones entre la ciencia y la tecnología. Riesgos. Influencia. Desafíos. Límites.

La primera categoría, la investigación científica, se refiere fundamentalmente a cómo los científicos obtienen datos

e información. Abarca aspectos como el propósito de la investigación científica de buscar pruebas para explicar las cuestiones científicas, la distinción entre datos cuantitativos y cualitativos, la incertidumbre en las medidas, la exactitud y la precisión en los instrumentos y procedimientos, o el carácter empírico, contrastable y falsable de los resultados.

La segunda categoría, las explicaciones científicas, se refiere básicamente a cómo los científicos utilizan los datos para obtener conclusiones. Incluye aspectos como los distintos tipos de explicaciones científicas (hipótesis, leyes, teorías, etc.), la importancia de la lógica, la creatividad y la imaginación en la formulación de explicaciones científicas, o la producción de nuevos conocimientos, nuevos métodos y nuevas tecnologías.

Finalmente, la tercera categoría se refiere a la comprensión de la influencia, los límites y los desafíos de la ciencia y la tecnología en la sociedad actual. Incluye aspectos como la contribución de ambas a la resolución de los problemas de la humanidad, las influencias mutuas entre la ciencia y la tecnología, los nuevos problemas creados por el desarrollo científico y tecnológico, o su incapacidad para dar respuesta a muchos de los problemas de la humanidad (OECD-PISA, 2005b).

c. *Las actitudes científicas*

La competencia científica de un ciudadano incluye creencias, orientaciones motivacionales, autoconocimiento, valores,

expectativas y disposiciones relacionadas con la ciencia. Pero a su vez, como ha demostrado la investigación educativa de las últimas décadas, el grado de adquisición de destrezas y de conocimientos científicos por los estudiantes está muy influido por sus actitudes relativas a la ciencia. Además, la aplicación de las habilidades científicas en una situación determinada de la vida real está fuertemente condicionada por la dimensión afectiva. En consecuencia, toda evaluación de la competencia científica debe aproximarse a la valoración de las actitudes científicas y hacia la ciencia de los jóvenes.

PISA 2006 ha incluido de modo explícito la dimensión afectiva en la evaluación de las Ciencias. Dentro de la amplia gama de actitudes científicas que pueden considerarse, PISA valora las actitudes de los estudiantes en tres categorías concretas: el interés por la ciencia, la actitud favorable a la investigación científica y la responsabilidad hacia el desarrollo sostenible (OECD-PISA, 2005a, OECD-PISA, 2005b):

1. *Interés por la ciencia.* Los estudiantes interesados por la ciencia: 1) muestran curiosidad hacia los temas científicos; 2) manifiestan una actitud favorable para adquirir conocimientos y destrezas científicas usando una amplia variedad de recursos y métodos; y 3) también manifiestan una actitud favorable hacia la búsqueda de informaciones científicas e, incluso, hacia estudios posteriores de Ciencias y hacia carreras científicas y tecnológicas.

2. *Valoración de la investigación científica.* Equivale a la adopción de actitudes científicas por los jóvenes. Los estudiantes: 1) valoran la importancia de las perspectivas y los argumentos científicos; 2) valoran el uso de información factual y de investigaciones científicas; y 3) valoran también la importancia de extraer las conclusiones mediante procesos lógicos y rigurosos. Es decir, los estudiantes valoran positivamente, en definitiva, los distintos aspectos del pensamiento científico: el pensamiento creativo, el pensamiento crítico, la argumentación racional, la toma de decisiones basada en pruebas, etc.
3. *Responsabilidad respecto al desarrollo sostenible.* Los alumnos: 1) tienen sentido de responsabilidad por la salud colectiva y por el medio; 2) muestran preocupación por las consecuencias de las acciones individuales sobre el entorno; y 3) manifiestan una disposición decidida a actuar para el mantenimiento de los recursos naturales.

3. Las pruebas de evaluación

Características de las pruebas

La evaluación de las Ciencias en PISA requiere del alumnado la aplicación de destrezas y conocimientos científicos en un contexto cotidiano mediante preguntas que reflejan del modo más realista posible

situaciones comunes de la vida. Se busca con ello averiguar si el conocimiento exigido, sea o no curricular, «ha traspasado el aprendizaje de los hechos aislados y sirve al desarrollo de la competencia científica» (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).

Estructura de las pruebas

Las pruebas de evaluación de las Ciencias en el proyecto PISA se estructuran en varias unidades de evaluación. Cada unidad de evaluación se elabora en torno a una situación de la vida real, que se presenta mediante un texto, una tabla, un dibujo, un gráfico o una ilustración. Se permite así que las preguntas tengan mayor profundidad que si cada una de ellas introdujera un contexto totalmente nuevo.

Una unidad de evaluación se compone de varias preguntas sobre la situación de la vida real ofrecida como material de estímulo inicial. Todas las preguntas, aunque pertenezcan a una misma situación real, se puntúan de manera independiente. Ninguna de las preguntas incluidas en la evaluación de las Ciencias del proyecto PISA requiere ningún tipo de manipulación práctica, ya que todas se presentan por escrito. No obstante, se estudia la inclusión de estímulos presentados de distinta forma para futuras evaluaciones.

Cada pregunta requiere el dominio de uno o varios procesos o destrezas científicos e implica algún tipo de conocimiento científico para su resolución, bien relativo al mundo natural, bien relativo a la ciencia

misma. Las preguntas pueden ser de opción múltiple, de respuesta construida breve, que requieren un solo corrector para lograr una calificación fiable, y de respuesta construida larga, que precisan de varios correctores para puntuarlas de forma fiable de acuerdo con los baremos de calificación establecidos (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).

Las pruebas de evaluación se han elaborado de modo que algunas de las preguntas planteadas conllevan aspectos relacionados con las Matemáticas o con la Lectura, pero ninguna pregunta puede ser respondida correctamente sin algún tipo de conocimiento o destreza adicional de carácter estrictamente científico (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).

Multidimensionalidad de las pruebas

La evaluación de las Ciencias en el proyecto PISA 2006 es multidimensional. Como se ha señalado anteriormente, la dimensión *destrezas* incluye tres categorías con tres componentes cada una. La dimensión *conceptos y conocimientos* contiene tres categorías de conocimientos sobre el mundo natural (con dieciséis componentes) y otras tres categorías de conocimientos sobre la ciencia (también con dieciséis componentes). Sin tener en cuenta la dimensión afectiva, las pruebas deben atender a tres categorías relativas a destrezas y a seis categorías relativas a conocimientos.

Las pruebas de evaluación pretenden cubrir la totalidad de las destrezas y de las áreas de aplicación seleccionadas

de una manera equilibrada. Para ello se ha establecido antes de la elaboración de las pruebas una distribución de los procesos y de las situaciones a la que debe ajustarse el conjunto de las preguntas elaboradas. Por ejemplo, en el proyecto PISA 2006, la distribución de la puntuación total de la prueba según los procesos implicados se atuvo a la siguiente asignación de porcentajes (OECD-PISA, 2005b):

- Identificación de cuestiones científicas 25-30 %
- Explicación científica de fenómenos..... 35-40 %
- Interpretación y uso de pruebas científicas 35-40 %

En el mismo proyecto, la distribución de la puntuación total de la prueba según el tipo de conocimiento científico es la siguiente:

- Conocimientos de ciencia (el mundo natural) 60-65 %
 - Sistemas físicos 20-25 %
 - Sistemas biológicos 25-30 %
 - Sistemas terrestres y el universo..... 15-20 %
- Conocimientos sobre la ciencia 35-40 %
 - Investigación científica..... 10-15 %
 - Explicaciones científicas..... 10-15 %
 - Ciencia, tecnología y sociedad (CTS) 10-15 %

Estos porcentajes representan el peso, en la puntuación máxima de la prueba, de cada categoría de destrezas y conocimientos.

Finalmente las preguntas están agrupadas en torno a unos estímulos que responden a los quince marcos contextuales seleccionados para la evaluación de las Ciencias.

4. La evaluación de las actitudes

La evaluación PISA 2006 incluye la evaluación de las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y la tecnología. Dadas las peculiaridades y las dificultades de la evaluación de las actitudes, el proyecto distingue entre la evaluación de las destrezas y los conocimientos, cuya distribución se ha descrito arriba, y la evaluación de las actitudes, que se valoran y computan de una forma independiente.

El componente afectivo ocupa entre el 15 y el 20 % de la extensión total de la prueba. Las unidades de evaluación incluyen para ello dos tipos de preguntas sobre actitudes: preguntas de opinión, en las que se manifiesta el acuerdo o el desacuerdo con ciertas afirmaciones, y preguntas con formato de Likert, que permiten a los estudiantes expresar el grado de acuerdo o desacuerdo con determinadas actitudes (OECD-PISA, 2005b).

También se obtiene información sobre las actitudes científicas de los estudiantes

mediante los cuestionarios de contexto que se pasan conjuntamente con las pruebas de evaluación. La batería de preguntas al alumno sobre la dimensión afectiva en las Ciencias abarca el autoconcepto del estudiante en Ciencias, su autoeficacia en destrezas científicas, su valoración de las Ciencias, factores emocionales (como disfrute o ansiedad ante los temas científicos), orientaciones motivacionales hacia la ciencia o hacia profesiones científicas, y las actividades científicas extraescolares del estudiante (OECD-PISA, 2005a). Los cuestionarios a los directores de los centros educativos incluyen también preguntas sobre las actividades que lleva a cabo el centro para promover actitudes favorables en los alumnos hacia la ciencia o estimular los intereses de los estudiantes hacia las materias científicas.

5. Escalas de presentación de los resultados

Escalas de presentación de los resultados en destrezas y conocimientos científicos

«Para cumplir los objetivos del proyecto OCDE/PISA es esencial el desarrollo de escalas del rendimiento de los alumnos» (OCDE-MEC-INECSE, 2004b). En el proyecto PISA, la competencia en Ciencias se puntúa en una escala de media 500 y desviación típica 100. Aunque no se identifican niveles de competencia, se ha descrito en las evaluaciones de Ciencias 2000 y 2003 lo que los estudiantes son capaces de hacer en tres puntos determinados

de la escala (OECD, 2004a; MEC-INECSE, 2005):

- *Grado alto.* Los estudiantes con una puntuación en la zona alta de la escala (en torno a 690 puntos) «son capaces de crear o emplear modelos conceptuales sencillos para realizar predicciones o dar explicaciones, analizar investigaciones científicas para captar, por ejemplo, el diseño de un experimento o identificar una de las ideas examinadas, comparar datos para evaluar puntos de vista o perspectivas diferentes, y comunicar argumentos científicos y/o descripciones de manera detallada y precisa».
- *Grado medio.* Los estudiantes con una puntuación en la zona media de la escala (en torno a 550 puntos), normalmente «son capaces de emplear el conocimiento científico para realizar predicciones o dar explicaciones, reconocer preguntas a las que puede responderse mediante la investigación científica y/o identificar detalles de lo que está implicado en una investigación científica y seleccionar información importante a partir de datos contrarios o razonamientos encadenados a la hora de extraer o evaluar conclusiones».
- *Grado bajo.* Los estudiantes con una puntuación en la zona baja de la escala (en torno a 400 puntos), «son capaces de recordar un conocimiento científico simple y objetivo (por ejemplo, nombres, hechos, terminología, reglas simples) y de utilizar el conocimiento científico común a la hora de extraer o evaluar conclusiones».

En la evaluación del año 2006, en el que las Ciencias constituyen el área principal, con lo que se tiene una mayor cobertura de conocimientos científicos y de áreas de aplicación, será posible presentar los resultados en subescalas para cada una de las categorías de destrezas científicas (identificación de cuestiones científicas, explicación científica de fenómenos e interpretación y uso de pruebas científicas). Se prevé, además, delimitar niveles de competencia y presentar escalas de rendimiento en cada una de las dos subdimensiones de la dimensión cognitiva: conocimientos sobre el mundo natural y conocimientos sobre la ciencia (OECD-PISA, 2005b).

Por ejemplo, la escala correspondiente a la destreza *interpretación y uso de pruebas científicas*, podría ser la siguiente (OCDE-MEC-INECSE, 2004b):

- *Grado alto.* Puede comparar datos para evaluar puntos de vista alternativos o perspectivas diferentes; puede comunicar descripciones y/o argumentos científicos de forma detallada y precisa.
- *Grado medio.* Es capaz de seleccionar la información relevante a partir de datos contrarios o razonamientos encadenados a la hora de extraer o evaluar conclusiones.
- *Grado bajo.* Es capaz de usar conocimiento científico común al extraer o evaluar conclusiones.

La presentación, tras la evaluación en 2006, del «rendimiento por grupos

de preguntas de diversas unidades con relación a distintas áreas de aplicación de las Ciencias (...) sería útil para considerar si se ha prestado la atención precisa y suficiente a temas que son objeto de preocupación actual» en los diversos países (OCDE-MEC-INECSE, 2004b).

Escalas de presentación de los resultados relativos a las actitudes científicas

Aunque las respuestas actitudinales de los estudiantes en la evaluación de las Ciencias PISA 2006 se relacionarán, en la medida de lo posible, con sus niveles de competencia, las puntuaciones en los ítems relativos a la dimensión afectiva no se incluirán en la puntuación global de competencia científica. Sin embargo, las tres actitudes (interés por la ciencia, actitud favorable a la investigación científica, responsabilidad respecto al desarrollo sostenible) constituirán un componente de la competencia en Ciencias. Por ejemplo, la escala de rendimiento para la tercera actitud enumerada podría ser la siguiente (OCDE-MEC-INECSE, 2004b):

- *Grado alto.* Demuestra sentido de responsabilidad personal hacia el desarrollo sostenible, con independencia de las acciones de otros.
- *Grado medio alto.* Demuestra algún compromiso, pero su apoyo está condicionado a la cooperación de otros.
- *Grado medio bajo.* Identifica las medidas que se podrían adoptar, pero prefiere soluciones a corto plazo a la sostenibilidad a largo plazo.

- *Grado bajo.* Muestra escaso compromiso hacia el desarrollo sostenible; favorece el desarrollo a costa de la sostenibilidad y del medio.

Referencias

- INCE: *Conocimientos y destrezas para la vida. Primeros resultados del Proyecto PISA 2000.* Madrid, Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2002.
- INECSE: *Aproximación a un modelo de evaluación: el proyecto PISA 2000.* Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2004.
- MEC-INECSE: *Evaluación PISA 2003. Resumen de los primeros resultados en España.* Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 2004.
- MEC-INECSE: *Resultados en España del estudio PISA 2000. Conocimientos y destrezas de los alumnos de 15 años.* Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 2005.
- OCDE: *Connaissances et compétences: des atouts pour la vie. Premiers résultats de PISA 2000.* OCDE, 2001.
- OCDE: *PISA 2003. Manual de análisis de datos.* OCDE, 2003.
- OCDE-MEC-INCE: *La medida de los conocimientos y destrezas de los alumnos. Un nuevo marco para la evaluación.* Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2000.
- OCDE-MEC-INCE: *La medida de los conocimientos y destrezas de los alumnos. La evaluación de la Lectura, las Matemáticas y las Ciencias en el Proyecto PISA 2000.* Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2001.
- OCDE-MEC-INECSE: *Aprender para el mundo de mañana. Resumen de resultados. PISA 2003.* Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 2004.
- OCDE-MEC-INECSE: *Marcos teóricos de PISA 2003. Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de problemas.* Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 2004.
- OECD: *Learning for Tomorrow's World. First Results from PISA 2003.* OECD, 2004.
- OECD: *First Results from PISA 2003 Executive Summary.* OECD, 2004.
- OECD-PISA: *Contextual framework for PISA 2006.* 2005.
- OECD-PISA: *PISA 2006. Scientific literacy framework.* 2005.

¿Qué ciencia
se enseña?
¿Qué ciencia
se debería
conocer?

Contradicciones del sistema educativo

Intervención de José González López de Guereñu

Profesor del Instituto de Enseñanza Media San Fernando (Madrid)



Los planteamientos teóricos para mejorar el sistema educativo de los equipos de expertos en educación y los especialistas que se reúnen en los congresos sobre estos temas se encuentran a menudo totalmente desligados de la realidad de las aulas. Sus propuestas, aun estando bien elaboradas, no acaban calando en el día a día del profesorado, que ante las nuevas «modas» acaba por tener una opinión más bien escéptica, cuando no negativa, de los continuos cambios estructurales y de nomenclatura psicopedagógica. En gran medida, las nuevas propuestas, leyes y medidas, planteadas con buena intención, acarrearán un buen número de contradicciones. Veamos algunas:

Primera contradicción. Mejores condiciones, mayor fracaso

Siempre se argumentó que las causas del fracaso escolar residían en la pobreza de medios, la aglomeración en las aulas, libros y metodología aburridos, etc., pero hoy día las condiciones actuales son mejores: hay más medios, menos *ratio* de alumnos por aula, libros más atractivos y con una elevada carga gráfica, una metodología más activa (por desgracia, no en todos los casos), etc., y, sin embargo, la sensación de fracaso es mayor.

La causa no está tanto en los medios materiales como en los cambios de valores

de nuestra sociedad, la baja implicación de los padres en la educación de sus hijos y el desánimo y acomodamiento de cierta parte del profesorado ante la situación actual.

Segunda contradicción. Más contenidos en ciencia, menos horas lectivas

Los nuevos descubrimientos, los avances de la ciencia en estas últimas décadas, las nuevas tendencias CTS (Ciencia, Tecnología, Sociedad) en educación que dan valor a la implicación de la ciencia en la vida cotidiana, hacen que el currículo de Ciencias haya engrosado respecto al «clásico» de los años sesenta. Sin embargo, en los últimos planes de estudio (tanto en la LOGSE como en la LOCE y en la actual LOE) el número de horas dedicadas a la ciencia en el calendario escolar ha disminuido. Para agravar el panorama, tanto la Física-Química como la Biología-Geología de 4.º de ESO no son obligatorias (el panorama de la LOCE aún era peor, se llevaba la optatividad en Ciencias a 3.º de la ESO) y en el curso de 2.º de Bachillerato de Ciencias, se lo crean o no, las Matemáticas y la Física son optativas!

Tercera contradicción. Nuevas «competencias», todo sigue igual

La Unión Europea propone que los alumnos logren unos objetivos muy ambiciosos: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir, aprender a ser.

En la LOE se recoge esta filosofía en forma de «competencias básicas»: comprensión lectora, expresión oral y escrita, competencia científico-tecnológica, comprensión artística y audiovisual, competencia digital, competencia ético-cívica.

Pero formular filosofías hermosas no vale de nada si no se logra algún mecanismo para que el profesor las incorpore a su quehacer diario. Y uno de los más eficaces sería la evaluación concreta de dichas competencias, algo que por desgracia no se contempla por el momento.

Si no se lleva a cabo alguna forma de evaluación, la ley será muy progresista, pero la mayoría del profesorado lo verá como la «última moda» y no calará ni en su programación ni en su metodología.

Convendría recordar que en los inicios de la Reforma promovida por el PSOE en los ochenta existían los «Objetivos generales» que tenían que ser evaluados desde las distintas materias y que eran la llave para superar la ESO. Los padres recibían en el boletín de calificaciones las notas «clásicas» de Matemáticas, Lengua, etc., pero también las de «Expresión oral y escrita», «Hábito racional de trabajo», «Razonamiento lógico», etc., que ofrecían una radiografía del alumno mucho más precisa que la habitual.

Cuarta contradicción. Fomento de la creatividad versus exámenes repetitivos

España entera se ha escandalizado con los resultados del Informe PISA.

Si analizamos los resultados con cuidado observaremos que estamos cerca de la media, los resultados no son tan catastróficos, son simplemente mediocres. Sin embargo, hay un dato preocupante: no tenemos ese grupo de alumnos por encima de la media que sí tienen otros países, esos alumnos de *excelencia*, brillantes y creativos. De hecho, en un estudio de creatividad en investigación en centros de investigación y empresas, España muestra un nivel muy bajo (37 puntos frente a los 65 de algunos países). Ahí sí estamos a la cola y la razón estriba en esa metodología que no cambia, en los planteamientos clásicos que predominan en la educación.

Por poner un ejemplo que todos conocemos: ¿cómo es posible que la ley diga que hay que potenciar la creatividad y después se evalúe la prueba de acceso a la universidad con problemas absolutamente clásicos, repetitivos, sin análisis de gráficas, sin control de variables, sin experimentos?

Los alumnos estudian en función de lo que se les pregunta en los exámenes, y así nos va.

Quinta contradicción. Metodología activa versus oposiciones y CAP teóricos

Sin buenos profesores no hay buena educación. Actualmente hay dos problemas básicos en torno a la formación del profesorado:

- a) La carrera de Magisterio es de tres años, con buena formación pedagógica y claramente insuficiente en la formación científica.
- b) El segundo problema es la formación pedagógica de los futuros profesores de secundaria, prácticamente inexistente en la actualidad (hoy día el CAP incluso se puede hacer a distancia en algunas universidades).

Menos mal que existe un plan del Ministerio actual que propone un año más para Magisterio y un año completo de formación para el que quiera ser profesor de secundaria. Pero ese año sería insuficiente si se limita a impartir los presupuestos teóricos de la psicopedagogía, si no aborda los problemas prácticos, las actividades experimentales, las prácticas reales en los IES bajo la tutoría de los buenos profesores de enseñanzas medias, que los hay, y no el simulacro actual de formación que no vale para nada en la mayoría de los casos.

Esta es una llamada de atención a los diversos agentes de la educación en España, una invitación a un debate más real y menos teórico de los responsables con los profesores en activo y no tanto con la «casta endogámica» de especialistas que, en gran número, han abandonado el aula para pasar a «dar lecciones» a los profesores que siguen en ellas.

¿Qué ciencia debería enseñarse en la enseñanza preuniversitaria?

Intervención de Juan Manuel Alaminos

Catedrático de Física. Universidad Complutense



Aunque no soy experto en enseñanza preuniversitaria, en los últimos diez años he impartido docencia en el primer curso de Físicas de la UCM y sobre la base de esa experiencia me atrevo a enfrentarme con la pregunta. En primer lugar, quiero decir claramente que no estoy de acuerdo con la frase tantas veces oída de que los estudiantes llegan ahora a la universidad peor preparados que antaño. Naturalmente, sus conocimientos no son los mismos; de hecho, en ciertas áreas sus conocimientos han pasado de prácticamente cero a un nivel apreciable; por ejemplo, entienden razonablemente inglés y se manejan muy bien en informática. No quiere esto decir que no pudieran venir mejor preparados: en lo que sigue haré algunas sugerencias personales sobre posibles mejoras. Quizá hay que subrayar que estas sugerencias van más bien encaminadas a la consecución de una formación científica básica para todos los ciudadanos que a adelantar conocimientos a los estudiantes que pretendan seguir una carrera científica o técnica, aunque creo que estos últimos también se beneficiarían de ellas.

Mi primera reflexión va encaminada a remediar una carencia que se advierte en un buen número de estudiantes a su llegada a la universidad: la de conectar el mundo de la ciencia, y de la enseñanza de la misma, con la realidad. Lo ilustro con dos ejemplos: un estudiante resuelve un problema de mecánica donde se le pide

el radio de una órbita electrónica en un átomo y contesta 5,2 metros. No es grave que cometa un error de cálculo, pero sí lo es que no se sorprenda del resultado. La moraleja, y la sugerencia, es que se debe dedicar especial atención a familiarizar a los estudiantes con los órdenes de magnitud de las cosas. Tomaré el segundo ejemplo de la estadística: ante la afirmación «Los holandeses son el pueblo más alto de Europa», he escuchado a alguien replicar: «No lo creo, porque yo conozco a un holandés y es muy bajo». Mi sugerencia es que se dedique más atención al significado de los datos estadísticos.

Una segunda reflexión atañe al desarrollo relativo de las diversas facultades de la mente con respecto a la actividad científica. Tengo la impresión de que la enseñanza habitual dedica un gran esfuerzo al desarrollo de las capacidades deductivas de los estudiantes. Nada tengo en contra de ello: muy al contrario, considero que el desarrollo de una mente racional y ordenada es un componente esencial de la educación en el campo científico. No obstante, creo que ese desarrollo no debe hacerse a expensas de otra capacidad no menos importante: la de la intuición. El progreso de la ciencia muy pocas veces tiene lugar por un proceso puramente deductivo. Por el contrario, la intuición, guiada por la inteligencia, es con mucha frecuencia la que genera el paso adelante decisivo.

Este papel de la intuición no solamente está presente en las Ciencias de la Naturaleza, sino que alcanza a las Matemáticas; en efecto, los grandes teoremas de las Matemáticas se han iniciado generalmente con lo que se denomina una conjetura, habiendo quedado la demostración rigurosa pospuesta, a veces hasta siglos después. Y como bien señala Feynman, el nombre que históricamente ha quedado asociado al teorema es el del matemático que hizo la conjetura, no el del que hizo la demostración.

Al hilo de la reflexión anterior, quiero hacer otra, también relacionada con la metodología de las Ciencias de la Naturaleza. El avance de estas Ciencias está en muy buena parte basado en la observación y la experimentación. Por ello es necesario inculcar a los estudiantes desde el principio su curiosidad por el mundo de alrededor e iniciarle en estas dos actividades. Ello es muy sencillo en el terreno de la Biología y Geología, ya que la enseñanza de campo despierta siempre interés, más aún en estos momentos de gran impacto de la ecología. Pero también la experimentación en Física y Química es importante: mi única sugerencia aquí es que, en lo posible, se trate de mostrar (o hacer realizar) experimentos que estén conectados con ideas atractivas y sugerentes. Por ejemplo, es difícil pensar que hacer experimentos en el plano inclinado puede despertar un interés científico profundo, pero un experimento de efecto fotoeléctrico, que en sí mismo no es más difícil de realizar, permite introducir la idea cuántica de fotón y, a partir de ella, un sinfín de conexiones.

Respecto a contenidos específicos, es importante recordar que el tiempo de enseñanza, y la capacidad de atención de los estudiantes, es finito y que, por tanto, todo lo nuevo que se introduzca en el currículo deberá compensarse extrayendo del mismo contenidos de amplitud equivalente. A título de ejemplo, en la disciplina que mejor conozco, la Física, creo que podrían sacrificarse sin gran problema muchos de los contenidos de mecánica actuales (desde el plano inclinado hasta el movimiento de rotación y similares) dando entrada, en cambio, a aspectos más cercanos al mundo real de interés para los estudiantes, tales como la ciencia subyacente en el almacenamiento de información, así como su lectura y su transmisión.

Una última reflexión concierne a la enseñanza interdisciplinar. Creo que es esencial que desde el principio de su formación los estudiantes entiendan que la ciencia es una y que su división en Física, Química, Biología, etc., es solamente una cuestión de conveniencia, cuidando que el diferente vocabulario utilizado habitualmente en una u otra disciplina no se transforme en una barrera impenetrable al tránsito entre las mismas. Mi sugerencia es la de que se insista todo lo posible en temas interdisciplinarios. Hay que buscar sin cesar puntos de encuentro: en este sentido, el razonamiento basado en la generalidad de la tabla periódica, incluso en el universo, puede ser muy útil. La descripción desde la nomenclatura y la metodología de la Física y de la Química de los átomos

y las moléculas puede ser otro buen ejemplo. En los cursos más avanzados podría introducirse la importante idea de los niveles de agregación, que hacen que para estudiar reacciones químicas pueda uno olvidarse del núcleo de los átomos, y que también hacen que no tenga sentido plantearse encontrar las leyes de Mendel a partir de la ley de Coulomb, aunque no existan dudas de que aquellas están basadas en interacciones que, en último término, están controladas por esta última.

En resumen, creo que, en una primera aproximación, nuestros estudiantes siguen llegando razonablemente formados a la universidad. Puede, y debe, no obstante, hacerse un esfuerzo en mejorar su instrucción en materia científica y algunas sugerencias concretas se indican más arriba. Respecto a aspectos más generales, tales como el número de horas relativas a otras disciplinas o la obligatoriedad o no de determinados cursos, entiendo que la única posibilidad de un análisis desapasionado, que no se reduzca a un forcejeo entre disciplinas, es la constitución de una comisión de alto nivel (nunca de una comisión formada por «representantes» de las diversas disciplinas, que únicamente llegarían a acuerdos de reparto de horas) donde personas responsables de la cultura, la ciencia y la empresa, tras consultar con expertos, dictaminasen algunas reglas generales. Este tipo de comisión funciona muy bien en los países anglosajones y no veo por qué no podría hacerlo en el nuestro.

¿Qué conocimientos sobre historia de la ciencia deberían tener los estudiantes?

Intervención de José Manuel Sánchez Ron
Universidad Autónoma de Madrid.



La historia ha sido una de las asignaturas básicas de cualquier programa de estudios en la enseñanza media o secundaria. No así la historia de la ciencia, que únicamente ha aparecido, si es que lo ha hecho, como añadido las más de las veces, probablemente, anecdótico, en los cursos de filosofía o de ciencias. En mi opinión esta situación es insatisfactoria, y no solo, ni siquiera, acaso, principalmente, en lo que se refiere al estudio de las asignaturas científicas, sino también en otras como la historia y la filosofía. Comenzaré por estas, por el papel de la historia de la ciencia en asignaturas «humanísticas», por denominarlas de alguna forma.

La historia de la ciencia en los textos de historia

No es posible comprender la historia de la humanidad sin incluir entre sus elementos, y de manera muy destacada, a la ciencia, la principal fuerza innovadora creada por los humanos. Semejante manifestación se aplica, en general, desde los orígenes de la humanidad hasta el momento actual, pero ha sido mucho más evidente desde el siglo XIX. Ahora bien, cuando se consultan los libros de historia general, sean éstos del nivel que sean, encontramos que lo que prima en ellos son los gobernantes, militares y regímenes políticos. En mi opinión, es imperativo que los libros de texto de historia del bachillerato

corrijan esta situación. Los jóvenes deben aprender en los libros de historia que sin la ciencia y la tecnología no nos distinguiríamos mucho de nuestros antepasados de hace milenios, ni en la materialidad y duración de nuestras vidas, ni tampoco en nuestras creencias y algunos de los valores que más apreciamos. En consecuencia, en esos textos se deberían incluir apartados como los siguientes:

- La importancia de la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII, período en el que se establecieron los fundamentos del método científico moderno, y ello no solo en las ideas (Copérnico, Vesalio, Kepler, Galileo y Newton), sino también en lo institucional (fundación de las primeras sociedades y revistas científicas modernas: Royal Society, Académie des Sciences, Philosophical Transactions de la Royal Society).
- Dimensión científica de la Revolución Francesa, deteniéndose en episodios como la relación del nuevo régimen con instituciones del antiguo, como la Academia de Ciencias, al igual que con científicos (Lavoisier, Condorcet, Laplace, Monge); la implantación –y los motivos– de un nuevo sistema (métrico) de pesas y medidas; nuevas instituciones educativas creadas (École Polytechnique). Entendida como una continuación de la Revolución, también debería tratarse la relación de Napoleón

con la ciencia y los científicos, incluyendo su célebre expedición a Egipto, en la que se encontró la piedra Rosetta.

- La revolución social propiciada a partir del siglo XVIII y durante el XIX por la introducción de la máquina de vapor, un episodio en el que ciencia (termodinámica), técnica, sociedad, industria y economía se relacionan con especial transparencia.
- Las revoluciones que en el campo de la medicina y el electromagnetismo tuvieron lugar durante el siglo XIX. La fisiología decimonónica. La introducción de las técnicas de asepsia (Lister). La teoría microbiana de la enfermedad (Faraday y Koch). Faraday y las relaciones entre electricidad y magnetismo. La teoría del campo electromagnético de Maxwell. La primera gran revolución en las comunicaciones: telegrafía con hilos y sin hilos.
- Darwin y *El origen de las especies*. Impacto social e ideológico.
- El siglo XX como «el Siglo de la Ciencia». «Einstein, el personaje del siglo XX». Relatividad y física cuántica y sus consecuencias sociales. Las dos guerras mundiales y la ciencia. El papel de la energía nuclear en la segunda mitad del siglo. Ciencia y Guerra Fría. La Era de la Información (computadoras, transistores, chips, Internet). La revolución del ADN.

La historia de la ciencia en los textos de filosofía

Pasando ahora a la filosofía, sería conveniente (aunque menos importante que en los libros de historia) que en ellos se trataran cuestiones del tipo de las siguientes:

- La ciencia en la civilización griega. Aristóteles como científico. Euclides y la exactitud de la matemática. Pitágoras y los números irracionales. Arquímedes, matemática y física a propósito de su famoso principio.
- La Revolución Científica y la «dimensión filosófica» de Copérnico, Kepler, Galileo y Newton. Espacio y tiempo absolutos en la física newtoniana. Ideas religiosas de Newton y la relevancia de estas para su física. La polémica Clarke (Newton)-Leibniz.
- Vitalismo frente a fisiología en la medicina del siglo XIX.
- Las consecuencias filosóficas de la relatividad einsteniana: espacio, tiempo, masa, energía.
- Las consecuencias filosóficas de la mecánica cuántica: causalidad, probabilidad, realismo.
- La ciencia del siglo XX y la metodología de la ciencia (Círculo de Viena y positivismo lógico, Popper, Kuhn y Lakatos).
- Implicaciones filosóficas de los avances en la biomedicina del siglo XX.

La historia de la ciencia en los textos de ciencias

Pasando ahora al papel de la historia de la ciencia en los libros de texto de ciencias, nos encontramos con un primer y gran problema: no tiene por qué ser ese papel el mismo en un texto de física que en uno de química, matemáticas, biología o ciencias naturales. Debido a ello, intentaré comentar por separado, y poner algunos ejemplos, de cada una de estas asignaturas. Antes, sin embargo, efectuaré un comentario de índole general.

Los libros de texto de asignaturas científicas no deben necesariamente pretender incluir en ellos resúmenes de *toda* la historia de la ciencia que explican. Si se ocupan de cuestiones históricas es para que los alumnos comprendan mejor la ciencia en cuestión. Ni tampoco deben esforzarse en utilizar los criterios que seguiría un historiador de la ciencia. Para comprender realmente lo que hizo, por ejemplo, Newton en sus *Principios matemáticos de la filosofía natural* es necesario detenerse a explicar la matemática que empleó; esto es, la versión del cálculo infinitesimal denominada «cálculo de fluxiones». Ahora bien, esto no es necesario, ni siquiera, creo, conveniente, para un libro de texto de física.

Establecido este punto, a continuación presentaré algunos ejemplos de casos concretos pertenecientes a la historia de la ciencia que deberían utilizarse en la enseñanza de las diferentes asignaturas científicas.

Matemáticas

- Historia de la demostración del teorema de Pitágoras.
- Contenidos y significado de los *Elementos* de Euclides.
- Aportaciones de Arquímedes, entendidas como puente entre las matemáticas y la física.
- La creación del cálculo diferencial e integral: Newton y Leibniz.
- Una fundamentación más precisa del cálculo infinitesimal: Cauchy y la noción de límite.
- La creación de los números transfinitos: Cantor.
- Problemas en los fundamentos de la matemática a finales del siglo XX: Russell, Frege, Hilbert y Gödel.
- La máquina de Turing.
- El sorprendente poder de las matemáticas en la descripción de la naturaleza: de Arquímedes y Pitágoras a Poincaré, Einstein, Dirac y Wigner.

Física

- Las observaciones astronómicas realizadas por Galileo en 1609 y la importancia que estas tuvieron en el establecimiento del sistema copernicano y el derrumbe del aristotélico-ptolemaico.

- Reconstrucción del camino que llevó a Newton al establecimiento de la ley de la gravitación universal. Acción a distancia, espacio y tiempos absolutos en la física newtoniana. Explicación del experimento del cubo de Newton y el papel de este experimento en la idea de espacio absoluto.
- Newton *versus* Descartes. Espacio vacío frente al *plenum* cartesiano.
- Electricidad *versus* magnetismo: Oersted, Ampère, Faraday y Maxwell. La noción de campo.
- De Maxwell y Lorentz a Einstein: la relatividad.
- De Bunsen y Kirchhoff a la mecánica cuántica.
- Modelos atómicos, desde Dalton a Gell-Mann.
- El descubrimiento de la expansión del universo.

Química

- La revolución química de Lavoisier. La calcinación y la combustión. La nueva nomenclatura química.
- El papel de la química en la revolución fisiológica del siglo XIX.
- La química orgánica, tintes, abonos y medicamentos.
- Ideas sobre el enlace químico en los siglos XIX y XX. La química cuántica.

- La estructura de cristales y la difracción de rayos X.
- Un ejemplo sobre la química de la atmósfera: agujeros en la capa de ozono.

Biología y ciencias naturales

- Clasificando las especies: Linneo, Buffon y Cuvier.
- El uniformismo en geología: Lyell.
- De Lamarck a Darwin. *El origen de las especies*. El problema de la herencia para Darwin. Mendel y la teoría «atómica» de la herencia.
- Thomas Morgan, mutaciones y la mosca *Drosophila*.
- El ADN: de Garrod a Watson y Crick.
- Rachel Carson, *Primavera silenciosa* y la conservación del medio ambiente.

¿Es adecuada la optatividad de las Ciencias en el último curso de la ESO? ¿Debería ser una materia obligatoria?

Intervención de Vicente Riviere Gómez

Subdirector general de Relaciones con las Administraciones Territoriales



Es difícil saber qué va a pasar con la enseñanza de las Ciencias dentro de varios años, porque no todo lo que ocurre con la enseñanza de las Ciencias, como con ningún otro aspecto de la enseñanza, tiene como único factor desencadenante las normas o las leyes educativas o sus desarrollos. Por eso, me voy a centrar en qué aspectos, que se recogen explícita o implícitamente en la ley, o en los que se está pensando para su desarrollo, tiene incidencia directa o pueden tenerla en la enseñanza de las Ciencias.

Yo creo que partimos de un análisis parecido, en cierto modo, a muchas de las cosas que se han dicho. Es decir, no se puede hablar de satisfacción en relación con la enseñanza de las Ciencias. Hay quizá algunos matices que convendría aclarar. Partimos de la idea de que los problemas que hay en la enseñanza de las Ciencias, como los problemas que hay en otros aspectos de la enseñanza, no se centran en la Educación Secundaria Obligatoria, sino que empiezan en la Educación Primaria, y muchas de las cosas que ocurren en la Educación Secundaria Obligatoria son todos traídos de ríos de la Educación Primaria y tienen, además, consecuencias también en el bachillerato.

Cada una de las etapas tiene una naturaleza diferente y, por tanto, en cada una de ellas las actuaciones que se pueden llevar a cabo desde la administración

en cuanto al planteamiento, a la organización del sistema, son distintas.

En definitiva, en lo que se refiere a actuaciones globales del sistema, que son las que competen al Ministerio de Educación, otra cuestión es la dotación de los centros, o cuestiones así, que tienen que ver con otros niveles de decisión. En lo que se refiere a la estructura general del sistema a partir de esa idea general de que hay una cierta insatisfacción respecto a la enseñanza de las Ciencias, tanto en la enseñanza obligatoria como en la enseñanza posobligatoria, en el bachillerato, se trata de actuar en esos dos niveles: por una parte, con acciones que refuercen la presencia, la forma de hacer las cosas en la enseñanza obligatoria y, por otra parte, introduciendo una formación científica para todos en el bachillerato.

Me voy a centrar en algunos aspectos de cada uno de estos dos ámbitos y supongo que luego en el coloquio podrá salir alguna cuestión añadida.

En lo que respecta a la enseñanza obligatoria, por mandato de la propia ley que acaba de aprobarse y porque en este momento no se puede hacer de otra forma en la cuestión de qué es lo que se intenta conseguir cuando se enseña, tenemos la necesidad de empezar a hablar en términos de competencias básicas.

La ley introduce las competencias básicas como un elemento clave en la definición

de lo que algunos llaman las «intenciones educativas», es decir, lo que debemos perseguir. Competencias básicas que, en buena medida, se entienden de la misma forma en la que se ha entendido esta mañana la evaluación. Pero que no se reducen a la evaluación y, por tanto, en la medida en que se incorporan al currículo, deberían ser una de las fuentes, sino la fuente primordial, para tomar todas las decisiones en el currículo, en cuanto a que las distintas administraciones determinen el currículo a partir de esa definición de las competencias básicas, en las programaciones de los centros, en la selección de actividades, en la selección de materiales didácticos, incluso en la organización de los centros. Las competencias básicas, es decir, lo que se pretende que configure a todos los ciudadanos del futuro, deben ser el elemento principal de análisis a la hora de tomar las decisiones en todos esos ámbitos.

Es decir, todo aquello que contribuye a las competencias básicas, en la medida en que son básicas, es inexcusable para el sistema y, por tanto, el sistema tiene que garantizar, por todos los medios a su alcance, que todos los alumnos desarrollen esas competencias básicas.

Un elemento importante tiene que ver con el propio concepto de competencia. Hay muchas definiciones distintas de competencia, da igual cuál se adopte. Pero todas ellas comparten algunos aspectos que son esenciales y que precisamente

le asignan esta virtud: la de ser, fundamentalmente, formas de expresar la actuación que se pretende de los futuros ciudadanos, de manera que no enseñamos solo para que sepan cosas, sino que enseñamos para que tengan una competencia y estén, efectivamente, en condiciones de ejercerla. Es decir, para que sean capaces de analizar situaciones o de predecir y que, en cualquier situación en la que tengan que hacerlo, lo hagan porque, además de tener las ideas que permiten esa predicción, son capaces de manejar las destrezas que lo hacen posible y, además, tienen una disposición personal que les permite hacerlo.

Esa integración de conocimientos de distinto tipo y, por otra parte, la posibilidad de aplicar esas competencias en distintos ámbitos, es lo que les da un valor en la definición de las intenciones cuando nosotros queremos enseñar algo.

En el caso de la enseñanza de las Ciencias, en este momento se está en proceso de definición de cuáles son las competencias básicas que deben constituir el currículo español. Hay algunas, evidentemente, que tienen más que ver con la enseñanza de las Ciencias. Algunas obvias, como las que se refieren al conocimiento del mundo físico y a la interacción con el mundo físico, con el mundo físico en términos amplios, es decir, con lo no social, por decirlo de alguna forma, con lo no social ni moral, aunque hay siempre superposiciones.

Todo lo concerniente al conocimiento y la interacción con el mundo físico tiene que ver con la enseñanza de las Ciencias. Pero también otras muchas competencias que no se relacionan directamente con el mundo físico y tienen un carácter más transversal dan sentido a una parte importante de la enseñanza de las Ciencias.

Cuando hablamos de «aprender a aprender», por ejemplo, una competencia que aparece en los listados de competencias básicas que se manejan, en el caso del aprendizaje de las Ciencias tiene algunos aspectos distintivos. El aprendizaje de las Ciencias, evidentemente, no es un aprendizaje exclusivamente escolar, es un aprendizaje que, durante el periodo escolar y en el periodo posescolar, se realiza a partir de experiencias personales y a partir de informaciones que provienen de distintos ámbitos: medios de comunicación, ficción, divulgación, etc.

En el caso del aprendizaje de las Ciencias, el «aprender a aprender» significa, por ejemplo, que tenemos que enseñar a gestionar toda esa cantidad de información que le va a venir al futuro ciudadano. Es decir, estamos preparando ciudadanos para que sean capaces de aprender a lo largo de toda su vida, y la vida es mucho más larga que el periodo escolar, y durante toda esa vida no escolar los futuros ciudadanos van a recibir informaciones de todo tipo y van a tener experiencias de todo tipo. Tenemos que ser capaces de darles las herramientas que les permitan gestionar

toda esa información e integrarla en términos científicos, es decir, que no se convierta en una agregación de conocimientos sin relación, sin criterio para distinguir lo plausible de lo no plausible.

Ese carácter distintivo, que en el caso del periodo escolar se transforma en que, evidentemente, cualquier profesor de Ciencias tiene que gestionar la relación que hay entre lo que enseña y lo que los alumnos han aprendido fuera, se hace mucho más importante para el futuro.

Otras competencias, como el tratamiento de la información, tienen también un carácter distintivo en el caso de las Ciencias. La información que se maneja relacionada con las Ciencias tiene unas características determinadas. De manera que, en definitiva, el desarrollo de las competencias básicas no solo implica ser capaz de analizar, predecir, resolver problemas, etc., relacionados con el mundo científico, el mundo de la naturaleza, el mundo de los objetos; sino también ser capaz de gestionar la información que se maneja en torno a esas cuestiones.

La segunda carencia grave detectada en el sistema educativo es, evidentemente, que en la enseñanza posobligatoria la formación común que reciben los alumnos, es decir, la enseñanza posobligatoria de carácter generalista, o sea, el bachillerato, tiene exclusivamente, o casi exclusivamente, una carga asociada a lo que se viene a llamar humanidades. Esta situación se da desde hace 35 años, es decir, desde que desapareció el bachillerato preuniversitario, en el que

había un curso de Biología entre los años 63 y 70, también para los alumnos de letras.

Desde entonces estamos en una situación en la que se considera que la formación común, general, que deben alcanzar los bachilleres no necesita tener carácter científico. Estoy hablando de las personas a las que se les debería dar una formación que les permita enfrentarse, bien en el ámbito académico o bien fuera de él, a problemas más complejos de los ordinarios, es decir, personas a las que en principio se les pretende dotar de una mayor capacidad de juicio crítico y de información.

La propuesta que se hace es incluir una materia, que se ha llamado «Ciencias para el mundo contemporáneo». A grandes rasgos voy a dar algunas de las claves que se han manejado a la hora de definir esta materia.

Esas claves, en cierto modo, se reflejan en las reacciones que ha habido por parte de los profesores cuando el Ministerio ha propuesto esta materia. Reacciones que, básicamente, en la mayor parte de los casos, se expresaban con un «según cómo, depende, si usted me va a quitar horas, entonces no, si va a sustituir tal materia, entonces sí».

En principio, se ha pretendido configurar una materia de carácter estrictamente científico, es decir, una materia en la que contenidos asociados a la filosofía de la ciencia, a la relación de la ciencia con la sociedad, a la historia de la ciencia,

a la teoría de la ciencia o del conocimiento, en general, tengan el papel que merecen en la medida en que contribuyen al objetivo fundamental, que es garantizar una formación científica mínima en los estudiantes de bachillerato y común a todos ellos.

Es decir, garantizar que a un alumno, a un ciudadano al que se le da un título que significa que tiene una formación superior a la mínima, se le enseñe también algo más de ciencia que lo mínimo. De manera que la formación cultural básica de estos ciudadanos que reciben esa formación superior a la mínima incluya también una formación científica. Por lo tanto, es una materia de Ciencias, en principio impartida por profesores del ámbito de las Ciencias y dirigida estrictamente a los objetivos que acabo de marcar. Es decir, el perfil del profesorado en el que se ha pensado en todo momento es del ámbito de las Ciencias.

Es cierto que hay algunas dificultades para implantar una materia de este tipo. Dificultades que provienen del hecho de que en esta materia se impartirán contenidos científicos a alumnos que han estudiado Física y Química, Biología y Geología, Matemáticas, de las que llamamos B, en 4.º de la ESO, y, simultáneamente, a otros alumnos que no han estudiado ninguna materia científica ni, si queremos llamarlo así, paracientífica, en el curso anterior y, por tanto, su manejo de determinadas ideas y herramientas será bastante más limitado.

Tal circunstancia ha de condicionar la definición de esta materia. Condicionarla en términos de que hay que graduar adecuadamente el papel de lo simbólico. Los símbolos matemáticos o químicos deberán tener un papel relativamente reducido en una materia de esta naturaleza que, sin embargo, deberá asumir una fuerte carga de formación para preparar a los alumnos a entender las cosas y a que estén dispuestos a querer entenderlas. De manera que, en la medida de lo posible, hagamos que esa parte de la población que hasta ahora se encontraba apartada de las Ciencias desde los 14 o 15 años tenga otra ocasión de acercarse a contenidos científicos y sea capaz de manejarse adecuadamente con determinadas ideas científicas.