

COMO MEJORAR LA ENSEÑANZA
DE LAS CIENCIAS EN LA
EDUCACION SECUNDARIA

por D. H. CRAWFORD

Esta es la segunda parte de un artículo publicado en los números de febrero y junio de 1960 del ATA Magazine, órgano de la Alberta Teachers' Association, Canadá. En la primera parte, el autor sugirió que los estudiantes deben contar con experiencias reales de investigación si han de comprender la naturaleza de las ciencias. En esta segunda parte ofrece sugerencias prácticas para alcanzar este objetivo.

En primer lugar, es menester que en nuestras clases hagamos uso de equipos más sencillos. De esta forma podremos concentrar nuestra atención en el problema real y especialmente si el equipo es armado o construido por los propios estudiantes, derivar mayores satisfacciones del trabajo cumplido. Desde luego, continuaremos requiriendo equipos producidos comercialmente, pero con frecuencia equipos "caseros" menos onerosos servirán igual fin. La historia de la ciencia cuenta con innumerables ejemplos de hombres que han hecho grandes descubrimientos con aparatos sencillos. Por ejemplo, numerosos descubrimientos básicos sobre las partículas nucleares logrados durante la década de 1920 en los Laboratorios Cavendish, en Cambridge, fueron hechos utilizando sencillos modelos de equipos construidos con madera. Recientemente, en los Estados Unidos, un niño del tercer año del ciclo básico de secundaria utilizó un termostato, una caja y una bombilla incandescente de 60-Watts para construir una incubadora. Su aparato le permitió investigar si la leche pasteurizada contenía menos bacterias que la leche cruda de igual fecha. En el curso de los últimos años, este aspecto de la enseñanza de las ciencias ha sido objeto de considerable atención y en la actualidad hay disponible muchos elementos de referencia. Entre éstos encontramos: *Science Book Teachers*, de la UNESCO; *The Book of Experiments*, por Leonard de Vries, y la serie *Science Experiences with Home Equipment*, por C. J. Lynde.

He aquí dos ejemplos sencillos a título de ilustración. El primero consiste en poner un huevo en agua y luego agregar sal hasta que el huevo flote. En el segundo se utiliza una vela para investigar cómo arde. Faraday hizo lo propio para ilustrar sus famosas conferencias de Navidad en la Sociedad Real. Tenemos aquí un buen ejemplo que nos revela que tales fenómenos sencillos y cotidianos permiten observar diferentes principios de la física. Existen muchas otras posibilidades para las que se requieren pocos equipos, no comunes, pero que son ideales para estimular la reflexión del estudiante.

La segunda sugerencia, relativa a la revisión de nuestros métodos de enseñanza, se refiere a lo que podríamos calificar de "estructura". ¿No es acaso cierto que un 90% del tiempo dedicado a la enseñanza lo empleamos para pasar de una idea o concepto al siguiente? ¿No es cierto también que con frecuencia estamos tan preocupados con las técnicas de experimentación en sí, o con los datos y fórmulas que deseamos que el alumno aprenda, que descuidamos la importancia de hacer comprender al educando las relaciones y conceptos básicos involucrados en nuestro programa de ciencias del ciclo secundario? Si preguntamos a un alumno que acaba de completar la secundaria qué es lo que aprendió en química correspondiente al último año de los estudios secundarios, ¿qué nos contestaría? ¿Cuáles son los conceptos, ideas y relaciones científicas principales que debía haber aprendido? ¿Es más importante que conozca un gran número de propiedades individuales de los gases, como ser su densidad, grado de combustibilidad, etc., o por el contrario debía haber aprendido cómo tales propiedades determinan la importancia y las diversas aplicaciones de los gases?

No pretendemos sugerir que la catalogación de las propiedades no reviste importancia. Lo que deseamos apuntar aquí es que debe hacerse hincapié especial en que el alumno dedique su esfuerzo a reflexionar y a comprender las razones por las cuales estudia estas cosas, en lugar de memorizar y regurgitar meros datos. Al final de cada período escolar debería reservarse digamos una semana para pasar revista, con los estudiantes, a la importancia de la labor cumplida durante el año, a los efectos de que puedan apreciar cómo cada tema y cada experimento encajan en un cuadro más amplio. Desde luego, esta clase de revista debería hacerse también al final de cada tema y de cada lección. No es necesario que constituya un recargo de la labor, pero para ser eficaz exige reflexión, organización, preparación y la aplicación de buenos métodos de enseñanza.

La consideración de la estructura de nuestra enseñanza a su vez exige que reflexionemos acerca de la importancia relativa de los distintos experimentos. Ciertamente todos estamos de acuerdo de que nunca conseguiremos todos los aparatos, materiales y productos químicos que nos gustaría tener. Las economías y otras necesidades concomitantes son responsables de esta circunstancia. A los efectos de utilizar los recursos disponibles para que rindan los mejores beneficios, ¿no deberíamos ser acaso nosotros, los maestros de ciencias, los que decidán cuáles son las investigaciones y experimentaciones que a nuestro juicio merecen prioridad? Por ejemplo, ¿cuáles son los cinco experimentos más importantes que un estudiante debería cumplir

en calidad de trabajos de investigación para comprender los principios básicos de la física? O, ¿cuáles son las disecciones, limitadas a cinco o seis, que proporcionan información básica general sobre la estructura orgánica de distintas especies? Los maestros de ciencias han omitido formularse algunas de estas preguntas básicas y como resultado de ello nuestros métodos de enseñanza carecen de estructura. Pongamos, pues, un poco más de reflexión en este aspecto de la enseñanza y decidamos luego a base de esta reflexión cuáles son los experimentos y conceptos en nuestros programas de estudio cuya importancia exige que contemos con los elementos y aparatos que permitan a nuestros estudiantes comprender los principios y las relaciones pertinentes. He aquí tres ejemplos que se consideran básicos: la investigación de la relación existente entre la presión y el volumen de un gas; el estudio del oxígeno y del hidrógeno y una comprensión de la fotosíntesis. Se habrá observado que en lo dicho hasta ahora se ha hecho hincapié en la reflexión más bien que en el aprendizaje de memoria. Desde luego, el conocimiento de los elementos y principios de las ciencias es de importancia fundamental, pero el estudiante debe arribar a ese conocimiento por reflexión propia; no basta con que el maestro se los exponga. Esto nos conduce a la función de la enseñanza de las ciencias. Por su naturaleza misma, que es la búsqueda de una explicación de los fenómenos físicos, químicos y biológicos, la ciencia constituye una exploración, por lo que nuestra enseñanza debe amoldarse lo más posible a esta realidad. Comprendemos que en numerosas ocasiones, el tiempo y otros factores nos obligan a dejar a un lado este proceso de descubrimiento, a pesar de lo cual jamás debemos dejar de examinar el programa de estudios y nuestros métodos de enseñanza para no caer en la tentación de una salida fácil. Se ha dicho que el precio de la libertad es la vigilancia eterna. En cuanto a las ciencias, podríamos decir: el precio de una buena enseñanza de las ciencias es un escrutinio constante de su contenido y método. ¿Deseamos calidad o cantidad? La mayoría de los maestros de ciencias desean ambas; pero la calidad tiene más importancia, ya que es prácticamente imposible incluir en el programa más que aspectos aislados de la empresa científica. Recargar el programa significa que corremos el riesgo de sacrificar la calidad. Resistamos la tentación y programemos al menos aquellas investigaciones que consideramos verdaderas exploraciones y no meras verificaciones de fórmulas que niegan al estudiante el placer que deparan los descubrimientos originales. Es aceptable que un maestro novel diga: "hoy comprobaremos la ley Boyle, es decir, determinaremos que el producto de la presión y volumen de un gas es constante a una temperatura

dada. Aquí tenemos el aparato y esto es lo que haremos. Preparen esta tabla y véanme cuando la hayan completado". Tal procedimiento se justifica quizás durante los dos o tres primeros años de una carrera magisterial, pero no así más adelante.

En una investigación básica como ésta, el estudiante puede y debe ser conducido por medio de preguntas a la comprensión del problema y aun a descubrir en forma inteligente las relaciones necesarias. Simultáneamente, se le presentan numerosos aspectos de los métodos científicos como ser errores, presunciones y las dificultades y problemas propios de las buenas técnicas de investigación. En este experimento y en otros, pueden obtenerse múltiples ventajas haciendo uso de la historia de las ciencias. De esta forma, el estudiante (y también el maestro) puede adquirir muchos conocimientos nuevos. Vemos el problema esencial tal como se le presentó a su descubridor original; no se presentará velado por los refinamientos de teorías o aparatos complicados. Vemos el humanismo de la ciencia; vemos cómo evoluciona y la forma en que afecta a la sociedad.

Al maestro aún le pueden quedar dudas en cuanto al hastío o la precocidad del adolescente de hoy, que le restan a éste todo interés para resolver problemas. ¿Podemos en realidad quebrantar su noción de que ya conoce todas las respuestas, a los efectos de permitirle que recupere el instinto básico de curiosidad que es una de nuestras más preciadas posesiones? Es muy probable que la mayoría de los estudiantes que comienzan los cursos de ciencia correspondientes al ciclo secundario no tengan mentalidad crítica. Han estado acostumbrados a situaciones que giraban en torno al maestro y han tenido limitada participación en actividades que llaman a la reflexión. He aquí, entonces, un excelente medio para iniciarlos en la reflexión crítica. A principios del tercer año de secundaria, el maestro prepara diversas pruebas en la mesa de demostraciones, las que tendrá listas antes de que sus alumnos entren en el aula. Dos de estas pruebas podrían ser las siguientes: dos bloques de madera idénticos rotulados A o B, acompañados de la pregunta ¿cuál es más pesado, A o B, o su peso es igual? y dos probetas conteniendo líquido incoloro, acompañadas de la pregunta ¿cuál será el color resultante de la mezcla de ambos líquidos?

El maestro pide a los alumnos observen de cerca los elementos expuestos y que anoten las respuestas en sus cuadernos de apuntes. Luego verifica las respuestas y comprueba que la mayoría de sus alumnos res-

ponde que ambos bloques son de igual peso y que la mezcla de ambos líquidos también será incolora. Se analizan las respuestas y alguien sugiere mezclar los líquidos. Así se hace y la aparición de un color purpúreo causa cierto revuelo. Ello despierta la curiosidad de la clase y se pregunta el motivo del fenómeno. El maestro explica que una de las probetas contenía agua ligeramente acidificada y un agregado de un poco de fenoltaleína; la otra probeta contenía una solución diluida de hidrato de sodio. Nuevas preguntas sobre el motivo que indujo a la mayoría de los estudiantes a dar una respuesta equivocada revelan que la clase no podía responder a la pregunta sin antes conocer el contenido de las probetas y lo que ocurriría después de mezclar ambos líquidos. En otras palabras, no había evidencia suficiente que justificara la respuesta dada por la mayoría de los alumnos.

La primera pregunta puede considerarse en forma similar. Rápidamente se sugiere pesar los bloques. Ello revela que uno pesa mucho más que el otro por haber sido relleno con plomo. Nuevamente, los estudiantes se percatan de que con demasiado apresuramiento han arribado a una conclusión basada en evidencia insuficiente.

Pueden prepararse muchas otras pruebas similares, adaptándolas a las necesidades individuales, pero el aspecto esencial es que en las discusiones que siguen, el maestro pregunte cómo se contestaría la pregunta ahora. En tal caso la respuesta será negativa. Esta es una situación que ofrece características nuevas para numerosos estudiantes, que durante demasiado tiempo han estado expuestos a la idea de que no conocer la respuesta o dejar de dar alguna contestación, por errónea que fuese, puede acarrear alguna forma de castigo. El maestro está ahora en condiciones de preguntar cuál ha sido el objeto de este ejercicio y los estudiantes podrán responder que han aprendido a retener su opinión hasta tanto conozcan todos los datos y que un enfoque científico exige una mente crítica y paciencia para cada experimento.

El maestro puede invitar ahora a la clase a que comparta con él a lo largo del curso, la solución de numerosos problemas, en el convencimiento de que sus alumnos están mejor dispuestos para apreciar la naturaleza de las ciencias y para participar con entusiasmo en las lecciones y experimentos que tienen carácter de verdaderas investigaciones.

(Reproducido de "Panorama, la enseñanza en todo el mundo", No 1, 1961)