

# Otras Voces

## ¿Cómo empezar?

*Reflexiones y comentarios de João Praia en torno al capítulo 3*

En la propuesta de trabajo que hemos desarrollado en el libro *“Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências”* (Cachapuz, Praia y Jorge, 2002), consideramos que existen tres momentos clave en la orientación de aprendizaje como investigación (ensino por pesquisa):

1. Problematización.
2. Aplicación de las metodologías de enseñanza.
3. Evaluación del aprendizaje y de la enseñanza.

Cabe señalar que se trata de momentos que no se organizan de acuerdo con una secuencialidad estricta, sino que se articulan en ciclos de enseñanza-aprendizaje, para posibilitar los retornos que el profesor considere necesarios.

El capítulo que estamos comentando (“¿Cómo empezar?”) corresponde al primer momento, que hemos designado como problematización, que constituye un elemento clave en esta perspectiva de enseñanza y en el que encontramos tres polos en interacción recíproca:

i) El polo del currículo, que representa los saberes de naturaleza diversa considerados esenciales para la formación de los estudiantes y que incluye conocimientos conceptuales, capacidades, actitudes y valores. Este currículo, que puede ser más o menos flexible, debe ser presentado en sus líneas maestras a los estudiantes, explicitando los saberes que se espera lleguen a alcanzar. Ello no sólo favorece una visión estructural y dinámica del currículo por parte del profesor, sino que también ayuda a los alumnos a fijar cuadros de referencia para sus aprendizajes.

ii) El polo de los saberes académicos, personales y sociales que los alumnos ya poseen (en un momento dado de su escolaridad) y que en modo alguno se limitan a sus ideas previas (como parecía admitirse en el modelo de aprendizaje como cambio conceptual). Tales saberes contemplan conocimientos, capacidades, actitudes y valores, incluyendo capacidades en el dominio del pensamiento (cognitivas y metacognitivas), que el alumno revela poseer (o no). Dichos saberes pueden ser más o menos congruentes con los previstos en el currículo intencional, lo que repercutirá en la mayor o menor tensión existente

entre ambos polos. Es además posible que tales saberes sean diversos atendiendo al contexto sociocultural en el que se insertan los alumnos. Una diversidad que debe ser valorada (aunque no siempre lo sea) como un factor de enriquecimiento, puesto que posibilita formas diferentes de abordar los problemas.

iii) El polo de las situaciones problemáticas, vinculadas –siempre que ello es posible– con la dimensión CTSA, que van a constituir el punto de partida de los procesos de aprendizaje que se emprenden (en el marco del aprendizaje como investigación), dando más sentido a lo que se aprende. Tales situaciones problemáticas pueden ser suscitadas por el profesor o por los alumnos. En el primer caso es importante que el profesor tenga en cuenta el nivel previsible de dificultad de las situaciones problemáticas escogidas, que tiene que ser adaptado tentativamente a sus alumnos (previsible “zona de desarrollo próximo”).

Estos tres polos pueden representarse como los vértices de un triángulo de tensiones que expresa una concepción sistémica de interacciones permanentes entre los mismos, a través de las cuales pueden “aproximarse” o “alejarse” entre sí.

Así, la vertiente **currículo intencional ↔ saberes de los alumnos** representa, en esencia, el esfuerzo educativo a realizar, bajo la orientación del profesor, para promover el desarrollo de sus alumnos, en la perspectiva de una educación científica actual. Ello supone poner en valor, además de los disciplinares, los saberes que el alumno ya posee y trae consigo a la escuela, incluyendo capacidades, actitudes y valores. Lo que diferencia de nuevo el modelo de aprendizaje por investigación de las propuestas de cambio conceptual, básicamente centradas en el aprendizaje de conceptos.

La distancia entre estos dos polos tiende a disminuir en la misma medida en que se va abandonando un currículo intencional único de índole normativa -que se aplicaría por igual a cualquier alumno, ignorando sus saberes previos- en favor de un currículo más flexible y menos prescriptivo, abierto a problemáticas locales y enriquecido por la investigación educativa y, muy en particular, por la investigación didáctica.

En la vertiente **currículo intencional ↔ situaciones problemáticas en el ámbito CTSA** se pueden catalogar, para una unidad programática dada, situaciones problemáticas propuestas por el profesor y/o que los estudiantes consideren de interés abordar. Hay currículos, como el propuesto por el Proyecto Salters, lanzado en los años noventa en el Reino Unido, que toma en consideración problemas y contextos familiares para los alumnos, susceptibles de movilizar su interés, con vistas a la profundización científica de las temáticas propuestas. En este caso, la distancia entre los dos vértices del triángulo de tensiones se reduce sustancialmente.

En el caso de los currículos formales estrictamente académicos, la articulación es mínima y sólo alumnos académicamente motivados encontrarán respuesta a la pregunta tan común de “¿y esto para qué sirve?”. Por lo que respecta al profesor, son previsibles mayores dificultades con relación al nivel de abstracción y complejidad de las temáticas abordadas. Y es precisamente aquí, conviene insistir, donde una sólida formación científica del profesor en las áreas de la docencia puede hacerle más disponible para abordar adecuadamente tales situaciones de dificultad superior.

Por lo que respecta a la vertiente **saberes de los alumnos ↔ situaciones problemáticas en el ámbito de las relaciones CTSA**, el profesor habrá de estar atento a qué conceptos, capacidades, actitudes y valores muestran los alumnos frente a las situaciones consideradas y decidir sobre qué trabajar prioritariamente. Se trata, en realidad, de una

primera evaluación de carácter diagnóstico con la que se ayuda al alumno a tomar conciencia de los saberes de varios órdenes que ya posee y de los que necesita desarrollar y con la que sientan las bases del plan de actividades a emprender. Ello constituye, pues, un trabajo compartido. Se pueden utilizar diversos métodos, como, por ejemplo, dibujos, listas de ideas, redes de conceptos de los alumnos, etc., lo que permite no sólo registrar sus ideas, sino también la forma como las relacionan entre sí. La identificación de capacidades, actitudes y valores plantea mayores dificultades, pero, como mostramos en el libro ya citado (Cachapuz, Praia y Jorge, 2002), existen algunos instrumentos útiles.

El distanciamiento entre estos dos polos tiende a disminuir en la medida en que las situaciones problemáticas corresponden a genuinos intereses y saberes de los alumnos. De aquí se deriva que una sólida formación didáctico-pedagógica del profesor es fundamental para una buena resolución de esta vertiente.

Una consideración adecuada, por el profesor y los alumnos, de los tres polos referidos permite que surja una o varias cuestiones-problema para el posterior desarrollo del proceso de enseñanza/aprendizaje. También aquí el profesor tiene un papel fundamental, ayudando a los alumnos a formular cuestiones de interés, en particular las generadoras de acción, conduciendo a un proceso de búsqueda de respuestas posibles, más o menos largo, más o menos complejo, más o menos directamente apoyado por el profesor.

Es importante señalar que el profesor debe primeramente fomentar un análisis cualitativo de la situación estudiada que asegure una adecuada conceptualización. No obstante, y siempre que sea posible, en función de las temáticas a abordar y de sus condiciones de trabajo, debe prestar atención al papel que la cuantificación puede tener para una adecuada conceptualización o el uso del trabajo experimental requerido por algunas cuestiones.

### Referencias bibliográficas en estos comentarios al capítulo 3

CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y JORGE M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.



# Otras Voces

## ¿Cuál es el papel del trabajo experimental en la educación científica?

Comentarios y reflexiones de **Armando Sánchez** en torno al capítulo 4

El trabajo desarrollado por Carles Furió, José Payá y Pablo Valdés Castro documenta ampliamente las investigaciones relativas al trabajo experimental en la educación preuniversitaria. Esta condición adquiere un realce mayor ante la escasez de referencias bibliográficas que dan cuenta de resultados de investigación educativa, propuestas innovadoras, reflexiones o reconceptualizaciones<sup>1</sup> en torno a la temática. Para ejemplificar lo anterior analizaré dos fuentes generales relacionadas con la enseñanza de la ciencia:

- 1) El libro *Retos y perspectivas de las ciencias naturales en la escuela secundaria*, coordinado por Guillermina Waldegg (2003), producto del seminario latinoamericano *La enseñanza de las ciencias en la escuela secundaria como parte de la educación básica: diagnóstico y perspectivas*, organizado entre la Secretaría de Educación Pública y la UNESCO-OREALC en Cholula, México, del 27 al 30 de junio de 2001. En dicho libro sólo encontré los siguientes apartados relacionados con el trabajo experimental, aclarando que no existe un capítulo especial sobre este tema: “La concepción desactualizada del docente acerca de la ciencia y sus métodos” (*ibíd*, p 68) en el capítulo relacionado con la actualización docente; “Enseñanza de la Física con Tecnología (Efit)” (*ibíd*, p 87-88); “Desarrollo de un modelo pedagógico que integre el uso de los entornos tecnológicos” (*ibíd*, p 98), y “Algunas características que deben tomarse en cuenta para el diseño de las actividades que integren entornos tecnológicos” (*ibíd*, p 99), en el capítulo sobre la enseñanza de las ciencias en entornos tecnológicos. “Materiales para el trabajo experimental” (*ibíd*, p 111 y 116); “Unidades didácticas y paquetes didácticos experimentales” (*ibíd*, p 120-121) y algunas referencias puntuales en el capítulo sobre materiales y medios educativos<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Se excluyen las múltiples propuestas de “hands on” o la multiplicidad de actividades “prácticas” que se quedan sólo en el “hacer”, sin involucrar las otras esferas del aprendizaje.

<sup>2</sup> Por cierto, la escasez de referencias se repite al investigar también el tema relacionado con los materiales educativos. En el libro de Waldegg et al. este capítulo fue el más difícil de documentar. Menciono lo anterior ya que el capítulo comentado de este libro-taller tiene aspectos interesantes que pueden influir en la reflexión para replantear y mejorar los materiales educativos, en especial los libros de texto.

- 2) Las comunicaciones del *VI Congreso Internacional sobre Investigaciones en la Didáctica de las Ciencias*, realizado en Barcelona del 12 al 15 de septiembre de 2001 (ICE, 2001), en las cuales sólo se encontraron 13 relacionadas con el trabajo experimental en la educación preuniversitaria (respecto a un total de 241). De acuerdo a cómo los autores describen sus trabajos, procedí a clasificarlos en tres categorías y agruparlos por disciplinas, encontrándose los siguientes resultados:

	General	Biología	Física	Química
Trabajo experimental	-	-	2	-
Actividades	2	1	1	3
Trabajo práctico	2	2	-	-

Bajo esta perspectiva, reitero la importancia de la aportación del capítulo 4 de Furió et al.

Por otra parte, con el objeto de provocar el debate acerca del papel del trabajo experimental en la educación científica preuniversitaria, voy a desarrollar dos asuntos:

I. La necesidad de analizar el trabajo experimental como parte de una estrategia de enseñanza y aprendizaje más amplia.

II. Las potencialidades de esta estrategia para favorecer que el alumno construya representaciones científicas de ciertos fenómenos.

### **I. La necesidad de analizar el trabajo experimental como parte de una estrategia de enseñanza y aprendizaje más amplia: ¿trabajo experimental, prácticas de laboratorio, trabajo práctico o actividades?**

Un primer aspecto a discutir en este punto es el porqué restringir el asunto al trabajo experimental sin considerarlo como parte de una estrategia de enseñanza y aprendizaje más fructífera y específica. Lo anterior, más allá del conjunto de actividades básicas del proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, analizadas en la segunda parte de este libro: *cómo empezar, la resolución de problemas de lápiz y papel, el aprendizaje significativo de conceptos y teorías, de la recapitulación y consideración de las perspectivas abiertas y el papel de la evaluación*.

Al iniciar de esta manera surge un primer acotamiento que puede expresarse con la siguiente pregunta: ¿para qué realizar actividades en la educación en ciencias? Entonces, al ligarlas a las estrategias de enseñanza y aprendizaje, en un sentido amplio como lo plantea Monereo (1998), la respuesta tiene que ver con la necesidad de desarrollar un contenido<sup>3</sup> específico del currículo (que puede ser un tema o, de preferencia, un subtema) y con un objetivo didáctico claro, o sea, cualquier actividad que se introduzca en la estrategia deberá contribuir al logro del objetivo definido para ésta. Si además las actividades se enmarcan dentro de la resolución de situaciones problemáticas abiertas, con un enfoque de enseñanza orientado a la investigación, como proponen los autores de este libro-taller, éstas pueden ser más amplias, diversas y desarrolladas con mayor profundidad.

<sup>3</sup> Se emplea la acepción amplia del término contenido, o sea, contemplando lo conceptual, lo procedimental y lo actitudinal (Nieda y Macedo, 1998).

Otras inquietudes a discutir son:

1. ¿Por qué asociar necesariamente las situaciones a problemas? Tal vez sería mejor aludir a situaciones en general, como retos, sin necesariamente hablar de problemas. Con este enfoque me parece que se contribuiría a combatir la visión negativa y catastrofista de la vida, tan extendida en el mundo de los jóvenes, en mucho como resultado del comportamiento de nosotros los adultos (UNESCO, 2002).
2. ¿Hay que comprometer una propuesta educativa con un solo enfoque de enseñanza? En este sentido se sugiere discutir la conveniencia de combinar varios, como apuntan autores como Pozo y Gómez (2000), quienes, además, plantean ventajas y limitaciones de seis de ellos.

Una vez aclarado este asunto nodal, se propone analizar la diversidad de actividades que se pueden desarrollar<sup>4</sup>, además de las experimentales. Obviamente se está pensando en actividades que refuercen el desarrollo de los conocimientos, habilidades y actitudes relacionados con la actividad científica, también entendida ésta en un sentido amplio, como han planteado los autores de este libro y que rebasan la concepción positivista (Rutherford, 1997). Así pues, otros ejemplos de actividades son:

- Identificación de diversos procedimientos para recolectar, interpretar, analizar, comprender, organizar y comunicar información (Monereo, 1998; Pozo y Postigo, 2000), más allá de las requeridas en el trabajo experimental. Por ejemplo, aplicar los procedimientos antes descritos en una investigación documental de diversas fuentes y mediante entrevistas para saber, entre otras cosas, de dónde viene el agua o los productos alimenticios naturales más consumidos, como parte de una situación relevante en la comunidad, definida entre el docente y sus alumnos.
- Recolección de muestras de recursos bióticos o abióticos para entender las interacciones entre diversos seres vivos con su entorno y así favorecer el cuidado y mejoramiento del ambiente. Monereo (1998) también enfatiza la importancia de las estrategias para la toma de decisiones, aspecto fundamental al plantearse la solución de situaciones.
- Representaciones o juegos que permitan poner en práctica ciertos conceptos. Por ejemplo, el proceso de selección natural puede emularse con corcholatas, hojas de árboles u otros objetos de diferentes colores sobre un fondo que permita enmascarar algún color dominante.
- Modelación, tanto con materiales de bajo costo o reciclables como con programas informáticos poderosos, que incluyen sensores y permiten hacer simulaciones para

<sup>4</sup> Las propuestas de actividades que a continuación se presentan parten de la experiencia de diez años, tanto en la elaboración de los materiales educativos para sustentar la reforma educativa de México de 1993, como en la elaboración del balance de esta experiencia (Waldegg et al., 2003; SEP, 2001; Sánchez et al., 2001; Bonilla, 2000) y el desarrollo de una primera etapa del diseño curricular para la educación secundaria (diciembre 2001-mayo 2004), en el marco de la Reforma Integral de la Educación Secundaria (SEP, 2001). Dentro de los materiales elaborados de 1994 a 2000 se encuentran: los libros de texto gratuitos y libros para el maestro de Ciencias naturales de 3° a 6° grados de educación primaria; los libros para el maestro y paquetes didácticos para cursos de actualización de biología, física y química, para educación secundaria; paquetes didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela primaria y para la educación ambiental en la escuela secundaria (un planteamiento transversal), así como las propuestas para la enseñanza de las ciencias con tecnología en educación secundaria que implican el desarrollo de capacidades cognitivas superiores, con programas poderosos, y que rebasan el uso de las computadoras como pizarrones caros con programas tutoriales. Los interesados en estos materiales pueden escribir a alguna de las siguientes direcciones electrónicas: [asmartin@sep.gob.mx](mailto:asmartin@sep.gob.mx), [rvaldez@sep.gob.mx](mailto:rvaldez@sep.gob.mx) (Ricardo Valdez, Subdirector de Física y Química) o [melena@sep.gob.mx](mailto:melena@sep.gob.mx) (María Elena Hernández, Subdirectora de Biología).

entender conceptos o desarrollos complicados. Con la última opción planteada se potencializa el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC), ya que, además de democratizarse la enseñanza de la ciencia y la tecnología, se desarrollan capacidades cognitivas superiores (Waldegg, 2003; McFarlane, 2003; Rojano, 2002; Roschelle y Jackiw, 1997). En general, trabajar modelaciones permite también avanzar en la construcción de representaciones de ciertos fenómenos por parte del alumno, como se tratará en el siguiente apartado.

- Construcción de artefactos o instrumentos, como una actividad clave para desarrollar el saber hacer y que a nivel bachillerato suele representar retos interesantes y motivadores para los alumnos (Maiztegui et al., 2002).

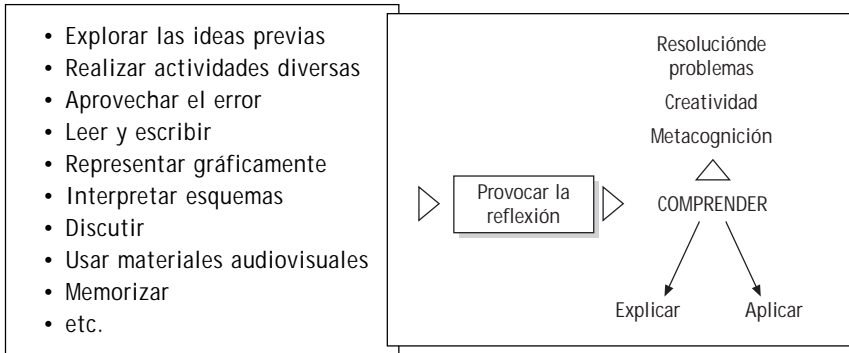
## **II. Las potencialidades de las estrategias de enseñanza y aprendizaje para favorecer que el alumno construya representaciones de ciertos fenómenos. Dificultades para construir representaciones científicas.**

Un asunto crucial al tratar de explicar los fenómenos o procesos naturales es su dificultad de origen, o sea, por la contradicción dialéctica de la misma naturaleza. Tal como lo afirmó Kosik (1979) desde la década de los sesenta (de acuerdo a la edición original en checo), y que se puede resumir de la siguiente manera: el fenómeno oculta a la esencia y por esa razón son necesarias la ciencia y la filosofía. Dado que nos movemos en el mundo de la pseudoconcreción, dice Kosik, para tratar de comprenderlo hay que develarlo, lo que implica recorrer muchos caminos indirectos. Es más, develar la esencia o causa de los fenómenos demanda necesariamente introducirse en el microcosmos y en el macrocosmos, los cuales son ajenos a nuestras percepciones y requieren para su comprensión de un alto grado de abstracción. Esta dificultad de origen hace muy difícil la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en los niveles preuniversitarios. Sin embargo, el desarrollo de las ciencias cognitivas y de la investigación educativa<sup>5</sup> proporcionan elementos para saber cómo hacerlo y cómo apostar a una enseñanza centrada en la comprensión (Perkins, 2000). La intención es lograr aprendizajes significativos en los alumnos, sin dejar de reconocer que es una tarea compleja. Perkins refiere las llamadas “actividades de comprensión” como aquellas que permiten “hacer ciertas cosas con... [el] conocimiento... [y] que revelan comprensión y la desarrollan” (*ibid* p 82). Dichas actividades son: la explicación, la ejemplificación, la aplicación, la justificación, la comparación y el contraste, la contextualización y la generalización. Asimismo, se concede un peso importante a las “imágenes mentales”, como “un tipo de conocimiento holístico y coherente: cualquier representación mental unificada y abarcadora que nos ayuda a elaborar un determinado tema” (*ibid* p 85). Con base en estas consideraciones, retomo la sugerencia que hice en el primer apartado, de circunscribir las actividades como parte de un esquema más general para tratar de ayudar en la comprensión de los fenómenos estudiados que, obviamente, implican conceptos “duros” de la ciencia.

El siguiente esquema pretende ejemplificar lo antes planteado y centra la atención en torno a la comprensión en dos de las actividades propuestas por Perkins: explicar y aplicar.

<sup>5</sup> Para una revisión sobre dichos aportes se recomienda el artículo de Anna Maria Pessoa de Carvalho (2004), que involucra el qué, el porqué y el cómo enseñarlas, así como la relación entre didáctica de las ciencias y prácticas de enseñanza. También los libros de Pozo y Gómez (2000) y de Nieda y Macedo (1998) son buenas referencias sintéticas de dichos desarrollos.





### A manera de reflexión final

Para terminar retomo lo que Duit (1998) señala en el sentido de que si la ciencia y la tecnología no fueran objeto de estudio en las escuelas, los logros de otras áreas del currículo –tradicionalmente denominadas como “las importantes”, léase matemáticas y español– tendrían que ajustarse hacia abajo, pues serían muy limitadas las situaciones de aplicación relacionadas con el mundo real. Y que sean objeto de estudio implica considerar, necesariamente, el papel del trabajo experimental, como atinadamente se ha hecho en este libro-taller.

## Referencias bibliográficas en estos comentarios al capítulo 4

- BONILLA, E. (2000). Reforma y calidad de la educación básica: el papel del currículo y de los materiales didácticos en la adquisición de las competencias básicas. *Memoria del quehacer educativo. 1995-2000*, SEP, (1) 91-125.
- CARVALHO, A. M. (2004). Formación de profesores: es necesario que la Didáctica de las Ciencias incluya la Práctica de la Enseñanza. *Educación Química*, Vol. 15, n° 1, 16-23.
- DUIT, R. (1998). Learning in science. From behaviourism towards social constructivism and beyond. *International Handbook of Science Education*, 671-688. Dordrecht: Kluwer.
- ICE (2001). *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, VI Congreso, tomo I. Comunicaciones. Barcelona: ICE.
- KOSIK, K. (1979). *Dialéctica de lo concreto*. México-Buenos Aires: Editorial Grijalbo.
- MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DEL CARMEN, L., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL PÉREZ, D., GONZÁLEZ, E., GRAS MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO, J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155.
- McFARLANE, A. (2003). *El aprendizaje y las tecnologías de la información*. México: SEP/Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara (Biblioteca para la Actualización del Maestro).
- MONEREO, C. (Coord.) (1998). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación en el aula*. México: SEP/Cooperación Española (Biblioteca del Normalista).
- NIEDA, J. y MACEDO, B. (1998). *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*. México: SEP/OEI-UNESCO/Santiago (Biblioteca del Normalista y Biblioteca para la actualización del maestro).
- PERKINS, D. (2000). *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. México: SEP/Gedisa (Biblioteca para la Actualización del Maestro).
- POZO, J. I. y Postigo, Y. (2000). *Los procedimientos como contenidos escolares. Uso estratégico de la información*. Barcelona: Edebé.
- POZO, J. I. y GÓMEZ, M.A. (2000). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- ROJANO, T. (2002). Mathematics learning in the junior secondary school: student's access to significant mathematical ideas. *Handbook of International Research in Mathematics Education* [English, Lyn (Ed.)]. New Jersey y London: Lawrence Erlbaum.
- ROSCHELLE, J. y JACKIW, N. (1997). *Technology design as educational research: Interweaving imagination, inquiry and impact*. <http://www.simcalc.umassd.edu>.
- RUTHERFORD, J. (Coord.) (1997). *Ciencia: conocimiento para todos, Proyecto 2061. American Association for the Advancement of Science*. México: SEP/Oxford University Press-Harla (Biblioteca del Normalista y Biblioteca para la Actualización del Maestro).
- SÁNCHEZ, A., HERNÁNDEZ, M. E. y VALDEZ, R. (2001). "Situación actual y perspectivas de la educación en ciencias en la escuela secundaria". México: *Educación 2001*, año VI, núm. 69, p 45-55.
- SEP (2001). *Programa Nacional de Educación 2001-2006*. México: SEP. También disponible en la página de la Secretaría de Educación Pública: [www.sep.gob.mx/wb2/sep/sep\\_2734\\_programa\\_nacional\\_de](http://www.sep.gob.mx/wb2/sep/sep_2734_programa_nacional_de)
- WALDEGG, G. (Coord.) (2003). *Retos y perspectivas de las ciencias naturales en la escuela secundaria*. México: SEP/Biblioteca para la Actualización del Maestro.
- UNESCO (2002). *¿Qué educación secundaria para el siglo XXI?* Santiago, Chile: OREALC/UNESCO Santiago.

## Otras Voces

---

### ¿Cómo convertir los problemas de lápiz y papel en auténticos desafíos de interés?

---

*Reflexiones y propuestas de F. Javier Perales Palacios en torno al capítulo 5*

Los autores de este capítulo dedicado a la resolución de problemas (R. P. en adelante) y su transformación han sido pioneros en la propuesta de trabajo que aquí desarrollan, habiendo tenido ocasión de fundamentarla, difundirla entre el profesorado en activo y contrastarla a través de diversas tesis doctorales y sus consiguientes publicaciones. Por otra parte, dicha propuesta forma parte de un enfoque más ambicioso y sugerente para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias entendida como un proceso de investigación<sup>6</sup>. Nos encontramos por tanto con un planteamiento de la R. P. esencialmente coherente con un modo de entender la educación científica.

Mis breves comentarios van a iniciarse con unas consideraciones generales acerca de la resolución de problemas, prosiguiendo con otras relacionadas con el capítulo del libro. La R. P. constituye un ritual docente escasamente cuestionado por los profesores y autores de libros de texto desde el siglo XIX. De hecho, pueden encontrarse enunciados de problemas extraídos de libros de mediados de dicho siglo prácticamente análogos a los utilizados por los más recientes<sup>7</sup>. Esto nos debería hacer pensar seriamente acerca de las causas que han podido provocar este comportamiento rutinario en contraste con unos cambios sociales, los más profundos en la historia de la humanidad.

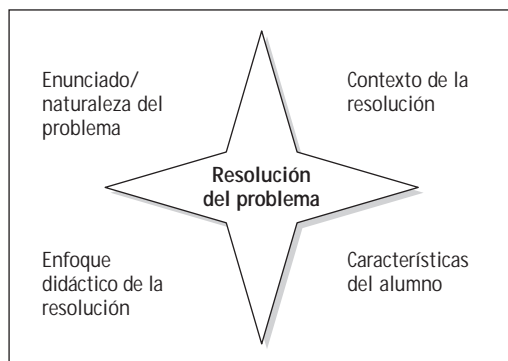
Básicamente, el objetivo que se plantea uno al resolver problemas al modo tradicional es encontrar una solución o resultado. Esto en educación secundaria suele abordarse recurriendo a la resolución y evaluación mediante “problemas-tipo”. Por el contrario, en la universidad se viene a hacer mediante “problemas-raros”, es decir, aquellos que no se parecen en nada –o muy poco– a los resueltos en clase. En el primer caso se favorece el aprendizaje memorístico, en el segundo el fracaso académico, lo que aboca a muchos estudiantes a buscar costosos apoyos externos como los que ofertan las academias de

---

<sup>6</sup> Véase, p. ej., Gil D. (1993). Contribución de la Historia y la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias* 11(2), 197-212.

<sup>7</sup> Perales, F. J. et al. (2000). *Resolución de problemas*. Madrid: Ed. Síntesis, p. 57.

clases particulares. Resolver problemas de un modo eficiente es una tarea compleja en la que intervienen muchos factores. Un esquema clásico es el representado en la figura adjunta.



En este capítulo los autores adoptan la opción de centrarse en el “enunciado/naturaleza del problema” y, de forma colateral, en el “enfoque didáctico del profesor” y en el “contexto de la resolución”. A continuación trataré de un modo más concreto algunos apartados del capítulo.

- (1) **Introducción.** Tras el segundo párrafo, sugeriría añadir una propuesta de reflexión que se podría enunciar como “*para qué resolver problemas?, ¿qué lleva al profesorado a plantear, resolver o evaluar mediante resolución de problemas?*”. Ese primer nivel de reflexión podría servir para tomar conciencia respecto al uso –y muchas veces abuso– que hacemos de la resolución de problemas en el aula, y las razones de ello.
- (2) Los ejercicios, como el que se toma como eje de la propuesta de trabajo, a pesar del escaso potencial didáctico, son requeridos para un nivel básico de aprendizaje. En cierta forma, parecidos a los ejercicios físicos que los deportistas suelen seguir como parte de su protocolo de entrenamiento, son necesarios pero no suficientes para garantizar el éxito deportivo. Piénsese en la resolución de una raíz cuadrada o en el ajuste estequiométrico de una ecuación redox.
- (3) Cuando en el penúltimo párrafo de este apartado, los autores se refieren al tratamiento dado por los libros de texto a la resolución de problemas, hemos de reconocer que la implantación en España de la reforma educativa promovida por la LOGSE en los años noventa, sí generó algunos cambios positivos en la naturaleza de los problemas<sup>8</sup>.
- (4) **Necesidad de un replanteamiento en profundidad.** El paso de la etapa II a la III (p. 6) no resulta fácil y es además la clave que distingue un enfoque inductivo del hipotético-deductivo en la R. P. Se hace preciso un análisis teórico previo por parte del alumno<sup>9</sup>, consultando p. ej. el libro de texto o los apuntes del profesor, para que sea capaz de emitir hipótesis mínimamente fundamentadas y no meros artificios imaginativos, así como para enmarcar su contraste (etapa VI) a la luz de dicha teoría. Si, por el contrario, lo que pretenden los autores es sacar a la luz las ideas espontáneas de los estudiantes, entonces sí sería pertinente el planteamiento que realizan.

<sup>8</sup> Perales, F. J. (op. cit.), pp. 66-68.

<sup>9</sup> Ello es reconocido también por los autores en la etapa IV.

- (5) En la etapa V se debería insistir en aspectos tales como escribir las ecuaciones, interpretar los símbolos, elaborar ilustraciones representativas de los fenómenos, introducir valores numéricos razonables, operar cuidadosamente, incluir el cálculo de errores<sup>10</sup>, etc.
- (6) **Un ejemplo de tratamiento de situaciones problemáticas abiertas.** ¿Qué papel se asigna al profesorado en esta metodología de R. P.? A mi juicio, se le exige seleccionar un número significativo y representativo de problemas abiertos que pudieran abarcar el temario de la asignatura, así como la constitución de los grupos de trabajo y su coordinación. Aunque los autores defienden una actuación poco intervencionista (p. 10), resulta, bajo mi punto de vista, esencial dirigirlos y entrenarlos durante los primeros meses, propiciando su progresiva autonomía en el enfoque de R. P. propuesto.
- (7) Por último, como señalan Taconis y col. (2001)<sup>11</sup>, para que la resolución de problemas mediante el trabajo en grupo sea exitosa debe ir acompañada de otras iniciativas, tales como las ayudas a los estudiantes para que construyan esquemas –p. ej., elaborando mapas conceptuales o modelizando el problema–, las orientaciones del profesor o una retroalimentación que les permita comprobar la bondad de sus actuaciones.
- (8) **Bibliografía.** Resulta recomendable incluir la siguiente bibliografía en español:
- OÑORBE, A. et al. (1993). *Resolución de problemas en Física y Química*. Madrid: Ed. Akal.
- POZO, J. I. et al. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Ed. Santillana.

<sup>10</sup> Para evitar, entre otras cosas, el número de cifras no significativas que suelen aportar los estudiantes gracias al uso de las calculadoras.

<sup>11</sup> Taconis, R., Ferguson-Hessler, M. G. M. y Broekkamp, H. (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work. *J. Res. Sci. Teach.* 38(4), 442-468.



## Otras Voces

---

### ¿Cómo hacer posible el aprendizaje significativo de conceptos y teorías?

---

*Reflexiones y propuestas de Anna María Pessoa de Carvalho en torno al capítulo 6*

Los autores tienen plena razón cuando dicen que “un cambio conceptual no es posible sin un cambio metodológico”; sin embargo, podríamos complementar: “Un cambio metodológico no es posible sin un cambio de actitud por parte de los profesores en sus clases”.

Los profesores deben saber construir actividades innovadoras que produzcan en los alumnos un cambio conceptual y metodológico con respecto a las ciencias; sin duda, ésta es una condición necesaria, pero además ellos deben saber dirigir los trabajos de los alumnos para que éstos alcancen realmente los objetivos propuestos. Es importante que los profesores se involucren en la planificación de actividades de enseñanza que sean problemáticas para los alumnos a los que van destinadas, pero es necesario también que puedan vivenciar las propuestas pedagógicas innovadoras de tal modo que se enteren de los detalles y las dificultades que tales propuestas plantean. El saber hacer, en estos casos, muchas veces es más difícil que el hacer en sí (planificar la actividad), y merece todo un trabajo de asistencia y de análisis crítico de las clases.

El “hacer” debe pensarse como un taller en que los profesores van a poner a prueba sus hipótesis de enseñanza, donde la relación “actividad planificada-práctica de enseñanza” debe estar siempre presente. Todos los conceptos de “reflexión en acción” y “reflexión sobre la acción” (Schön, 1992; Zeichner, 1993) pueden y deben estimularse durante este tiempo en que los profesores, cuando proponen actividades de investigación orientadas a sus alumnos, proponen a la vez, para sí mismos, un cambio conceptual (en los conceptos de enseñanza y aprendizaje), metodológico y actitudinal de su trabajo en clase.

Otra línea de investigación proveniente de los estudios relativos al cambio conceptual, que está directamente relacionada al trabajo del profesor en tanto que orientador de las actividades de los alumnos, es la que analiza las discusiones en el aula: de los alumnos entre sí y de los alumnos con el profesor (Mortimer, 1998). El lenguaje del profesor es un lenguaje propio –el de las ciencias que se enseñan en la escuela, socialmente construidas y validadas– y una de las funciones de la escuela es introducir a los alumnos en ese nuevo

lenguaje, lograr que aprecien su importancia para dar un nuevo sentido a las cosas que ocurren a su alrededor, que entren en un mundo simbólico que representa el mundo real (Driver y Newton, 1997).

Para que cambie el lenguaje de los alumnos, y pasen de un lenguaje cotidiano a un lenguaje científico, los profesores deben dar oportunidad para que los estudiantes expongan sus ideas sobre los fenómenos estudiados, en un ambiente alentador, para que ellos adquieran seguridad y se impliquen en las prácticas científicas. Por esto es necesario crear momentos para que los alumnos se expresen en clase, prestar atención a estas participaciones y principalmente se requiere mucho cuidado del profesor cuando le contesta al alumno, para no ofrecerle de inmediato la respuesta correcta y así interrumpir toda la posible argumentación que el alumno podría construir. Mediante el habla, además de poder tomar conciencia de sus propias ideas, el alumno tiene también la oportunidad de ensayar el uso de un nuevo género discursivo, que conlleva características de la cultura científica (Capecchi y Carvalho, 2000).

Aprender es también apoderarse de un nuevo género discursivo, el género científico escolar, y para eso el profesor debe saber inducir a sus alumnos a argumentar, es decir, que sean capaces de reconocer las afirmaciones contradictorias, las evidencias que respaldan o no las afirmaciones, además de la capacidad de integrar los méritos de una afirmación. Este ambiente es propicio para que los alumnos empiecen a reflexionar sobre sus pensamientos, y aprendan a reformularlos con el aporte de los compañeros, mediando los conflictos por el diálogo y tomando decisiones colectivas.

Como muestran los autores de este capítulo, "se trata, en síntesis, de plantear el aprendizaje como un trabajo de *investigación*, a través del *tratamiento de situaciones problemáticas* relevantes para la construcción de conocimientos científicos". Son esas situaciones problemáticas las que brindarán las condiciones para que alcancemos un cambio de actitud en las clases de ciencias.

## Referencias bibliográficas en estos comentarios al capítulo 6

CAPECCHI, M. C. V. M. y CARVALHO, A. M. P. (2000). Interações Discursivas na Construção de Explicações para Fenômenos Físicos em Sala de Aula. VII EPEF, Florianópolis

DRIVER, R. y NEWTON, P. (1997). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Paper prepared for presentation at the ESEARA Conference, 2-6 septiembre, Roma.*

MORTIMER, E. F. (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. *International Journal of Science Education*, vol. 20, nº 1, 67-82.

SCHÖN, D. (1992). Formar Professores como Profissional Reflexivo. En Os Professores e a sua Formação. [Coordinación de António Nóvoa]. Dom Quixote. Portugal. pp. 77-91.

ZEICHNER, K. (1993). A Formação Reflexiva dos Professores: Idéias e Práticas. Lisboa: Educa.



## Otras Voces

---

### ¿Qué hacer antes de finalizar?

---

*Reflexiones y propuestas en torno al capítulo 7 de Rómulo Gallego Badillo, Royman Pérez Miranda, Luz Nery Torres de Gallego, Rafael Yecid Amador Rodríguez y María Victoria Uribe*

Estudiado el capítulo número 7, denominado recapitulación y perspectivas, el Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos (Grupo IREC), de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, D.C., Colombia, aporta los siguientes comentarios:

- El término recapitular vuelve sobre una tradición muy propia de los didactas, por cuanto hace alusión a retomar o a volver a considerar una temática que ha sido previamente trabajada.
- Tratar el problema de cómo históricamente las nuevas teorías o modelos científicos integran en sus estructuras conceptuales y metodológicas desarrollos logrados en otro campo de la producción del saber, aparentemente disímiles, constituye para los profesores de educación media un aporte que les abre posibilidades para la construcción de otra imagen de ciencia.
- Subyace a la propuesta la necesidad de un examen ético, o la exigencia de adentrarse históricamente en esta problemática, cuando se analiza cómo, de manera relacionada, tanto la sustitución de la propuesta de Copérnico por la ptolemeica, destronó al ser humano de la posición que le había otorgado la mirada bíblica y cristiana, como también la adopción de la teoría de la evolución, que lo redujo a ser una especie más entre tantas, producto de las leyes de la naturaleza, como las demás. Esto exigiría del profesor de ciencias una discusión con los estudiantes sobre la emergencia y consolidación del humanismo. Los seres humanos pertenecemos a una misma especie, y la supervivencia de ella dependerá, indispensablemente, de conclusiones que se deriven del estudio histórico del desarrollo de las ciencias, a partir de los primeros grados de los sistemas educativos.
- El punto de anclaje con las relaciones CTSA se encuentra enlazado con el ítem anterior. Al respecto, los profesores de ciencias, desde sus iniciativas, tendrían que abordar el estudio de que los productos de la investigación científica son mercancías, hoy mucho más que ayer, tanto como la información especializada misma, hasta el punto de que el acceso de la población, en general, a los beneficios de esos

productos pasa por la seguridad de una tasa de retorno que las transnacionales exigen como condición para financiar la investigación científica.

Los estudiantes de la maestría en docencia de la química, los de pregrado de la licenciatura en química y los profesores de educación básica y media, que hacen parte del Grupo IREC, frente a la solicitud de una lectura crítica del capítulo 7 aquí comentado, expresaron que éste se ubicaba en una dimensión histórico-epistemológica enclavada en las relaciones CTSA que antes ellos no habían considerado. Puntualizaron que, con todas las críticas que habría que hacerle, presentaba un abordaje novedoso y significativo para sus desempeños profesionales como profesores de ciencias, en los niveles considerados.

# Otras Voces

---

## ¿Para qué y cómo evaluar?

---

*Reflexiones y propuestas de Neus Sanmartí en torno a capítulo 8*

### INTRODUCCIÓN

Coincido totalmente con los autores del capítulo sobre la importancia de la evaluación en el aprendizaje en general y en el de las ciencias en particular. Como escribió Perrenoud (1991), los resultados de un proceso de enseñanza dependen más de cómo se va ayudando al alumnado a regular sus errores y dificultades que no de la genialidad de los otros tipos de actividades.

Al enseñar se pueden plantear trabajos prácticos muy sugerentes, problemas abiertos y contextualizados que capten el interés del alumnado, explicaciones que conecten con sus ideas y sean muy coherentes con el conocimiento científico experto, trabajos en grupo, uso de las TIC y de instrumentos como mapas conceptuales u otros, etc., pero si todo ello no va acompañado de actividades que promuevan la evaluación-regulación en las formas de “mirar” los fenómenos, en las formas de razonar y de hablar sobre ellos, en las formas de estructurar la cultura científica e, incluso, en las formas de emocionarse en relación a ella, podría ser que todas aquellas actividades no condujeran a aprendizajes significativos.

Por ello, entre todos los apartados del capítulo creo de interés centrar el análisis crítico en el que habla más específicamente de “la evaluación como instrumento de aprendizaje”, y más para complementar ideas que no para ponerlas en crisis.

### CARACTERÍSTICAS DE UNA EVALUACIÓN “PARA APRENDER”

Como se indica en el texto del capítulo, la primera característica que ha de tener una evaluación que pretende favorecer el aprendizaje es que **pueda ser percibida** por los estudiantes **como una ayuda real, generadora de expectativas positivas**. Pero el problema didáctico que se nos plantea a los profesores es el de cómo conseguir que esta expectativa se cumpla, es decir, que la evaluación promueva que se aprenda más y mejor y, además, encontrando placer en ello.

Entre los marcos teóricos generados para dar respuesta a este problema, uno de los que considero más sugerentes es el de la llamada **evaluación formadora** (de la que en el capítulo no se habla específicamente). Esta visión de la evaluación se fundamenta en la Teoría de la Actividad dada a conocer por Leontiev, discípulo de Vigotsky. Según esta teoría, una actividad (en este caso, la de aprender algo) se orienta a la consecución de unos objetivos, en relación a los cuales se anticipan y planifican distintas acciones y operaciones que se ponen en práctica en un cierto orden. Pero como generalmente no todo funciona a la perfección, para poder tener éxito se van regulando tanto las acciones que se aplican como los mismos objetivos previstos.

Es decir, para tener éxito en un aprendizaje es necesario haber interiorizado sus objetivos –qué vamos a aprender, por qué y para qué–, construir las operaciones necesarias para poder alcanzarlos y organizarlas, así como disponer de criterios de evaluación que posibiliten decidir si los objetivos son adecuados y si las operaciones previstas son válidas y se aplican adecuadamente.

A partir de estos presupuestos, Bonniol (1981) y Nunziati (1990), entre otros, plantearon la necesidad de aplicar una evaluación “formadora” que ayude al alumnado a pilotar su propio proceso de aprender a partir de favorecer que autorregule la representación que se hace de los objetivos y de los criterios de evaluación y su planificación de la acción, para dar respuesta a las situaciones problemáticas que se le plantean.

Así, por ejemplo, en el marco de dicha evaluación la finalidad importante no es evaluar cómo un alumno da respuesta a un problema, sino la de ayudarle a evaluar-regular si realmente percibe cuáles son los objetivos de aprendizaje, si sabe explicitar cómo hacerlo y por qué, en qué ha de pensar, qué pasos debe realizar, y si reconoce cuáles son los criterios que le permiten decidir si su actuación le posibilita llegar a dar una respuesta adecuada o no. Evidentemente, al final del proceso de aprender el estudiante tiene que saber dar respuesta a tareas concretas, pero mientras está aprendiendo tiene que regular aquellos aspectos que le posibiliten orientar adecuadamente su acción o, en términos de la Teoría de la Actividad, disponer de una buena “base de orientación”.

Los profesores tendemos a aplicar secuencias de enseñanza basadas en plantear actividades que favorezcan el aprendizaje de los contenidos conceptuales y procedimentales necesarios para resolver determinadas tareas o dar respuesta a situaciones problemáticas. Cuando los estudiantes realizan dichas tareas o problemas, su respuesta es el objeto de evaluación y, a partir de ella, se plantean actividades de regulación (habitualmente llamadas de “recuperación”). En cambio, desde la evaluación formadora se persigue prevenir que no se tenga que “recuperar”, regulando previamente la construcción del modelo que guía la resolución del problema (Veslin y Veslin, 1992).

Entre las concepciones de los profesores de ciencias que hemos de cambiar está la de suponer que los alumnos se representan adecuadamente cuál es el objetivo de las actividades de enseñanza que les proponemos. Por ejemplo, si se les pregunta en el laboratorio por qué realizan una determinada práctica, sólo algunos (los que tienen éxito) saben decir qué están aprendiendo y cuál es su finalidad. También cuando se parte de problemas muy contextualizados y relevantes socialmente, cosa importante en todo proceso de aprendizaje, generalmente sólo perciben como finalidad llegar a dar respuesta a dicho problema, pero no la de construir el conocimiento científico que les ha de permitir transferir el aprendizaje realizado a otros problemas similares. Si los objetivos del profesor no son compartidos por el alumnado, es difícil que el aprendizaje llegue a ser significativo.

Otra de las concepciones a revisar es la creencia de que no es bueno que los alumnos “sepan” los criterios de evaluación, y muchas veces se confunde el compartir dichos criterios con dar las “preguntas de examen”. Hay profesores que incluso se enorgullecen de despistar a los alumnos en el momento de proponer preguntas de examen. Pero si se quiere que el alumno pueda regular su aprendizaje tiene forzosamente que haber construido una buena representación de los criterios de evaluación. Los alumnos que tienen éxito acostumbran a ser aquellos que ya desde el inicio de un proceso de aprendizaje reconocen tanto qué es aquello que el profesorado pretende que aprenda como lo que le dará importancia al calificar. En cambio, los que no tienen éxito nunca saben si están haciendo bien una tarea y necesitan constantemente la ayuda de alguien que les indique si lo están haciendo bien o no.

Consecuentemente, profesores y alumnos también deben cambiar la percepción de la función del error en el aprendizaje. En palabras de Astolfi (1999), el error es el punto de partida para aprender. Si no se cometieran errores no sería necesario plantear procesos de enseñanza-aprendizaje, y el mismo Einstein afirmaba que su trabajo consistía en detectar y superar los errores que cometía en la resolución de los problemas que se planteaba. Si los errores son necesarios para aprender, es importante que mientras se está aprendiendo no se penalicen, ya que si no se manifiestan no se podrá ayudar a superarlos. Por ello, se ha de gestionar el aula de forma que los alumnos no tengan miedo a expresarlos, ni se avergüencen de ellos (*Driver*, en Jiménez Aleixandre, 1988). De la misma forma, los estudiantes han de poder reconocer que algunas prácticas habituales, como las de copiar o disimular y ocultar sus ideas, no posibilitan aprender.

También debe cambiarse la idea de que el profesor “corrige” un trabajo. Una corrección de un error sólo puede llevarla a cabo la misma persona que lo ha cometido, por lo que los profesores sólo podemos detectar errores y ayudar al alumnado a entender sus causas y a poder superarlos. El reto en todo diseño de un proceso de enseñanza de las ciencias es llegar a conseguir que el alumnado detecte sus errores, entienda por qué los ha producido y tome sus propias decisiones para corregirlos.

Pero es muy difícil llegar a ser tan autónomo y autoevaluarse. Cuando alguien hace un trabajo considera que lo ha hecho bien o lo mejor que sabe, y no se plantea la posibilidad que él mismo pueda detectar y corregir los errores cometidos.

De aquí la importancia de las ayudas que proporcione el profesorado o los propios compañeros. El papel del profesorado es complejo, porque los estudiantes tienden a delegar en él las responsabilidades de la detección, e incluso del análisis, y se inhiben. Además, como generalmente su objetivo no es aprender sino aprobar, sólo buscan conocer la nota y no identificar en qué se han equivocado y por qué. Tal como puso de relieve el estudio de Butler (1988), la puntuación inhibe la regulación que pueden hacer los propios estudiantes, ya que cuando se les dan notas no se orientan a revisar su contenido, ni a entender por qué se equivocan, por lo que progresan muy poco (Black y Harrison, 2001a).

En cambio, en nuestra práctica hemos constatado (Jorba y Sanmartí, 1996) que las actividades de evaluación mutua son muy eficaces (Black y Harrison, 2001b), ya que el alumnado no confía en la revisión que hace un compañero y tiende a comprobarla. Al mismo tiempo, cuando revisa el trabajo de otra persona, tiende a reconocer más fácilmente errores (alguno de los cuales puede también haber cometido), haciendo bueno el dicho de que es más fácil reconocer la paja en ojo ajeno que la viga en el propio. Pero tanto, la

autoevaluación como la evaluación mutua requieren que se hayan construido los criterios de evaluación. Promover que los alumnos se evalúen sin criterios compartidos es perder tiempo.

## A MODO DE CONCLUSIÓN

La cultura de la evaluación exige un cambio conceptual, cambios en las prácticas y cambios en los valores y emociones que la acompañan. No es de extrañar, por tanto, que Perrenoud (1993) titulara uno de sus artículos con un "No toquéis mi evaluación", ya que ponerla a revisión implica cambiar qué se enseña, las actividades, su orden, cómo organizar y gestionar el aula, cómo atender a la diversidad que pone de manifiesto, el valor que se da al error y al trabajo en grupo, los sentimientos que genera, el tipo de preguntas y problemas objeto de aprendizaje, etc.

Pero sólo cuando se afronta el reto que suponen tantos cambios es cuando la evaluación se traduce en una **ayuda real, generadora de expectativas positivas**, y se puede responder afirmativamente a los interrogantes que planteaba López (1991) sobre si "**¿es posible que la evaluación sea útil al profesorado en su actuación como enseñante, gratifique al alumnado en su aprendizaje y oriente a los dos en estos procesos?**".

## Referencias bibliográficas en estos comentarios al capítulo 8

- ASTOLFI, J. P. (1999). *El error: un medio para enseñar*. Colección Investigación y Enseñanza, nº 15. Sevilla: Diada Editora.
- BLACK, P. y HARRISON, C. (2001a). Feedback in questioning and marking: the science teacher's role in formative assessment. *School Science Review*, 82(301), 55-62.
- BLACK, P. y HARRISON, C. (2001b). Self-and peer-assessment and taking responsibility: the science student's role in formative assessment. *School Science Review*, 83(302), 43-49.
- BONNIOL, J. J. (1981). *Déterminants et mécanismes des comportements d'évaluation d'épreuves scolaires*. Thèse d'état. Univ. De Bordeaux, II.
- BUTLER, R. (1988). Enhancing and undermining intrinsic motivation; the effects of task-involving and ego-involving on interest and performance. *British Journal of Educational Psychology*, 58, 1-14.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1988). Entrevista a Rosalind Driver. *Cuadernos de Pedagogía*, 155, 32-35.
- JORBA, J. y SANMARTÍ, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua*. Madrid: MEC.
- LÓPEZ, M. (1991). Evaluación en el área matemática. El marco teórico. *Acción Educativa*, 91, 5-14.
- NUNZIATI, G. (1990). Pour construire un dispositif d'évaluation formative. *Cahiers pédagogiques*, 280, 47-64.
- PERRENOUD, P. (1991). Pour une approche pragmatique de l'évaluation formative. *Mesure et évaluation en éducation*, 13(4), 49-81.
- PERRENOUD, P. (1993). Touche pas à mon évaluation! Pour une approche systémique du changement. *Mesure et évaluation en éducation*, 16(1,2), 107-132.
- VESLIN, O. y VESLIN, J. (1992). *Corriger des copies*. Paris: Hachette Éducation.

## Otras Voces

---

### ¿Cómo diseñar los contenidos de un tema o de un curso?

---

*Reflexiones y propuestas de Raquel Katzkowicz en torno al capítulo 9*

El capítulo “¿Cómo diseñar los contenidos de un tema o de un curso?” de Joaquín Martínez Torregrosa, Carlos Sifredo y Rafaela Verdú, nos propone un desafío largamente esperado por todos los que estamos de alguna forma vinculados con la educación científica, al sugerir un valiente cambio de postura en el aula de Ciencias.

A lo largo de las últimas décadas, la investigación en didáctica de las ciencias nos ha mostrado claras señales de que el cambio de rumbo era deseable para obtener mejores resultados a partir de nuestro quehacer, que obviamente se transformarían en mejores resultados en el aprendizaje de nuestros alumnos. Entendemos que este cambio, además de deseable, es absolutamente necesario para evitar el creciente número de estudiantes que se alejan de la opción de carreras científicas, así como el claro deterioro del interés y la sensación de dificultad a superar que se perciben en las aulas de ciencias en la secundaria, donde la imagen que reciben los alumnos es una imagen deformada y empobrecida de la ciencia, carente de los aspectos que hacen de la misma una aventura apasionante. Frente a esta situación, los docentes seguían siendo rehenes de la no-coherencia entre lo que mostraba la investigación y lo que, tanto los programas de formación docente como los programas de ciencias experimentales y los libros de texto de los que disponían, les proponían.

La invitación que realizan los autores en este capítulo es permitirnos utilizar una estrategia didáctica coherente con el modelo de aprendizaje de investigación orientada, y esto resignifica el enfoque que llevarían los docentes al aula de ciencias, transformando a la misma en un espacio en el que todos los protagonistas hacen realmente actividad científica, ya que estarían inmersos en la cultura científica. Se propone abandonar la presentación aproblemática de los temas, la separación entre teoría, práctica y problemas, sustituyéndola por una estrategia que actúe en paralelo con la actividad científica real, en la que esta separación es inconsistente y en la que el enfoque de ciencia, tecnología, sociedad y ambiente surge naturalmente, puesto que se jerarquiza una actividad auténtica, imbricada con la realidad del estudiante. Así, es posible presentar cada tema como un trabajo de investigación-innovación a partir de situaciones que atiendan los intereses

reales de los alumnos, y luego documentar y comunicar los resultados, dos acciones imprescindibles para los científicos pero muy poco frecuentes en el aula de ciencias.

Nos impresionó muy gratamente, además, encontrar una gran coherencia interna entre el planteamiento de este capítulo y la propuesta de la obra en su totalidad. Así, se da como lógica secuencia la problemática inicial que plantea el libro de la forma tradicional de enseñar ciencias con la propuesta de reorientación de las estrategias educativas, el desarrollo posterior del modelo propuesto y la sección que se dedica al "aterrizaje" a ejemplos ilustrativos, de la cual nuestro capítulo es una guía *muy abierta* a seguir.

Nos pareció muy importante en el trabajo el hecho de que se habilita, a través de la propuesta, al docente para trabajar como investigador, jerarquizando y profesionalizando así su tarea y haciéndola además más creativa y desafiante para él y sus alumnos. Se le invita en este sentido a reflexionar sobre su práctica, a trabajar desde la metacognición la propuesta didáctica, procurando mejorarla permanentemente motivando a sus jóvenes estudiantes en el aprendizaje de las ciencias. Así, se habla de una "intencionalidad didáctica guiada por una experiencia práctica docente reflexionada y los hallazgos de la investigación educativa".

Encontramos que un aspecto en el que se podría, tal vez, profundizar más es en las propuestas de evaluación alternativas que acuerdan con esta línea de trabajo. El uso de matrices de evaluación y autoevaluación en las recapitulaciones previstas, de portafolios para alumnos y docentes, de tareas de ejecución como, por ejemplo, pequeñas investigaciones, proyectos breves, entre otras, permitirían al docente contar con más elementos acerca de los niveles de comprensión alcanzados por sus estudiantes y los resultados de su propia práctica en esta nueva modalidad de trabajo. Esto permitiría, además, apuntar a la regulación y autorregulación de los aprendizajes de los alumnos y a su autonomía. Como recoge el propio capítulo, se trata de "lograr una total confluencia entre las situaciones de aprendizaje y de evaluación" (Pozo et al., 1992), ya que se diseña el itinerario de evaluación conjuntamente con el de aprendizaje como instrumento para impulsar y asegurar el avance en el problema tratado.

Otro aspecto que tal vez habría que delinear un poco más es la postura que toman los autores frente al tema de los conocimientos previos de los alumnos, acerca de los que la investigación ha sido tan profusa y las posturas han variado desde intentar su "sustitución", hasta el planteamiento del uso del conflicto cognitivo para su problematización, su aceptación como un modelo que persiste en paralelo y les permite a los alumnos también darle significado a la realidad que los rodea.

Por último, creemos que los autores deberían sugerir que este cambio que se propone venga acompañado por otro en la capacitación inicial y en servicio de los docentes, ya que como se plantea, esta modalidad de trabajo le exige al profesor un gran conocimiento de los temas y de la metodología de trabajo. Esto también debería acompañarse de cambios en las propuestas de los currículos de las asignaturas científicas, así como del material didáctico para los programas o propuestas programáticas correspondientes para que no resulte una aventura en solitario de algunos audaces profesionales de la educación.

## Referencias bibliográficas en estos comentarios al capítulo 9

POZO, J. I., GÓMEZ, M. A., LIMÓN, M. y SANZ, A. (1992). *Procesos cognitivos de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la Química*. CIDE, MEC, Colección Investigadora.



## Otras Voces

---

### ¿Cómo profundizar en el estudio de los cambios que ocurren a nuestro alrededor?

---

*Reflexiones y propuestas de Jenaro Guisasola en torno al capítulo 10*

Este capítulo 10 es particularmente útil porque podemos ver una aplicación de los capítulos anteriores en un tema concreto y referido a conceptos donde existen especiales dificultades de enseñanza-aprendizaje, como son el trabajo y la energía. Además, la estructura de la unidad didáctica permite al profesorado informarse de los objetivos y características de aplicación de cada actividad que son coherentes con los resultados de la investigación didáctica expuestos anteriormente y, en concreto, con el modelo de aprendizaje como investigación orientada.

La unidad didáctica comienza resaltando el interés que puede tener el estudio de la energía y el trabajo (actividades 1, 2 y 3), pero lo que la diferencia de otros materiales, que también comienzan resaltando el interés de la energía, es que los estudiantes pueden encontrar situaciones que fomenten su actitud positiva y motivación sobre la energía a lo largo de todo el tema, por ejemplo, entre otras, A.22, A.32 y A.41. Se propone un tratamiento que va abordando los mismos contenidos de forma sucesiva y cada vez analizándolos con mayor profundidad. Este tratamiento en espiral también se realiza a la hora de introducir los conceptos de energía y trabajo. Se comienza con un análisis cualitativo (apartado 1), para posteriormente operativizar los conceptos dentro de unas condiciones concretas. Esto permite tener en cuenta diferentes formulaciones de un concepto y su campo de validez. Se invita a los estudiantes a analizar una serie de cuestiones dentro de unas tareas concretas o situaciones problemáticas. Esto tiene una doble ventaja: por un lado, los estudiantes expondrán sus ideas y tendrán la oportunidad de cambiarlas con el objetivo de resolver un problema; por otro lado, las conclusiones a las que se llegue estarán limitadas a las condiciones en que se ha desarrollado el problema, lo que permite hacer ver a los estudiantes que las leyes y definiciones logradas no se utilizarán como “fórmulas mágicas” para cualquier situación y problema.

A lo largo del tema y de forma contextualizada en actividades, se proporciona al lector/a una amplia muestra de las concepciones alternativas más comunes y de los problemas de enseñanza más discutidos en la bibliografía, por ejemplo, las actividades 20 y

21 respecto al concepto de trabajo. No obstante, el objetivo de la información que se proporciona no es, en mi opinión, explicar cada uno de los tipos de errores conceptuales de los alumnos o cada cuestionario utilizado para su detección, sino informar de las líneas generales de razonamiento utilizadas por los estudiantes y dar una perspectiva general del lugar que ocupan los conceptos de energía y trabajo en el marco conceptual de la física. Se opta por introducir, acertadamente en mi opinión, de forma simultánea energía y trabajo antes de pasar a sus relaciones cuantitativas. No obstante, se debe precisar que ambos conceptos están relacionados pero son epistemológicamente diferentes, como sucede con la fuerza y la aceleración en dinámica o con fuerza eléctrica y campo eléctrico en electricidad (Furió y Guisasola, 1998). Es importante la insistencia que se hace (ver, entre otras, A.13 o A.44) en el análisis sistémico para los conceptos y relaciones. Un sistema puede ser cualquier conjunto de objetos que interactúa con su entorno. La relación  $W = \Delta E_c$  (1) se entiende como que el cambio en la variación de energía cinética del sistema es el resultado de su interacción con el entorno. Cuando las fuerzas son conservativas tenemos que el trabajo realizado se puede expresar como  $-\Delta E_p$  y se puede concretar en  $\Delta E_c = -\Delta E_p$  (2). Entonces,  $\Delta E_c + \Delta E_p = 0$ , lo que implica que la energía total del sistema es una constante del movimiento del sistema (Hecht, 2003).

En los temas que conciernen al calor y al principio de conservación de la energía, que se desarrollarán en las siguientes unidades didácticas, emerge el problema de definir cuidadosamente los conceptos de energía, trabajo, calor y sus relaciones con el tema que acabamos de ver. Es necesario, en mi opinión, que el profesorado contextualice estas relaciones adecuadamente dentro del marco teórico. El problema surge de la relación entre la variación de energía interna del sistema y el principio de conservación de la energía. De acuerdo con Alonso y Finn (1997), la variación de la energía interna del sistema  $\Delta U$  depende de su energía cinética  $E(C)$ , de la energía de interacción entre los objetos del sistema  $E(I)$  y de la energía del propio sistema debido a modificaciones producidas por choques o agentes internos más la energía másica de los objetos  $E(P)$ , es decir:  $\Delta U = \Delta E(C) + \Delta E(I) + \Delta E(P)$ . Además, de acuerdo con el principio de conservación de la energía, la variación de energía interna del sistema es igual a la energía intercambiada por el sistema con el entorno:  $\Delta U = \Delta E_{\text{intercambiada}}$ . La energía intercambiada se expresa en diferentes componentes, como el trabajo absorbido por el sistema ( $Q$ ), el trabajo realizado sobre el sistema ( $W$ ) y la radiación absorbida por los objetos del sistema ( $R$ ). Cada término con el signo positivo o negativo, según el sistema gane o pierda energía. La componente radiación, desafortunadamente, no suele mencionarse a los estudiantes, a pesar de que cada día se tiene más en cuenta en las aplicaciones tecnológicas. Por tanto:  $\Delta E_{\text{intercambiada}} = Q + W + R$  y como  $\Delta U = \Delta E_{\text{intercambiada}}$  tenemos que:  $\Delta E(C) + \Delta E(I) + \Delta E(P) = Q + W + R$ . Si se puede despreciar la componente de radiación estamos ante la primera ley de la termodinámica que observa los procesos tratados en mecánica para el nivel de enseñanza que estamos analizando.

Cuando el sistema es una partícula, como los casos estudiados en esta unidad didáctica, por ejemplo al analizar el movimiento de un objeto-partícula que cae al suelo desde una altura  $h$ , se puede prescindir de la energía  $E(I)$ , ya que suponemos que no hay interacciones internas del sistema y de la energía  $E(P)$  y que no hay cambios en la estructura interna del cuerpo durante la caída antes de tocar el suelo. Asimismo, podemos despreciar de  $Q$  y  $R$ , con lo que resulta que  $\Delta E(C) = W$ , es decir,  $\Delta E_c = W$ , que es la expresión (1) considerada al principio. Además, si en el ejemplo despreciamos el rozamiento del aire, la única fuerza que actúa sobre el sistema es conservativa (la fuerza de la gravedad) y se cumple que  $\Delta E_c = -\Delta E_p$  que es la expresión (2) considerada al principio. Para finalizar,

quiero resaltar la adecuación de las actividades propuestas a los estudiantes a objetivos procedimentales, como emisión de hipótesis (por ejemplo, A.4, A.38...), elaboración de estrategias de resolución (por ejemplo, A.6, A.36...), análisis de variables (por ejemplo, A.17...) o planteamiento y resolución de auténticos problemas (por ejemplo, A.46, A.47 ..). Asimismo, se proponen actividades de autoevaluación, como A.26 o A.44, a lo largo del tema que permiten a los estudiantes una continua retroalimentación con lo que van aprendiendo.

Si podemos desarrollar unidades didácticas como la comentada que sean aceptadas y utilizadas por el profesorado y el alumnado con los objetivos diseñados, en lugar del discurso transmisivo habitual, estaremos en condiciones de convertir la clase de ciencias en un lugar de comunicación de la cultura científica, es decir, un lugar donde los estudiantes aprendan de forma significativa los procedimientos propios de la metodología científica, sus objetivos y relaciones con la sociedad y los conceptos científicos y leyes analizados.

## Referencias bibliográficas en estos comentarios al capítulo 10

ALONSO, M. y FINN, E. J. (1997). Energy as a unifying concept in the introductory physics course. En E. F. Redish y J. S. Rigden (Eds.), *The Changing role of physics departments in modern universities*. American Institute of Physics, 519-530.

FURIÓ, C. y GUIASOLA, J. (1998). Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, 82(4), 511-526.

HECHT, E. (2003). An Historical-critical account of potential energy: Is PE really real?, *The physics Teacher*, 41(8), 486-493.



## Otras Voces

---

### ¿Qué problemas plantean la obtención y el consumo de recursos energéticos?

---

*Reflexiones y propuestas de Josefina Barandiarán en torno al capítulo 11*

Analizar y comentar este capítulo me exige hacer referencia al objetivo del libro en su conjunto. Según sus autores, este libro se concibe para abordar el problema de la falta de interés por los estudios científicos que muestra buena parte del alumnado de secundaria en los países desarrollados. Partiendo de la idea de que la educación tecnocientífica es un objetivo social prioritario en la actualidad, en el libro se sientan las bases de cómo debe concebirse la educación científica de modo que se consiga interesar al alumnado en los estudios científicos y, simultáneamente, se contribuya a formar ciudadanos y ciudadanas que puedan participar en la toma de decisiones sobre temas sociales de carácter tecnocientífico de manera fundamentada.

Los autores hacen propuestas de mejora de la educación científica en el bachillerato mediante dos ámbitos de actuación. Uno de ellos consiste en la presentación y desarrollo de un nuevo modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación orientada en torno a situaciones problemáticas de interés. El otro tiene que ver con la atención a problemas que, junto con otros, configuran el estado actual del mundo, que algunos califican de emergencia planetaria.

Considero muy oportuna la selección de ejemplos que ilustran todo lo anterior y que constituyen la tercera parte del libro y, de manera especial, la inclusión de los dos capítulos relacionados con la energía. No sólo se justifica su interés por el hecho de tratarse de uno de los conceptos científicos con más potencialidad explicativa, sino que ofrece la posibilidad de abordar algunos de los problemas más determinantes del actual estado de cosas: los que están asociados a la obtención y uso de la energía (escasez de los recursos energéticos, contaminación ambiental y sus consecuencias, problemas de la producción, transporte y almacenamiento de los residuos radiactivos, desastres ecológicos que se pueden originar por los impropriadamente llamados “accidentes” en la extracción y transporte de los recursos energéticos, etc.).

Este capítulo dedicado a las fuentes de energía es una muestra muy acertada de cómo integrar esos dos campos de actuación a los que antes he hecho referencia. En efecto, a través de las actividades que en él se plantean se involucra al alumnado en un proceso de investigación en torno a problemas de sobrado interés que, además, ponen de manifiesto las dimensiones sociales del desarrollo tecnocientífico. En este sentido, puede afirmarse que es una forma de abordar los contenidos CTSA –ciencia, tecnología, sociedad y ambiente– en el currículo de ciencias.

Creo que merece la pena destacar algunas de las aportaciones más significativas de este capítulo, refiriéndolas a tres aspectos de la estrategia que en él se plantea, acorde con el modelo de aprendizaje como investigación orientada que se propone.

Uno de ellos tiene que ver con el conocimiento que el alumnado debe tener de la situación actual del mundo. Me parece un enfoque muy acertado el empeño en que los estudiantes construyan una visión dinámica del estado del planeta, una situación en evolución, que comprendan que las cosas no han sido siempre como lo son ahora y, lo que creo que es más importante, que conciban que el futuro no está predeterminado. Esta rápida mirada hacia el pasado reciente, conectada con la situación actual, sienta las bases didácticas para que el alumnado pueda aceptar que se planteen alternativas encaminadas a preservar el planeta para las generaciones venideras.

Otro aspecto a señalar es el análisis de los problemas relacionados con la obtención y consumo de energía, que permite comprender de qué manera la utilización de las fuentes de energía contribuye a caracterizar la situación crítica del planeta. Merece la pena destacar el énfasis de los autores en resaltar que esos problemas están conectados con otros que, en su conjunto, configuran el actual orden de cosas. De esta manera, no sólo se favorece que el alumnado construya una visión más ajustada de la situación, sino que se prepara el terreno para el posterior tratamiento de las posibles alternativas de futuro, que necesariamente han de abordar de forma global tanto el diagnóstico de la situación de partida como las medidas a tomar.

En ese análisis de los problemas asociados a las fuentes de energía es de destacar la acertada conexión que se establece entre conceptos científicos convencionales y otros necesarios para comprender la situación actual del planeta y las alternativas para una evolución sostenible de la misma. Me estoy refiriendo, por ejemplo, a la relación entre una de las propiedades de la energía que habitualmente se estudian, como es su degradación y disipación en los procesos de transformación, con la idea de eficiencia energética; o bien, el principio de conservación de la energía en un sistema cerrado con la necesidad de ahorrar energía, consumir menos e incluso la conveniencia de “producir más” energía útil.

El tercer aspecto que quiero resaltar tiene que ver con el hecho de pedir a los estudiantes que reflexionen sobre las medidas que deben tomarse, en lo que a la energía se refiere, para construir un futuro sostenible. Esto permite, además de analizar la viabilidad de propuestas concretas, incluir el futuro como una dimensión del currículo, dejando de ser parte del currículo oculto, para hablar explícitamente de él (Vilches y Gil-Pérez, 2003). Hablar de futuro en el aula supone plantear al alumnado qué futuro puede garantizar la vida de generaciones futuras, cuáles han de ser las medidas que han de tomarse. Merece la pena hacer mención del énfasis que se pone en que el alumnado:

- tome conciencia de que las soluciones a los problemas actuales y, por tanto, las medidas que deben ponerse en marcha para poner fin a esos problemas y a las causas que los producen, no son sólo de índole científico-técnica, sino que requieren la voluntad política de los gobernantes y tienen también dimensiones económicas, sociales y éticas;

- pueda cuestionar afirmaciones habituales en ciertos medios, tales como que no hay alternativa a los combustibles fósiles o que no hay otras posibilidades distintas de la que ofrece la energía nuclear, entre otras, analizando nuevas formas de aprovechamiento de las fuentes renovables de la energía, como la solar y otras que han sido utilizadas por la humanidad desde hace muchos siglos, especialmente la eólica y la hidráulica;
- entienda que las medidas –a corto, medio y largo plazo– que deben tomarse han de estar necesariamente interconectadas.

Como no podía ser de otra forma al abordar este tipo de cuestiones, se presenta el modelo de desarrollo sostenible para señalar hacia dónde se deben orientar las actuaciones si queremos garantizar la supervivencia de las generaciones futuras. Es en relación con esto último que estimo oportuno señalar, más que un problema, algo que debería tenerse en cuenta en el diseño de actividades que se proponen al alumnado. Me estoy refiriendo al hecho de que la idea de “desarrollo sostenible” aparezca en diferentes momentos en el programa de actividades sin que se haya abordado explícitamente el significado del término que, por otra parte, al alumnado le resulta novedoso, al menos en el ámbito escolar. Se trata de un concepto complejo, con una contribución fuerte de dimensiones económicas probablemente desconocidas por los estudiantes, y que quizás convendría analizar mínimamente, aunque sólo sea para conseguir una primera aproximación a la idea misma de desarrollo. Quizás esto apunta a la necesidad de integrar conocimientos procedentes de otras disciplinas, como la economía, por ejemplo.

Por otra parte, no debe perderse de vista que la controversia que existe –y señalan los autores en otro capítulo del libro– en torno a los significados que pueden dársele al término –y, de hecho, se le dan– precisa también una clarificación de partida. Comparto la opinión que expresan los autores en otro capítulo cuando señalan que, al margen de interpretaciones y controversias, está la idea básica de sostenibilidad. Ahora bien, el uso que se está haciendo del término “desarrollo sostenible” por parte de potentes empresas eléctricas, industrias químicas, etc., a través de los medios de comunicación a los que accede fácilmente la población –no sólo prensa, sino también radio y televisión– requiere salir al paso de interpretaciones que intenten conciliar la exigencia de sostenibilidad del futuro con el mantenimiento del modelo de desarrollo actual, sin cuestionarlo ni hacer propuestas alternativas. En este sentido, me parecen adecuados algunos análisis (Luffiego y Rabadán, 2000) que facilitan, en primer lugar, la clarificación que necesitamos los profesores y profesoras de ciencias en relación con este tema, para propiciar, a continuación, un tratamiento adecuado en el aula con el alumnado.

## Referencias bibliográficas en estos comentarios al capítulo 11

LUFFIEGO, M. y RABADÁN, J. M. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 473-486.

VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.





## Otras Voces

---

### Tierra y cielos: ¿Dos universos separados?

---

*Reflexiones y propuestas de Antonio Moreno en torno al capítulo 12*

La historia de la ciencia es un buen muestrario sobre cómo la aceptación de las teorías científicas es un proceso lento y dificultoso, proceso en el que no sólo hay que salvar los obstáculos relativos a la comprensión de las novedades conceptuales y metodológicas, hay que superar también barreras sociales, ideológicas y confesionales mucho más imperativas y condenatorias que las científicas.

La historia de la gravitación universal es ejemplar en cuanto a su riqueza como proceso y como acontecimiento social. Desde que los primeros observadores de los cielos fueron atraídos por las regularidades celestes y desde que se empezaron a asociar aquellas danzas armónicas de estrellas, planetas y satélites con la vida cotidiana, tanto en el comportamiento natural de animales y plantas como en la pretendida influencia astral en el destino de los individuos, desde entonces, no se ha dejado de prestar atención al universo.

Influidos por las convicciones religiosas de que todo ha de girar en torno a algo o a alguien más principal que el resto, se buscaba un centro que para unos fue la Tierra, y para otros, los menos, el Sol, el astro rey, la divinidad hecha fuego. La superación de la creencia en la Tierra como centro del universo está jalonada de una lucha titánica en la que algunos perecieron, otros fueron condenados por heréticos y muchos relegados al olvido. Fue una lucha de siglos, hubo que esperar a que las libertades destapadas por el Renacimiento, movimiento cultural y social que abre las puertas al mundo moderno, permitieran levantar la voz contra la tiranía del poder mal ejercido y expresar el pensamiento tal como se derivaba de la observación de la naturaleza. Copérnico, Kepler, Galileo y, finalmente, Newton, por citar los más sobresalientes, fueron los impulsores de la instauración de la visión científica de la naturaleza por encima de los condicionantes teológicos que secularmente venían dominando. Entonces empieza una nueva forma de indagar, de investigar puede decirse ya, una filosofía natural diferente a la establecida por los griegos, basada en el conocimiento de los hechos, la experimentación y la matematización de los resultados. Este cambio paulatino en las formas de mirar, de concebir, de expresar, de estudiar, de medir, constituyó lo que algunos historiadores, entre los que sobresale Thomas Kuhn, dieron en llamar una *revolución científica*, denominación que, de ser mantenida, ha

de entenderse en todo caso como un proceso de asimilación que desemboca finalmente en la ruptura con lo precedente (Fuller, 2000). No obstante estas precauciones conceptuales, la imposición definitiva del sistema heliocéntrico sobre el geocéntrico, junto con la trama teórica que generó, se puede considerar como la revolución que menos dudosamente puede ser calificada como tal, porque cumple el requisito esencial en el planteamiento kuh-niano: la inconmensurabilidad de los paradigmas, es decir que no pueden ser comparados porque proceden de esquemas conceptuales distintos. Y en este caso poco tienen que ver entre sí el paradigma aristotélico defenestrado con el newtoniano, por resumir en una palabra final y culminante las contribuciones de quienes fundamentaron el heliocentrismo.

Desplazada, por Copérnico, la Tierra de su posición hegemónica; desarticulados, por las leyes de Kepler, los mitos de la circularidad y del movimiento uniforme tenidos como propios de la perfección de los cielos; mostradas, por Galileo, las manchas solares y los cráteres en la Luna, manifestación de que la materia celeste era al menos tan corrupta como la terrestre, la diferenciación casi moral entre los cielos y la tierra –aquellos puros e incorruptibles; ésta, imperfecta y alterable– era insostenible. Fue la Ley de la Gravitación Universal, síntesis de saberes ya establecidos y otros aportados por Newton, la que matemática y definitivamente establece que no hay dos mundos, ni son necesarias dos físicas para entender los fenómenos celestes, por un lado, y los terrestres, por otro. Un solo mundo, un universo único y una sola física son los puntos de partida de la ciencia moderna iniciada en el siglo XVII.

El asunto crucial a solventar era asociar el movimiento elíptico con fuerzas inversamente proporcionales al cuadrado de las distancias. Este carácter central de las fuerzas gravitatorias era intuido por muchos, pero le cupo a Newton la gloria de proponerlo con el rigor científico y predictivo que a partir de entonces se empezaba a exigir a las propuestas científicas. Newton en sus *Principia* (1687), aplicó con éxito sus proposiciones a resolver el “problema de la Luna”, es decir por qué la Luna “gravita hacia la Tierra y es continuamente desviada del movimiento rectilíneo”, es decir por qué la Luna está en “caída libre” permanente pero se mantiene en su órbita con una evidente periodicidad (Galindo et al., 1998).

En la historia de la gravitación universal, como en cualquier historia, se encuentran relatos desigualmente fidedignos. Elegir qué historia es la más veraz es un asunto que sólo puede resolverse yendo a las fuentes originarias, lo que no siempre es posible ni está al alcance de todos. En este aspecto, también la gravitación universal es ejemplar, como puede verse en los libros de texto, en los propios libros de historia de la ciencia y en los tratados sobre filosofía de la ciencia. Aparte la variedad de formas en que se cuenta “lo que hizo Newton”, es común a casi todas las publicaciones atribuir a Henry Cavendish la medida de  $G$ , la constante de la gravitación universal. Atribución falsa, porque Cavendish, en la publicación aparecida en 1798, lo que pretendió fue contribuir a la solución del problema geológico en boga en su tiempo: determinar la densidad media de la Tierra. Algunos ya la habían calculado, pero Cavendish lo hizo, y aquí radica la diferencia con los demás, a partir de la atracción gravitatoria entre cuerpos esféricos suspendidos en una balanza de torsión (Moreno, 2000 y 2001).

Las leyes y el estilo newtonianos, sustento del mecanicismo con que se ha venido interpretando la naturaleza durante más de dos siglos, entraron en crisis a finales del siglo XIX. La acosaron los planteamientos energetistas, alineados con la naciente termodinámica como una ciencia al margen de la física de Newton, acoso que pronto acabó en reconciliación; la teoría cuántica, que puso en entredicho el determinismo reinante en la

física desde el siglo XVII; y la relatividad einsteiniana con sus nuevos planteamientos sobre las concepciones básicas de espacio y de tiempo. Los cambios que afectan significativamente al orden denominado clásico, los impactantes cambios cuánticos y relativistas, son propios de la naturaleza en el terreno de las altas energías, y sólo han supuesto, por tanto, una acotación del ámbito en que lo newtoniano prevalece, que para honra de quienes protagonizaron aquella revolución primigenia, sigue siendo la inmensa mayoría de la física del mundo a nuestro alcance.

## Referencias bibliográficas en estos comentarios al capítulo 12

FULLER, S. (2000). *Thomas Kuhn, A Philosophical History for Our Times*, Chicago: The University of Chicago Press.

GALINDO, A., MORENO, A., BENEDÍ, A. y VARELA, P. (1998). *Física*. 2º Bachillerato LOGSE. Tema 4, Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

MORENO, A. (2000). "Pesar" la Tierra: test newtoniano y origen de un anacronismo. *Enseñanza de las Ciencias*, **18**(2), 319-332.

MORENO, A. (2001). "Weighing" the Earth: a Newtonian Test and the Origin of an Anachronism, *Science and Education*, **10**(6), 515-543. Ampliación de Moreno, 2000.



## Otras Voces

---

### ¿Cómo explicar la gran diversidad de materiales y sus transformaciones?

---

*Reflexiones y propuestas de Mercè Izquierdo en torno al capítulo 13*

Un poco más de lo mismo...

Lo más interesante al aprender ciencias es aprender a construir y utilizar “modelos teóricos” es decir, a hacer uso de la capacidad de imaginar situaciones que van más allá de lo que se ve para poder explicar los fenómenos. Llamamos a esta manera de pensar “pensamiento teórico” y su interés radica en que permite ir “atando cabos” de manera que un único modelo permita explicar a la vez muchos fenómenos aparentemente muy diferentes.

La característica más notable de esta manera de pensar es “ver” simultáneamente el modelo y el fenómeno, ya que ninguno de los dos, por separado, tiene interés científico.

Uno de estos Modelos es el que ahora tratamos: el modelo corpuscular de la materia, que empieza por el “modelo-gas” y va desarrollándose a medida que permite explicar los fenómenos químicos, termodinámicos y la naturaleza eléctrica de la materia.

Podemos profundizar ahora en tres aspectos del modelo que se ha ido presentando en este capítulo:

1. ¡Los gases son muy raros!
2. Sin los gases no podríamos escribir ecuaciones químicas...
3. El comportamiento de la atmósfera plantea nuevas cuestiones.

## 1. ¡LOS GASES SON MUY RAROS!

**A.1.** “Los gases son muy raros”. Justifiquen esta afirmación mostrando las aparentes contradicciones entre afirmaciones como las siguientes: sus partículas se mueven solas sin gastar energía, los gases ocupan todo el recipiente a pesar de estar formados por partículas discretas, las partículas tienen tamaños despreciables pero pesan, todos se comportan igual pero son sustancias diferentes.

**Comentarios A.1.** Con esta pregunta se trata de animar a los alumnos a argumentar la pertinencia del modelo y a justificar la relación entre el modelo y lo que se quiere explicar con él. Para que esto funcione, es necesario admitir puntos de partida que deberían sorprender pero que, si se aceptan, son extraordinariamente fructíferos; sin embargo, es necesario contemplar a la vez el modelo y el fenómeno: un recipiente está siempre “lleno de gas” aunque digamos que en él hay “vacío” (es decir, aunque la presión en su interior sea muy pequeña) e imaginemos partículas discretas en su interior.

El movimiento intrínseco de las partículas es uno de estos puntos de partida que va a acompañar siempre más a cualquier modelo, introduciendo el concepto de “azar” y ayudando a avanzar a través de los vericuetos de la termodinámica. Esta idea se introduce de una manera convincente a partir de los gases, ya que sólo así se explica que “hagan presión hacia arriba”, que llenen siempre todo el recipiente y que se repartan de manera homogénea.

Aprender a pensar en términos de un modelo requiere disciplina mental: no se pueden infringir las reglas del juego que impone el modelo teórico. Por esto, puede resultar interesante plantear situaciones inesperadas para asegurar que los alumnos no se desconciertan y se mantienen en el marco del modelo. La cuestión siguiente, derivada de la A-7, puede dar lugar a una reflexión de este tipo:

**A.2.** Un frasco con éter vaporizado pesa lo mismo que un frasco con la misma cantidad de éter líquido. Pero... ¿y si, al hacer la experiencia, pesara menos?

**Comentarios A.2.** Si pesa menos es que se han escapado partículas. Se ha de tener en cuenta que además de éter hay aire y que el vapor de éter puede haber desplazado partículas de aire, si el frasco no estaba bien tapado. Al evaporarse el éter aumenta la presión, y esto puede haber ocasionado fugas.

## 2. SIN LOS GASES NO PODRÍAMOS ESCRIBIR ECUACIONES QUÍMICAS...

Tal como ya se ha comentado, el modelo corpuscular-gas explica el comportamiento físico de los gases (y, por extrapolación, el de los materiales sólidos y líquidos), pero también aporta ideas para explicar el comportamiento químico de los materiales. Hay un aspecto que se encuentra entre ambos enfoques (el físico y el químico) y que podría solucionarse ahora: se trata de poder determinar la “unidad” material, física, que interviene en la reacción química.

Sin las maravillosas regularidades que presentan los gases hubiera sido imposible llegar a conocer las fórmulas con las cuales escribimos ecuaciones químicas. Por esto, vale la pena empezar a pensar que, aunque todos los gases son iguales desde un punto

de vista corpuscular, también presentan importantes diferencias; y precisamente este contraste entre el modelo y la realidad es el que permite avanzar y continuar desarrollando el modelo.

### A.3. “El autocar de partículas”: ¿se puede utilizar esta analogía para comparar la masa de las partículas de gases diferentes?

**Comentarios A.3.** Los alumnos han llegado a la conclusión de que  $V = f(N, t, P)$  o, mejor aún, de que  $V = f(N, T, P)$ . Los alumnos saben también que gases diferentes tienen diferentes densidades (como ocurre con todos los materiales, ya que la densidad es una de sus propiedades características). Por lo tanto, la masa de un determinado  $V$  de gases diferentes es diferente porque será proporcional a la densidad. Relacionando estas dos “reglas del juego” se puede relacionar la masa del gas con  $N$  y llegar a la conclusión de que la masa de las partículas de gases diferentes será diferente.

Es muy importante conocer la masa de las partículas para poder conocer su fórmula, pero es muy difícil hacerlo. Sin los gases, seguramente hubiera sido imposible. Por esto, es muy importante comprender cómo puede hacerse este cálculo.

El volumen de los gases (si sabemos  $P$  y  $T$ ) indica cuántas partículas tenemos, sea cual sea el gas. Podemos ponernos de acuerdo y determinar cuál es el volumen que corresponde a  $N=1$  (fijando también la temperatura y la presión, y calculando el valor de la constante de proporcionalidad) y, a partir de ello, averiguar las masas diferentes que, para cada gas, corresponden también a  $N=1$ ; de esta manera estamos comparando la masa de sus partículas. ( $N=1$  será, a partir de ahora, 1 mol y el número real de partículas será proporcional a éste, e igual para todos los gases).

Podemos utilizar la analogía del autocar para comprender cómo se pueden “contar partículas” a partir del volumen. Supongamos que un autocar transporta 60 viajeros. Si ha hecho 2 viajes transportando turistas, ha transportado 120 turistas; si ha hecho dos viajes transportando niños de una escuela, ha transportado 120 niños. Una vez ya tenemos contadas las partículas, podemos comparar las masas: si pudiéramos pesar a los turistas de un autocar y a los niños del otro, ¿qué resultado creéis que obtendríamos?

### A. 4. ¿Se puede conocer la masa molar del gas de un encendedor?

**Comentarios A.4.** Esta experiencia puede realizarse fácilmente siempre que se tomen las precauciones necesarias.

Se ha de empezar apretando la palanca de salida del gas sin producir la chispa que daría lugar a la llama: ‘se oye’ como sale el gas y se huele, pero no se puede ver; esta situación ya puede dar lugar a comentarios interesantes, que permitan darse cuenta de que el gas del encendedor es diferente del aire.

A continuación se pesa el mechero y se anota la masa. Se anota también la presión y temperatura en el laboratorio. El paso siguiente es algo más difícil, pero también sugerente: como el gas del mechero no es soluble en agua, puede recogerse sobre ella. Para ello se sumerge el mechero en un recipiente con agua en el cual se mantiene en pie un tubo graduado (una probeta) también lleno de agua, se coloca el mechero en la boca del tubo y se acciona la palanca de salida del gas de manera que éste vaya llenando el tubo, a medida que desplaza el agua que contenía.

A continuación se seca el mechero y se pesa de nuevo, y se anota el volumen de gas en la probeta. La diferencia entre la masa inicial y la final es la masa del gas en la probeta. Se puede suponer que la presión del gas en la probeta es la misma que en el laboratorio.

Los cálculos se pueden realizar a partir de la ley general de los gases que los alumnos ya conocen. A partir del volumen de gas recogido encuentran  $n$  y dividiendo la masa del gas por  $n$  se encuentra la masa molecular del gas; como no sabemos si se trata de una sola sustancia o de una mezcla (que, al ser gases las sustancias, será homogénea), la masa molar que calculemos será una ‘masa molar media’.

#### **A.5. ¿Se parecen, las disoluciones y los gases? ¿Podemos explicar su comportamiento con el “modelo gas”?**

**Comentarios A.5.** Volvemos con ello a la sorprendente constatación del “movimiento intrínseco de las partículas” que es una de las “reglas” del modelo corpuscular. Es necesario que los alumnos relacionen el comportamiento del gas con el del soluto en una disolución diluida, puesto que ello ayuda a comprender por qué se disuelven muchas sustancias (el factor de azar), la homogeneidad de las disoluciones y la posibilidad de calcular las masas molares de los solutos a partir de las propiedades generales de las disoluciones que se derivan de este “modelo de disolución”.

### **3. EL COMPORTAMIENTO DE LA ATMÓSFERA PLANTEA NUEVAS CUESTIONES**

“Hay menos presión en lo alto de una montaña que en el valle”. He aquí una afirmación experimental, fácil de comprender y, en general, convincente, pero que plantea también problemas. De hecho, al referirnos a la presión atmosférica estamos empezando a situarnos en el marco de un modelo algo diferente: el gas ya no se encuentra encerrado en un recipiente y, por consiguiente, ya no se expande todo lo que éste le permite, sino que queda retenido por la gravedad, que no actúa exactamente igual sobre todo él. La diferente presión en lo alto de la montaña ya no se relaciona con las variables que se han utilizado hasta ahora (que continúan teniendo su función, por supuesto, porque no se pueden cambiar las “reglas del juego”), sino que tiene que ver con el grosor de la capa de aire que hay por encima.

Puede compararse, por lo tanto, con lo que ocurre en el interior de un líquido, aunque éste no hace “presión hacia arriba”, como continúan haciendo los gases en el “mar de aire”. Esta reflexión puede desarrollarse en la experiencia siguiente:

#### **A.6. ¿Por qué asciende un globo lleno de gas caliente?**

**Comentarios A.6.** La diferencia de densidad entre el aire caliente y el aire frío no es suficiente para que el globo pueda elevarse. Es necesario tener en cuenta que en la base del globo éste experimenta más presión que en lo alto, y esta diferencia contribuye a elevarlo.

Se puede realizar una experiencia para demostrar esta diferencia de presiones comparando el “mar de aire” con un “mar líquido”. Preparamos el siguiente dispositivo: un embudo cubierto con una película elástica (obtenida recortando un globo de los que se utilizan en las fiestas infantiles) y conectado mediante un tubo de goma



suficientemente largo a un tubo en U medio lleno con un líquido coloreado. Inicialmente el líquido coloreado se encuentra al mismo nivel en ambos brazos de la U, pero al introducir el embudo en un recipiente grande lleno de agua, el líquido coloreado asciende por uno de los brazos de la U, mostrando que la presión en el fondo del recipiente es mayor que la atmosférica debido al "peso" (presión) del agua.

Lo mismo ocurre en la atmósfera, pero debido, ahora, a la presión del "mar de aire" que depende de la profundidad a la cual se mida.

#### **A.7. ¿Por qué disminuye la presión atmosférica cuando va a llover?**

**Comentarios A.7.** Es complicado hacer funcionar a la vez las reglas del juego del "gas encerrado en un recipiente" y del "mar de aire". Uno de los escollos es que en los gases encerrados su comportamiento depende el número de partículas, pero en el 'mar de aire' también depende del peso de estas partículas. No "pesan" lo mismo las moléculas de nitrógeno y de oxígeno que las de agua, que son mucho más ligeras. Una atmósfera húmeda no ejerce la misma presión que una atmósfera seca, por más que un mol de agua gas y un mol de oxígeno, ocupando igual volumen a la misma temperatura, ejerzan la misma presión sobre el recipiente.

Cuando se piensa en términos de "mar de aire" necesitamos pensar en el modelo "Planeta Tierra", que gira llevando "pegada", debido a la gravedad, una masa de gas que "pesa" y ejerce presión sobre "el fondo", es decir, sobre todos nosotros.



## Otras Voces

---

### ¿Qué desafíos tiene planteados hoy la humanidad? Educación para el desarrollo sostenible

---

*Reflexiones y propuestas de Eduardo González en torno al capítulo 14*

Antes que nada quiero resaltar la importancia de este programa de actividades por haber incluido una sección dedicada a los “problemas del mundo” y a la discusión de los posibles caminos de resolución. Ésta es una manera concreta de asumir los desafíos de la alfabetización científica en el contexto de un “malestar” o desinterés que embarga a los jóvenes (y también a los adultos) ante un mundo donde se estrechan las oportunidades y se levantan los muros del odio y la violencia cada vez con mayor intensidad. Precisamente, la inclusión de estos temas en la formación docente y en la enseñanza de las ciencias es un motor que puede facilitar un cambio de actitud y un compromiso de la comunidad educativa.

Pero el planteamiento de este texto va más allá; no se trata simplemente de incorporar “finés externos” para generar interés por el aprendizaje de las ciencias; el tratamiento de los problemas del mundo es “interno”, es propio y es pertinente al programa de alfabetización científica. Destacamos varias razones para sostener esta afirmación: a) la actividad científica –o tecnocientífica– ha contribuido, en manos de un poder social deshumanizado, a generar la contaminación y degradación ambiental actual, b) la misma actividad científica ha señalado, analizado y precisado estos peligros y está contribuyendo a dar respuestas tecnológicas a los problemas de la sustentabilidad, c) estos desarrollos aproximan la actividad científica a nuevas visiones epistémicas, holísticas e interdisciplinarias del objeto de su trabajo, es decir que tienden a la superación de la fragmentación disciplinar, d) la alfabetización científica ha sido concebida en el contexto de esas preocupaciones, como una intención de contribuir a visiones críticas y democráticas, asumiendo que no puede haber educación válida que oculte esta realidad. No se trata entonces de “politizar” la enseñanza, sino de educar en relación a uno de los problemas que ocupa hoy mayor atención entre científicos y tecnólogos, de las *zonas oscuras* del mundo, que a veces son eludidas en el campo político y económico, pero que contaminan la idea de futuro de cualquier proyecto que merezca llamarse humano.

Finalmente, deseamos destacar la importancia de los aspectos planteados al proceso educativo: la degradación en la vida del planeta, causas del actual proceso de degradación... y nuevos problemas, ¿qué hacer para avanzar hacia una sociedad sostenible?, desarrollo sostenible y derechos humanos, recapitulación y perspectivas. En cada uno de ellos se presentan actividades abiertas que propician la polémica, lo axiológico y el compromiso, al mismo tiempo que no pierden de vista la perspectiva del conocimiento tecnológico.

Sobre la base de estos acuerdos sustanciales, expongo a continuación algunos comentarios críticos o aportaciones al texto.

En la actividad A.10 se plantea la discusión acerca del crecimiento demográfico, sin duda una de las cuestiones de mayor importancia entre los problemas del mundo actual. Un crecimiento desmedido no sólo agrava los problemas concretos de cada país, sino que genera una carrera insensata hacia la degradación global. Pero ello debe ser pensado en los términos de los desequilibrios existentes, uno de los cuales se refiere precisamente a los diferentes ritmos de crecimiento poblacional. En ese sentido, deberíamos considerar también la posibilidad de que la baja tasa de crecimiento pueda ser un problema en países poco poblados; sin duda, las cosas se plantean de modo muy diferente en China o la India, que en Bolivia, por ejemplo, país donde los bajos niveles poblacionales son considerados como un problema para el desarrollo económico. En la Argentina se decía hace un siglo que "gobernar es poblar", aludiendo a los grandes espacios abiertos, despoblados y no incorporados al proceso productivo en la pampa o la Patagonia; hoy, sin duda, las cosas son muy diferentes y, a pesar de que su densidad poblacional es baja comparada con muchos otros países, parece haber hallado una población aceptable que le permite, en una integración regional, insertarse en una economía de escala. Se trataría entonces de hacer un esfuerzo por contemplar la mayor diversidad de situaciones en cuanto a la densidad poblacional de los países y de señalar algunos caminos de solución que van allá de los marcos del Estado nación.

En la actividad A.13, donde se plantean las diferentes medidas que cabría tomar para poner fin a los problemas considerados en el capítulo, se me ocurre necesario plantear la cuestión con mayor amplitud: por un lado, creo que antes de hablar de "medidas" se deberían considerar los órdenes o dimensiones en los que se debería tratar el problema (tecnológico, político, jurídico-legal, ideológico-filosófico, educativo, comunicacionales, modos de vida, etc.); por el otro, no creo que se trate exactamente de medidas, sino de cambios profundos en la vida y la cultura (como se ha mencionado en trabajos que se citan y como se insinúa en el mismo texto); finalmente, no pueden dejar de mencionarse las grandes dificultades y resistencias de todo tipo que habrán de enfrentarse para llevar a cabo estos proyectos o medidas, lo que nos coloca ante la gravedad total de la sobrevivencia de la humanidad y a cómo abordarla, dentro y fuera de la escuela. Es muy posible que todo esto ya haya sido dicho en otros capítulos; lo mío es simplemente para destacar que al hablar de "medidas" parece reducirse el problema. Sabemos que, desgraciadamente, el problema es más complejo y ello debe ser expuesto con total honestidad y valentía a los lectores.

En la A.16 se propone recuperar los "comportamientos individuales" necesarios para resolver los problemas de la contaminación, a los que adhiero, porque debemos ser conscientes que, aunque las contribuciones individuales son como granitos de arena, "hay montañas de arena" (Atahualpa Yupanqui). Pero valdría la pena recalcar, al mismo tiempo, el valor de la acción colectiva. Por ejemplo, para citar un ejemplo reciente, creo que la

decisión de retirar las tropas españolas de la guerra en Irak no habría sido posible sin las grandes manifestaciones, donde millones de españolas y españoles (y extranjeros que viven en España) dijeron con toda su vitalidad un “no a la guerra”. Esas manifestaciones recorrieron todo el planeta a través de los medios de comunicación y fueron un ejemplo para el mundo. Seguramente podremos dar una buena cantidad de estos ejemplos. Individual y colectivamente, aparecerán entonces como dos aspectos inseparables.

Creo que valdría la pena dar un lugar a la discusión sobre la *democratización planetaria*; algo que, de otro modo, podría no ser mencionado o quedaría disminuido al nivel de una retórica hueca. La humanidad dispone hoy de los medios para sostener una vida digna de todos los habitantes del planeta. Lo que sucede es que no hemos progresado en la conciencia de la totalidad de los problemas planetarios, en los derechos sociales y políticos y en el respeto a nuestros semejantes (y al planeta y sus diversidades), como en el campo tecnológico y científico. La nueva *sociedad-red*, donde el conocimiento es el insumo básico del desarrollo, no puede sustentarse en desigualdades inicuas o en la prepotencia imperial lisa y llana. La democratización del planeta es un gran objetivo que debe ser planteado con toda energía, una y otra vez, especialmente en el plano educativo, pero también en las discusiones científicas o en las plataformas políticas. Ha llegado la hora de enfrentar la globalidad desde una perspectiva integral. Pero también debemos recuperar instrumentos de mediación en marcha hacia esa conciencia planetaria y a la deseada democratización. Es el papel que pueden cumplir las organizaciones regionales, como la UE o MERCOSUR, el Pacto Andino y otras asociaciones transnacionales. Por otro lado, deberían mencionarse las polémicas que generan otras instituciones, como el FMI o el BM, creadas con fines de bien común, para servir al desarrollo de los pueblos, pero que han perdido el rumbo, como bien denuncia el premio Nobel de Economía Joseph Stiglitz. Si estas discusiones nos llevaran a una sensación de “utopía” deberíamos aceptar ese reto, imponiendo entonces las condiciones de “utopías de solidaridad y respeto al bien común”, valores a los que debe adherir la educación científica. Más alejado de la realidad es creer que el actual sistema de desigualdades, consagrado e impulsado por el estado de hechos en el campo internacional, pueda ofrecer alguna perspectiva mínima de felicidad y justicia para la humanidad.

## Referencias bibliográficas en estos comentarios al capítulo 14

STIGLITZ, J. E. (2002). *El malestar de la globalización*. Madrid: Taurus.

