

LOS EXPERIMENTOS EN LA ESCUELA LA VISIÓN DE UN CIENTÍFICO EN EL AULA

Por Gabriel Gellon

*Es licenciado en Ciencias Biológicas (UBA), Master in Science y Doctor (PhD) de la Universidad de Yale (New Haven, Connecticut, EEUU). Realizó su trabajo de investigación en el área de la genética molecular del desarrollo embrionario. Es co-director de la Diplomatura en Enseñanza de la Ciencia de FLACSO y co-autor del diseño curricular (biología) de la Provincia de Buenos Aires. Se especializó en diversos aspectos de la educación en ciencias. Ha sido creador del portal de ciencias para chicos www.experimentar.gov.ar de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación y forma parte del equipo fundador y coordinador del campamento de ciencias para adolescentes Expedición Ciencia (www.expedicionciencia.com.ar). Posee amplia experiencia docente y de diseño curricular, especialmente a nivel secundario en diversas disciplinas. Ha publicado *El Huevo y la Gallina (Siglo XXI)* y, junto con otros autores, *La ciencia en el aula (Paidós)*, título que ganó el premio de la Fundación El Libro a la mejor obra de educación en 2006.*

La palabra experimento es grande e importante: para muchos encierra uno de las grandes conquistas de la humanidad. De hecho, no es raro escuchar que es imposible enseñar ciencias sin hacer experimentos, e incluso que el experimento “es” la ciencia. No es sorprendente entonces que para los docentes que deben encarar la enseñanza de las ciencias físicas y naturales¹ en el aula el experimento pueda ser fuente de veneración y temor.

Y sin embargo existe gran confusión acerca de qué es y qué no es un experimento. Esta confusión no hace sólo a cuestiones semánticas sino que está relacionada con las ideas que científicos, docentes y educadores tenemos sobre qué es necesario y posible en el aula de ciencias. Es por eso que quisiera discutir algunas de las nociones encerradas en este término y sugerir que existe una visión de la ciencia y de su enseñanza menos “centrada en el experimento” que creo puede capturar algo más de la complejidad de la ciencia y a la vez ser más liberadora a la hora de planificar actividades educativamente relevantes en el aula de ciencias.

Una actividad con escarabajos

En una actividad destinada a trabajar la idea de ancestro común. El docente les entrega a los alumnos una serie de tarjetas con fotos de escarabajos y otros insectos² (unas 40 en total). Las imágenes son detalladas y atractivas. El objetivo es que los alumnos, trabajando en grupos, construyan un sistema de clasificación de los insectos. No se trata de que miren en un libro cuál es el sistema de clasificación aceptado por los biólogos, sino que se pongan de acuerdo en un sistema propio. Los alumnos deben por lo tanto observar con cuidado las diferentes características y discutir el valor de cada una de las mismas para poder agrupar a los insectos. El resultado del agrupamiento sirve como plataforma para discutir ciertos conceptos evolutivos sin importancia para la presente discusión. Lo que sí importa es que los alumnos deben movilizar toda una serie de herramientas cognitivas y de aprendizaje no sólo para familiarizarse con la anatomía de los bichos sino también para jerarquizar las diferencias y similitudes y ponerse de acuerdo con los demás acerca de los importancia de lo que ven y piensan.

¿Es esta actividad un experimento? Y, la verdad que no. En un experimento un experimentador realiza una manipulación de la realidad a fin de obtener una respuesta de la misma, normalmente (aunque no siempre) para poner a prueba una hipótesis. Esta manipulación es cuidadosa: deben cambiarse algunos factores y mantener otros adecuadamente sin variar para poder atribuir con justicia los resultados de la manipulación a ciertos factores y no a otros.

La actividad con los escarabajos no es un experimento, pero no por eso es de menor valor educativo y, mucho más importante para la discusión de este artículo, no por eso es menos científica. En efecto, la actividad científica no se vale solamente de experimentos para dilucidar la realidad. La clasificación de objetos, propiedades o interacciones (poner atención a todas las cosas que uno puede clasificar!) es central a la labor científica como lo muestran sobrados casos históricos. La clasificación linneana de animales y plantas (de la que se trata en el fondo la actividad aquí descrita) dio una de las pautas más importantes a Darwin de que todos descendemos de un ancestro común. La tabla periódica de

los elementos, acaso una de las obras cumbre de la humanidad, no es más que un sagaz esquema clasificatorio que Mendeleev buscó con modestos fines didácticos. En otras palabras, clasificar bichos, rocas, sustancias químicas o cosas que uno ve en el cielo no es hacer experimentos pero sí es hacer algo característico de la ciencia.

Otras actividades empíricas que no son experimentos

Identificar a la ciencia con los experimentos deja de lado muchas características de la ciencia, en especial el hecho de que la investigación científica se basa en la producción de ideas teóricas que no se desprenden de datos ni de resultados de ningún experimento sino que son el fruto de la imaginación. Sin embargo las ciencias de las que aquí estamos hablando tienen la característica de ser “empíricas”. Esto quiere decir que en última instancia son disciplinas que buscan ofrecer descripciones y explicaciones de la realidad. En el análisis final, las construcciones de la ciencia deben estar conectadas de alguna u otra manera con la realidad. En el aula esto significa que las “verdades” científicas no se encuentran en los libros ni son palabra revelada de un docente sino que de alguna manera, a veces más tortuosa y otras menos, existe un vínculo entre lo que los científicos dicen y lo que uno puede observar. Muchas veces estas observaciones no son directas sino que están mediadas por complejos razonamientos y por diseños de experimentos. ¿Cómo sabemos que la teoría atómica es cierta? Porque predice que si hacemos tal o cual experimento obtendremos tal o cual resultado. Pero el experimento no es la única manera de interrogar a la realidad o de arrancarle conocimiento. La clasificación, como vimos más arriba, es uno de esos métodos. Lo importante aquí es notar que la clasificación no es una actividad puramente teórica sino una actividad empírica con gran contacto con la realidad. Sin embargo, insisto, no es un experimento.

Existe una multitud de actividades empíricas que no son experimentos y que son altamente científicas. Con frecuencia se dice que la observación es uno de los pilares de la ciencia. De hecho, hay ciencias como la astronomía, la geología y la evolución que son prácticamente en forma exclusiva ciencias observacionales y no experimentales. Y muchas de estas otras actividades empíricas son fácilmente aplicables en el aula. Muchas de las actividades que ya son usadas con enorme éxito por muchos docentes caen dentro de esta categoría.

Examinemos por ejemplo con más detalle la “Observación de patrones”. Un patrón es algo que se aleja del mero azar en la distribución de objetos o propiedades. Puede ser un dibujo en la arena en forma de ola, la forma en que se agrupan ciertos líquenes o los ángulos en los que brotan las hojas de un tallo. Detectar patrones es una de las tareas científicas más frecuentes. Muchos científicos detectan patrones en la distribución de números, otros advierten regularidades en cómo ocurren ciertas cosas. Al observar un camino de hormigas negras, mi hijo (4 años) y yo detectamos que algunas hormigas acarreaban pedacitos de hojas y otras no. Notamos que las que llevaban materia vegetal siempre iban en la misma dirección, mientras que en la dirección inversa sólo veíamos hormigas sin carga. ¿Qué podía querer decir esto? ¿Adónde llevaban las hormigas su los pedacitos de hoja? En poco tiempo pudimos especular sobre la localización del hormiguero y la función de las hojas. No hubo experimento, pero sí la identificación de un patrón y el razonamiento imaginativo a partir de él. De igual manera examinamos con productividad por qué a la noche los sapos están cerca de las luces o por qué debajo del alero hay una zona de tierra mojada.

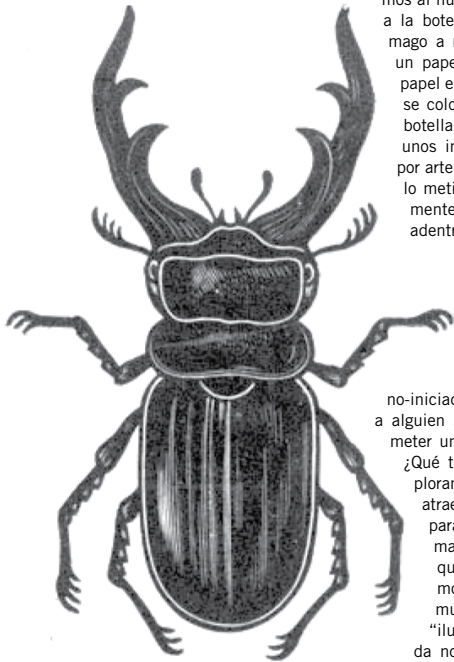
Los patrones tienden a ofrecernos preguntas. El arte de hacerlos

preguntas deliberadas es también una actividad científica que no es un experimento. También lo son la búsqueda de correlaciones, el advertir la causa y efecto o de interacciones entre objetos u organismos, o simplemente el realizar comparaciones.

El experimento que no lo es

Hasta aquí algunas actividades que al principio no parecen tan científicas pero que en realidad lo son. Lo inverso también es cierto.

Una actividad muy vistosa consiste en lo siguiente. Se toma un huevo duro sin cáscara y se intenta meterlo en una botella a través de cuyo cuello el huevo aparentemente pasaría si se lo estrujara un poco. Pero es inútil: no importa cuánto apretamos al huevo ni cuán elástico éste sea, no entra a la botella. Entonces viene el científico cual mago a resolvernos el problema. Se enciende un papelito con un fósforo y se introduce el papel en llamas en la botella. Inmediatamente se coloca el huevo duro sobre la boca de la botella y se procede a esperar. Después de unos instantes el huevo se comporta, como por arte de magia, como si una fuerza invisible lo metiera adentro de la botella... y generalmente con éxito: con un *plap* el huevo cae adentro.



Notemos en primer lugar que esta actividad no es experimento. La actividad no se realiza para contestar una pregunta, no nace de la curiosidad ni para poner a prueba una hipótesis. De hecho, para un no-iniciado, cuesta imaginarse cómo cuernos a alguien se le pudo haber ocurrido que podía meter un huevo en una botella de este modo. ¿Qué tipo de idea fundamental estamos explorando? La actividad está diseñada para atraer la atención sobre un fenómeno, no para explicarlo ni estudiarlo de ninguna manera. En este sentido se trata de lo que comúnmente se conoce como “demostración” (en el sentido de que se muestra algo) --un mejor término sería “ilustración”. La experiencia así planteada no sirve para desarrollar ninguna idea.

En el mejor de los casos, quien las comprenda bien de antemano podrá encontrar una elegante explicación a un fenómeno que es divertidamente mágico; en el peor de los casos quedará mistificado ante una explicación tan oscurantista como la de los hechiceros de antaño.

¿Se puede hacer de esta demostración un experimento? Para eso tendríamos que formular alguna pregunta o hipótesis. Por ejemplo, ¿por qué no entra el huevo al frasco? Una posible explicación es que no entra porque el espacio dentro del frasco está ocupado por aire³. ¿Cómo podemos poner a prueba esta conjetura? Si es cierta, entonces si hacemos un agujerito en alguna otra parte del frasco por donde el aire pueda salir, el huevo tendría que entrar en el frasco sin problemas. ¡He aquí un experimento que pone a prueba una idea! Y en todo momento en que tapemos el agujerito (por ejemplo, con nuestros dedos), el progreso del huevo hacia el interior debería verse interrumpido (siempre y cuando nuestra hipótesis del aire sea verdadera). También podríamos imaginar que ponemos una pajita entre el huevo y las paredes del cuello de la botella; esto también ayudaría a la evacuación del aire y la entrada del huevo. Y si hiciéramos la experiencia bajo el agua deberíamos ver burbujas de aire saliendo sólo cuando presionamos con el huevo.

¿Cuántos experimentos han salido de una actividad que al principio no lo era! Mi colega Melina Furman insiste siempre en que “recetas de cocina” hay miles (las puede uno encontrar en Internet y en infinidad de libros), el problema reside en tomar esas “recetas” (o actividades que pretenden ser experimentos pero no lo son), y transformarlos (a veces sólo un poquitito) para que reflejen mejor la forma de pensar de los científicos.

¿Cuándo es adecuado el experimento?

Pero realizar y comprender un experimento, aun los más sencillos, implica un camino cognitivo riguroso, y por lo tanto demandante. Los alumnos deben comprender, por ejemplo, la sutil diferencia entre “demostrar que la hipótesis es cierta” e “investigar si la hipótesis es cierta”. En un experimento existen de antemano dos resultados posibles: uno si la hipótesis es cierta y otro si lo que conjeturamos termina no siendo cierto. Para un chico es con frecuencia muy difícil visualizar los posibles resultados antes de realizar el experimento. Este tipo de razonamiento, llamado hipotético-deductivo, es característico de las etapas cognitivas más tardías y muchos adolescentes y adultos todavía presentan dificultades en recorrerlos con agilidad.

La mayor dificultad de hacer experimentos en el aula primaria no está en la disponibilidad de materiales de laboratorio sino en las dificultades cognitivas inherentes a la edad. Hay que diseñar con cuidado qué experimentos, cuándo y cómo se hacen en los diferentes niveles.

Conclusiones

Como conclusión podemos decir que sí es posible realizar experimentos en la escuela, y que es altamente deseable. Pero debemos recordar que no toda actividad con objetos es un experimento, por más “científico” que parezca. Entre las actividades “prácticas” o de “laboratorio” o de “salida de campo” hay muchas que definitivamente no son experimentos, pero que son igualmente válidas desde el punto de vista científico, y quizá mucho más útiles que los experimentos hechos y derechos, desde el punto de vista educativo. Otras en cambio, son sólo malabares que confunden. De estas últimas tenemos que cuidarnos, pero lo bueno es que son muchas veces fácilmente modificables en actividades profundas, ricas y científicamente sólidas. Las primeras deberían ser el foco de mayor estudio, atención y respeto por parte de docentes, científicos y educadores. Lo realmente esencial es que nuestros alumnos obtengan sus primeras armas en el pensamiento científico, con todo el rigor y la sutileza que ello implica. Parte de este pensamiento implica desarrollar destreza en estudiar la realidad de los fenómenos y en advertir la trama existente entre lo que pensamos y lo que observamos. Esto, el aspecto empírico de la ciencia, comprende una multitud de abordajes de la realidad, que no se limita a los experimentos e incluye formas muchas veces más versátiles, más útiles y más accesibles a la realidad del docente. Si clasificar o comparar era perfectamente científico para Linneo, Darwin, Mendeleev o Cuvier, ¿por qué no habría de serlo para nuestros alumnos de tercer grado?

Notas:

1 En este artículo denominaré simplemente “ciencias” a las ciencias físicas y naturales, es decir, química, física, biología y otras como la astronomía, geología, ciencias de la atmósfera. En este uso particular quedan excluidas las ciencias sociales y la psicología.

2 Esta actividad puede hacerse con fotos tal y como está descrita aquí, pero también pueden usarse insectos de verdad (siempre que estén, como en el caso descrito, cuidadosamente escogidos).

3 Pero aclaremos que la idea de que los gases son sustancias con masa y que ocupan espacio es difícil de desarrollar; los estudios muestran que si bien algunos chicos entienden esto desde edades tempranas, muchos llegan a los 12 años sin conceptualizarlo. La idea de que el aire de la atmósfera ejerce presión es incluso mucho más contra-intuitiva y se desarrolla a partir de los 12 años, pero aun a los 16 persisten explicaciones alternativas de muchos fenómenos que involucran la presión atmosférica.