

# ¿Qué Método Científico Deberíamos Enseñar y Cuándo?

Traducción de Nicole A. O'Dwyer del artículo de J. José Bonner<sup>1</sup> «*Which Scientific Method Should We Teach & When?*», *The American Biology Teacher*, Vol: 67, N° 5, Mayo 2005.

El método científico, tal como se presenta en los libros de texto, es indispensable en el diseño y ejecución de cierto tipo de investigaciones. Sin embargo, fracasa totalmente en otros. Es más, he visto solicitudes de becas rechazadas porque los experimentos propuestos cumplían con el método científico. ¿Cuándo deberíamos utilizarlo y cuándo no? ¿Cuándo deberíamos enseñarlo y en qué contexto? Hay muchos informes, que nos muestran cómo enseñar el método científico de manera más eficiente y otros que intentan demostrar que el método científico está muerto. ¿Qué está sucediendo? ¿Por qué existen opiniones tan diversas?

Cada uno de nosotros se desarrolla científicamente de manera única y particular. Algunos se inclinan hacia la biología de organismos y la ecología, mientras otros hacia la bioquímica y la biología molecular. Durante nuestra capacitación, adoptamos las tradiciones culturales de nuestros campos de especialidad. Curiosamente, tendemos a asumir que nuestras tradiciones culturales particulares son la norma. Con frecuencia, hace falta un golpe fuerte para darse cuenta de que existen otras tradiciones y que son tan válidas como las nuestras. Yo tuve ese golpe fuerte hace varios años.

Comencé el colegio secundario justo cuando apareció la «Matemática moderna», mi libro de texto de biología era el *BSCS Blue*<sup>2</sup>, mi profesor de química era magnífico y me infundió el amor por la química. En el colegio me especialicé en bioquímica y luego me convertí en un genetista molecular. Como miembro adjunto del cuerpo docente en la Universidad de Indiana, enseñé la parte de laboratorio en introducción a la biología. Durante ese tiempo, me encontré con el método

científico sólo en dos ocasiones: en biología del colegio secundario y en mi trabajo actual de profesor. ¿Por qué me lo encontré sólo esas dos veces y dónde estuvo durante los 25 años intermedios?

Cuándo aprendí el método científico, fue dentro del contexto de la biología general. Los científicos, nos dijeron, comienzan a hacer ciencia con la formulación de una hipótesis, luego hacen predicciones que se basan en esa hipótesis, y finalmente comparan la información experimental o las observaciones con esas predicciones. Si las predicciones no se confirman, los científicos desarrollan una hipótesis nueva y mejorada.

Durante mi progreso por la carrera universitaria y de postgrado, me olvidé en gran parte del método científico. No se enfatizó (ni se mencionó) durante mis clases de bioquímica ni biología molecular. Descubrí que mi propia investigación no seguía el modelo definido como el método científico y que tampoco lo hacían mis colegas. Terminé asumiendo que el método científico era otro aspecto de la ciencia que había evolucionado con el aprendizaje de cosas nuevas. En efecto, pasé muchos años analizando el modelo de

investigación en mi propio laboratorio y en las publicaciones que leo. Este análisis reveló un «método científico» diferente, que se detalla a continuación.

Primero, se debe determinar qué es lo que se quiere aprender. Es decir, se debe definir una Pregunta. Luego, se debe identificar el enfoque experimental apropiado. A continuación, se diseña y realiza el experimento. Después de finalizar el experimento, se debe examinar la información y desarrollar la mejor interpretación de los resultados experimentales. Lo ideal sería que la información obligue a aceptar sólo una conclusión, de lo contrario, se necesitarán más experimentos. Por último, se debe evaluar si la información contesta a la pregunta.

«Cada campo científico ha desarrollado un enfoque propio para el pensamiento sobre la ciencia y el diseño de los experimentos que funciona mejor dentro de ese campo».

1) J. José Bonner, Profesor de Biología, Universidad de Indiana, jbonner@bio.indiana.edu

2) El autor hace referencia al libro *BSCS Biology: A Molecular Approach (Blue versión)*, usado en EE.UU. en escuelas de nivel medio y que actualmente va por su novena edición.

Como ejemplo, tomé en cuenta los experimentos clásicos que llevaron a descifrar el código genético. Marshall Nirenberg preguntó— ¿Qué aminoácido es codificado por el codón UUU? —. Introdujo ARN poli(U) a un sistema de traducción in vitro y solamente se formaron polipéptidos de fenilalanina. La información nos obliga a concluir que el poli(U) sólo puede codificar fenilalanina. Entonces, el experimento contestó la pregunta: UUU codifica fenilalanina. ¿Se podría haber presentado este experimento según el método científico tradicional? Sí, pero se debería decir— Formulo la hipótesis de que UUU codifica... —y luego se debería elegir uno de los 20 aminoácidos al azar. En este experimento en particular, el método científico tradicional estaría forzándose, es más sencillo preguntarse — ¿Qué codifica el codón UUU?

Como biólogo molecular activo que enseña principalmente en cursos de postgrado y cursos de genética de alto nivel, estaba aislado de las otras áreas de investigación. Llegué a pensar que la manera de realizar experimentos a través de la formulación de una pregunta era la versión nueva y actualizada del método científico. Efectivamente, llegué a pensar que ésta era la manera en que se hacía ciencia. Por esto, me encontraba totalmente desprevenido para lo que me esperaba cuando comencé a enseñar laboratorio en introducción a la biología.

Nuestro curso de introducción a la biología se da a 300-400 alumnos cada semestre. Lo dicta un miembro del cuerpo docente, el coordinador del laboratorio y 16 ó 17 ayudantes de cátedra del postgrado. El curso cubre una gran cantidad de temas e intenta integrar a la ecología y la evolución con la bioquímica y la biología molecular. Algunos de los asistentes de postgrado cursan nuestro programa de postgrado en biología molecular y otros están en el programa de evolución y ecología. Ésta parece ser la combinación ideal para desarrollar y presentar el material del curso.

Pero aún así, nos encontramos en desacuerdo. El momento más crítico llegó cuando uno de los asistentes de postgrado se me acercó durante la reunión instructiva semanal y dijo, bastante tranquilo para no ofender demasiado —José, lo está haciendo mal. No se hace ciencia de esta manera —. Nos llevó dos horas descubrir lo que pasaba, porque ninguno sabía las tradiciones del campo de la otra persona.

De este modo volví a encontrarme con el método científico. El asistente de postgrado no podía creer que les pidiera a nuestros alumnos

que reunieran información y luego la utilizarán para comprender el sistema que se estaba investigando, sin primero formular una hipótesis. En su campo, aseguró, es necesario que se presente primero una hipótesis, sino —no es ciencia —. La mayoría de los asistentes de postgrado estuvieron de acuerdo: si no se utiliza el método científico, no es ciencia. Pero yo pensaba, si no es ciencia, ¿qué es lo que mis colegas y yo hemos estado haciendo durante las dos últimas décadas? ¿Cómo descifraron el código genético, si eso no era ciencia?

La respuesta más simple es que todos hemos estado haciendo ciencia, pero la lógica formal del diseño de un experimento varía según el campo. Cada campo científico ha desarrollado un enfoque propio para el pensamiento sobre la ciencia y el diseño de los experimentos que funciona mejor dentro de ese campo. Como ya mencioné antes, en biología molecular, el método más efectivo parece ser aquel de la formulación de preguntas que obtienen la información necesaria para responderlas. Éste no es el método más efectivo en ecología.

«El problema es que los libros de texto suelen presentar sólo un método científico e insinúan que es universal».

En los campos como el de la ecología, donde se estudian los sistemas complejos con muchas variables, es excepcionalmente difícil definir todas las interacciones que pueden suceder. Allí, el método más efectivo para el diseño de experimentos es aquel a través del cual se

utiliza la información disponible para desarrollar una interpretación del sistema y se presenta esa interpretación a través de una hipótesis. Luego se comprueba la interpretación con un experimento donde se comparan las observaciones reales con las predicciones basadas en la hipótesis. En ese momento, sería simplista sencillamente formular una pregunta, ya que la información se podría explicar de diversas maneras y podría ser compatible con varias posibles respuestas.

En ecología y en biología de organismos, la tradición es «quitar la parcialidad personal» a través de la afirmación formal de la hipótesis al comienzo. En biología molecular, la tradición es quitar la parcialidad personal al negarse a adivinar la respuesta antes de comenzar. Ambos funcionan pero en contextos diferentes, con distintos tipos de experimentos.

La discrepancia entre biólogos moleculares y ecologistas se ha convertido en una tradición. Algunos piensan que esto es simplemente la «política de la ciencia». Yo sugiero que tiene su origen, en cambio, en una diferencia fundamental en la percepción que cada uno tiene del ejercicio

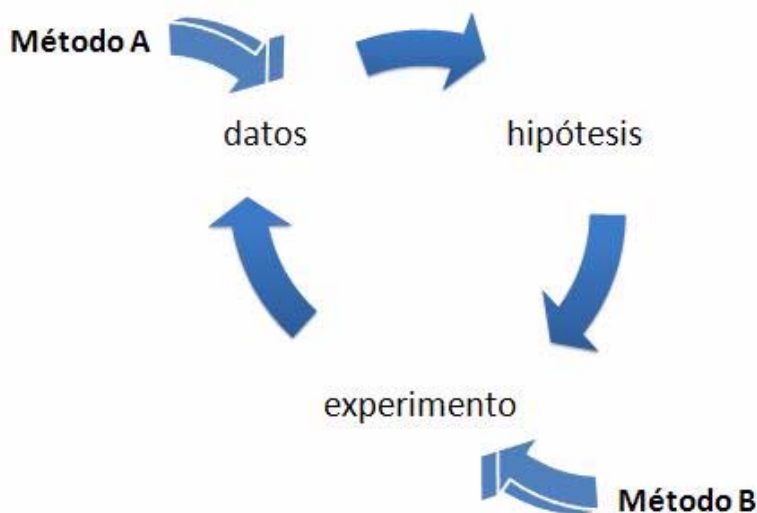
de la ciencia. Nuestras tradiciones empañan nuestros pensamientos de manera tan profunda que la comunicación con otros que tienen tradiciones diferentes se nos hace difícil.

He descrito dos «métodos científicos» diferentes, cada uno se utiliza en un campo diferente. Seguramente hay más métodos científicos. Dentro de la biología, la mayoría seguramente se encuentra en algún lugar entre medio de los dos extremos (o así lo supongo por el hecho de que hay menos desacuerdos entre los campos biológicos). La sorpresa, al menos para mí, no es la existencia de diferentes enfoques, sino que ignoremos de tal manera estas diferencias.

Como dije anteriormente, me desarrollé como científico pensando que el método científico se

científico bastante bien pero otros no, y, a los últimos, se los puede forzar dentro del paradigma del método pero no sin correr un gran riesgo. El problema es que los libros de texto suelen presentar sólo un método científico e insinúan que es universal.

Planteo dos tipos de inquietudes. Primero, ¿cuál será la respuesta del bioquímico en ciernes cuando se le pida que lleve a cabo un experimento (por ejemplo, al que se hizo referencia anteriormente, descifrar el código genético) siguiendo la lógica del método científico? Ese alumno no tendrá más opción que concluir que el método científico es anticuado y que se debería dejar de usar ya que solicita una hipótesis «tonta». Esto socava al método científico y hace que al alumno le sea más difícil reconocer la validez del método en los casos en que realmente se necesita.



El proceso de investigación científica es un ciclo continuo, pero los distintos campos han evolucionado para encontrar tiempos diferentes en los cuales se detienen a pensar. Esto se ha formalizado en la «hipótesis». En el método científico tradicional (A), se plantea una hipótesis al comienzo de la investigación. En ese caso, la hipótesis ayuda en el diseño del experimento. En otros métodos científicos (B), se plantea una hipótesis sólo luego de la recolección de información. En ese caso, la hipótesis sirve como explicación de los resultados del experimento.

había abandonado y habían surgido otros modos de investigación. En contraste, algunos de mis asistentes de postgrado han desarrollado una tradición en la cual el método científico es el único modo válido de investigación. Al parecer, nos especializamos tanto en nuestra capacitación y aprendemos tanto por «ósmosis» que es muy fácil aislarse del resto del mundo.

¿Qué valor tiene esta discusión para los profesores de ciencias? Creo que aquí tenemos un mensaje muy profundo. Algunos tipos de experimentos pueden adaptarse al método

Mi segunda preocupación tiene que ver con el continuo deterioro del interés por la ciencia que sufren los alumnos durante su paso por la escuela. Algunos grupos muestran un deterioro más marcado que otros, en particular aquellos en los que la autoestima es delicada. Los alumnos jóvenes no se encuentran bien equipados para desarrollar una buena hipótesis, simplemente porque no han observado lo suficiente o no tienen la información experimental necesaria para tomar como base de su hipótesis. Muchos alumnos, cuando se les pide que formulen una hipótesis,

sienten que se les pide que adivinen qué resultado tendrá el experimento. Tal vez, ésta sea la razón por la cual muchos alumnos definen a la «hipótesis» como «una estimación razonada». Para ellos lo es.

Además, los alumnos jóvenes tampoco están equipados para llevar adelante un experimento bien controlado. Es raro que estén formados en el tema y más raro que tengan las instalaciones e instrumentos necesarios. La información que obtienen no suele ser suficiente para confirmar la hipótesis. Para muchos, la ciencia se convierte en estimaciones que luego demuestran que están equivocados. Es una dieta constante de refuerzo negativo y puede realmente ser la responsable de la pérdida de interés que observamos. He hablado con varias personas que no son científicos (una de las cuales es mi mujer) que revelan que esa fue una de las razones por las cuales decidieron evitar la ciencia en la escuela secundaria y en la universidad.

Nosotros, como profesores, necesitamos reconocer que el método científico oficial es adecuado sólo para algunos tipos de investigación. Necesitamos presentar el método científico en el contexto de experimentos para los que se adecua perfectamente y explicar que sirve para revisar nuestro propio conocimiento de los sistemas complejos. Para este tipo de análisis, es tal vez la única manera de hacer ciencia sin que se presente la parcialidad. Debemos recordar, de todos modos, que este enfoque requiere que los alumnos tengan suficiente información preliminar para que puedan proponer una interpretación provisoria de la información. El método científico sirve para revisar la validez de esa interpretación provisoria (que llamamos hipótesis).

También necesitamos un reemplazo para los otros tipos de investigación, dentro de los cuales no se recomienda el uso de la hipótesis. A partir de mi experiencia en la bioquímica y la biología molecular, sugiero que es eficaz el uso de la pregunta y de la información para comenzar a responderla.

He presentado estos dos métodos científicos como si fueran diferentes. Sin embargo, son esencialmente similares. En cada uno, el investigador sigue un ciclo (ver figura , como se ilustra en la figura:

En cada tradición, la hipótesis es nuestra afirmación de cómo pensamos que funciona el sistema que estamos utilizando. En cada caso, se basa en las observaciones e información experimental previas. La única diferencia es que en uno paramos a pensar (o escribir nuestro informe de laboratorio o nuestro trabajo de

investigación) antes y en otro después de presentar la hipótesis, para que ésta nos lleve al experimento o para que vincule los resultados. Ambos métodos funcionan porque son sólo distintas maneras de pensar sobre el mismo proceso.

Para los alumnos jóvenes, es tal vez más fácil formular una pregunta en vez de desarrollar una hipótesis sólida. En parte, esto refleja el simple hecho de que los alumnos jóvenes tienen una formación científica limitada y menos recursos para utilizar en la formulación de la hipótesis. Se me ocurre que seríamos profesores más eficaces para estos alumnos si les presentáramos la ciencia como una manera de hacer preguntas. A medida que se desarrollen científicamente, podremos presentarles la noción de evaluar su propio conocimiento con el uso del método científico formal.

Espero que este enfoque no socave el método científico sino que, por el contrario, refuerce el valor que tiene en las situaciones en las que es indispensable. Al mismo tiempo, este enfoque puede reducir la sensación de frustración que muchos alumnos tienen frente a la ciencia. Para algunos alumnos puede ser emocionalmente devastador encontrarse con que la información les demuestra reiteradamente que están equivocados, pero pueden pensar que está bastante bien darse cuenta de que su primer experimento no responde completamente a su pregunta. Hasta pueden estar interesados en hacer otro experimento que sea mejor. Si podemos hacer que los alumnos participen en el proceso con preguntas diferentes y más precisas, podremos construir su autoestima y perfeccionamiento científico con mayor facilidad.



Para agendar...  
**IV Taller Internacional  
InnoEd 2009.  
Innovación Educativa,  
Siglo XXI**

**Tunas, Cuba. 26 al 29 de Mayo.  
Centro de Estudios de Didáctica  
Universitaria de las Tunas.**

Mas información: [http://  
cedut.freesevers.com/whats\\_new.html](http://cedut.freesevers.com/whats_new.html)  
Correo electrónico: [umestre@ult.edu.cu](mailto:umestre@ult.edu.cu)