

Experiencias, patrones y explicaciones: hacer la ciencia escolar más como la ciencia de los científicos¹

Unos estudiantes de segundo grado golpetean afanosamente sus diapasones en las mesas, sillas y libros de un aula. Al mantener el diapason cerca de su cara para oír el zumbido, un estudiante salta y sonríe sorprendido con las cosquillas que siente en su oreja. Otra estudiante sumerge su diapason en un vaso de plástico con agua, solo para emocionarse de ver el agua salpicando a todos lados.

En una secuencia de actividades que ocurrió en varios días, el curso aprendió sobre el sonido y sobre cómo las personas podemos oír los sonidos. Siguiendo cada actividad, los estudiantes se involucraron en sesiones donde compartieron con todo el curso y en sesiones individuales donde escribieron en un cuaderno de notas diseñado para ayudarlos a ver los patrones que emergen de sus exploraciones. Estos estudiantes estuvieron involucrados en varias experiencias con fenómenos relativos a los sonidos. Sin embargo, lo que escribían para explicar cómo los humanos oímos los sonidos no eran explicaciones que ellos inventaron o descubrieron por sí mismos. Tampoco eran explicaciones que se habían memorizado para una prueba. Lo que distinguió el aprendizaje que ocurrió en esta aula fue la intencionada atención que la profesora prestó para ayudar a sus estudiantes a reconocer los patrones en sus experiencias. Las actividades fueron cuidadosamente escogidas para ilustrar estos patrones. En este artículo describo cómo el modelo de Experiencias-Patrones-Explicaciones (EPE) de la ciencia puede ser usado para ayudar a los estudiantes a conectar explicaciones con los patrones en las experiencias.

La ciencia de los científicos

Encontrar patrones en las experiencias en una práctica científica importante (Anderson 2003; Sharma y Anderson, 2009). El trabajo de los científicos involucra el explicar cómo funciona nuestro mundo. Para hacerlo, los científicos toman las experiencias aparentemente desconectadas que encontramos en nuestras vidas, encuentran los patrones en todas estas experiencias y desarrollan explicaciones para estos patrones (llamadas *teorías* o *modelos*). Teorías poderosas pueden explicar muchos patrones. En toda la ciencia, hay solo un número pequeño de teorías poderosas que dan cuenta de muchos patrones extraídos de millones de experiencias. Por ejemplo, la *teoría mecánica de las ondas* explica muchos patrones en nuestras experiencias con el sonido. La *teoría de las ondas* explica cómo el sonido viaja desde una ubicación a otra; el por qué no hay sonido en el vacío; las variaciones en el tono de los sonidos; y la armonía, resonancia, y disonancia en los sonidos que oímos. Cada uno de estos patrones, a su vez, está apoyado en millones de observaciones individuales realizadas por científicos en el curso de muchos años de trabajo científico.

¹ (Traducido de K. L. Gunckel. 2010. Experiences, patterns and explanations: make school science more like scientists' science. *Science and Children*, September 2010, 46-49)

El triángulo EPE representa la perspectiva de la ciencia que tienen los científicos (Figura 1, Anderson 2003; Sharma y Anderson, 2009). Las millones de observaciones y datos forman la base del triángulo, los patrones (incluyendo leyes y generalizaciones) se derivan a partir de estas experiencias y forman la parte media del triángulo, y las pocas teorías que pueden explicar estos patrones y experiencias forman la cima del triángulo.

Los científicos usan dos prácticas importantes: la indagación y la aplicación (Anderson 2003; Sharma y Anderson 2009). En el lado izquierdo del triángulo, la indagación se muestra como aprendizaje desde las experiencias. Los científicos encuentran patrones en millones de experiencias con fenómenos, luego desarrollan unas pocas explicaciones que dan cuenta de esos patrones. La teoría mecánica de las ondas se desarrolló a lo largo de siglos. Los griegos realizaron muchas observaciones sobre fenómenos, como las cuerdas vibrantes. Más tarde, los romanos conectaron los patrones del sonido viajando en el aire y las ondas alejándose de una piedra cayendo en agua. El trabajo de muchos científicos del siglo XVIII y XIX contribuyó con nuevas observaciones y nuevos patrones. Usando creatividad e ingenio, los científicos propusieron explicaciones para estos patrones que se unieron con los de la teoría mecánica de ondas para explicar el fenómeno del sonido. Es importante notar que el desarrollo de las teorías científicas no es un proceso lineal, ya que los científicos muchas veces regresan de forma repetida a sus datos para probar sus ideas. Los patrones emergen desde los datos, pero las explicaciones requieren pruebas y re-pruebas de hipótesis, mientras viejas explicaciones son descartadas y nuevas explicaciones son propuestas.

Involucrarse en la indagación no es lo único que los científicos hacen. También aplican las explicaciones que desarrollan con el fin de comprender otros fenómenos o experiencias. Los científicos y los ingenieros acústicos usan la teoría mecánica de las ondas para explicar fenómenos como el estampido sónico o para diseñar teatros o barreras de sonido a las carreteras. Este proceso vertical de aplicación arriba-abajo se muestra en el lado derecho del triángulo de la Figura 1. A menudo, el proceso de aplicación lleva a recolectar más observaciones, lo que podría llevar a nuevas preguntas y al reconocimiento de nuevos patrones. En ciencia, la indagación y la aplicación funcionan de manera conjunta.

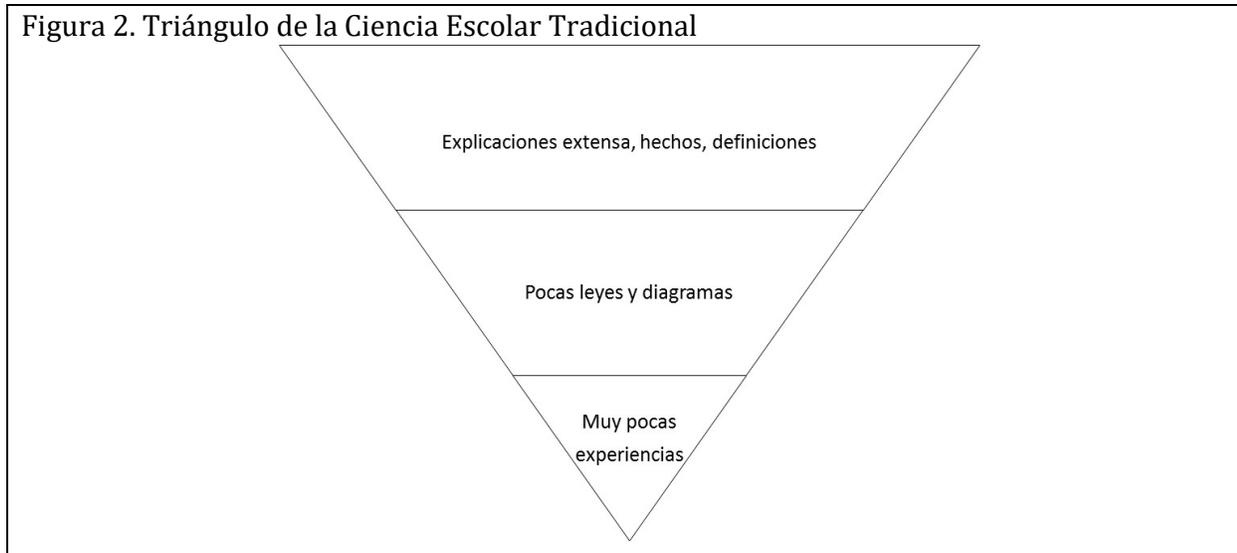
Figura 1. La “ciencia de los científicos”, el triángulo Experiencias, Patrones, Explicaciones



La ciencia escolar

Contrastemos la ciencia de los científicos con la ciencia escolar tradicional. La ciencia escolar necesariamente simplifica la ciencia de los científicos, dado que los estudiantes no tienen las experiencias que anteceden el involucramiento en las conversaciones complejas sobre los datos en que los científicos se involucran. Sin embargo, al intentar simplificar la ciencia de los científicos, la ciencia escolar tradicional puede limitarse a aprender hechos, diagramas, definiciones, y habilidades procesuales aisladas (Sharma y Anderson 2009). La ciencia escolar se ha comenzado a alejar de esta concepción, pero aún queda mucho que progresar.

El triángulo EPE para la ciencia escolar tradicional es inverso al triángulo de la ciencia de los científicos (Figura 2). Hay muchas explicaciones que aprender y algunas leyes y generalizaciones (patrones) que memorizar, pero se proveen muy pocas experiencias para ayudar a los estudiantes a comprender la base de las explicaciones. No hay lugar en el triángulo para la indagación o aplicaciones prácticas. Con pocas experiencias disponibles, los estudiantes son incapaces de reconocer patrones y se les dejan algunos hechos aislados que no parecen dar cuenta de nada en particular. Como resultado, los estudiantes tienen pocas formas de usar la ciencia escolar tradicional para hacer sentido del mundo. Un objetivo de la educación científica debiese ser el proveer a los estudiantes con herramientas que les permitan hacer sentido, y que la ciencia de los científicos ofrece, y entregarle a los estudiantes oportunidades de involucrarse en las prácticas de indagación (aprender de experiencias) y aplicación (usar el conocimiento) que caracterizan a la ciencia de los científicos.



Identificar patrones

En las estaciones de sonido, los estudiantes exploraron pitos y tambores y notaron que algo se movía cuando cada instrumento hacía un sonido. Los estudiantes hicieron tambores cubriendo la parte superior de una lata vacía de café con un envoltorio de plástico que aseguraron con elásticos. Los estudiantes luego observaron lo que pasaba cuando había arroz en la superficie del tambor cuando se le golpeaba con una baqueta. Después, observaron qué pasaba con el mismo arroz cuando un tambor que estaba al lado era golpeado con una baqueta.

Usaron los tambores con arroz para describir de forma más cuidadosa estos movimientos. Los estudiantes notaron que la parte superior de los tambores se movía hacia arriba y abajo y la profesora les presentó el término *vibraciones* como una etiqueta para nombrar esos movimientos.

La profesora luego involucró a los estudiantes en una exploración que les ayudó a observar el patrón de que objetos que vibran hacen a otros vibrar. Se instruyó a los estudiantes a que golpetearan suavemente unos diapasones en diversos objetos del aula. Los estudiantes registraron en sus cuadernos de notas los nombres de los objetos con que golpetearon los diapasones y describieron lo que ocurrió.

Siguiendo las experiencias con fenómenos, la profesora guió cuidadosamente las discusiones de los estudiantes para ayudarles a reconocer los patrones en sus experiencias. Si los estudiantes no llegaban a los patrones como grupo, la profesora interrumpía con el fin de hacer los patrones más claros. Por ejemplo, después de explorar con pitos plásticos, tabores, y diapasones, la profesora dijo a los estudiantes, “Hemos visto harto de vibraciones. Así que, ¿qué pasó con el pito?” Los estudiantes respondieron a coro, “vibró”. La profesora preguntó “¿qué pasó con el tambor?” Los estudiantes respondieron a coro otra vez, “vibró”. La profesora luego preguntó “¿Qué pasó recién con el

diapasón?” Una vez más, los estudiantes respondieron “vibró”. La profesora concluyó, “Hay algo con el sonido que involucra vibraciones”. Los estudiantes necesitaban comprender qué patrones estaban presentes antes de que pudieran usar esos patrones para explicar cómo la gente oye sonidos.

Al final de esta unidad, los estudiantes comprendieron que los sonidos son producidos por objetos que vibran y que un objeto vibrando puede hacer que otro objeto vibre, incluso si ambos objetos no se tocan. Los estudiantes usaron los patrones que identificaron a través de sus experiencias para explicar que cuando un compañero sopla una trompeta, la trompeta hace vibraciones que a su vez hacen vibrar el tímpano de una persona. Describieron cómo alguien que habla en un “teléfono” hecho de vasos plásticos y un hilo tenso hace que el vaso y el hilo vibren de tal manera que el vaso en el otro extremo también vibre. Los estudiantes incluso explicaron que el vaso que vibra hace vibrar el tímpano de la persona en el otro extremo a tal punto que la persona incluso puede entender lo que la otra persona está diciendo en el otro extremo del “teléfono”. En cada uno de estos ejemplos, los estudiantes estaban confiados en sus explicaciones porque comprendieron los patrones que las apoyaban.

Usar el triángulo EPE

Identificar los patrones que los estudiantes necesitan reconocer es probablemente la parte más desafiante de usar el triángulo EPE para reestructurar la ciencia escolar tradicional. Ocuparse de los patrones requiere una planificación cuidadosa. El primer paso es considerar los objetivos de aprendizaje. En la ciencia elemental, los objetivos de aprendizaje de la ciencia escolar son a menudo patrones científicos más que explicaciones científicas. Por ejemplo, las adaptaciones de plantas y animales, los ciclos de la vida, las clasificaciones de rocas, y los cambios de fase son todos patrones que apoyan poderosas explicaciones que los estudiantes aprenden más tarde en su educación básica y secundaria (ej. selección natural, teoría cinético-molecular). En estos casos, más que enseñar estos patrones como fines en sí mismos, conectar estos patrones a experiencias y ayudar a los estudiantes a reconocer y usar estos patrones en la vida cotidiana se convierte en el objetivo. Los estudiantes de segundo grado que estudiaban el sonido hicieron eso porque usaron el patrón de vibraciones para explicar cómo los humanos pueden oír sonidos. Ser capaz de usar este patrón prepara a los estudiantes para comprender más tarde el modelo científico de moléculas vibrando en el aire, transfiriendo energía desde la fuente de sonido al oído.

Una estrategia para descubrir los patrones escondidos relacionados con los objetivos de aprendizaje es construir tablas EPE (Anderson 2003), como se muestra en la Figura 3. La primera columna de una tabla EPE despliega experiencias que los estudiantes pueden tener en el aula o puedan recordar de actividades fuera del aula. Es importante que estas experiencias ofrezcan a los estudiantes oportunidades de hacer observaciones de fenómenos. Luego, la segunda columna enumera los patrones importantes en estas experiencias que los estudiantes deben comprender para acoger las explicaciones. Por último, la tercera columna resume las explicaciones que los estudiantes necesitan aprender. Estas experiencias, patrones y explicaciones en una tabla EPE debiesen ser apropiados para distintos rangos de edad. En tablas EPE construidas para objetivos de aprendizaje

de la escuela primaria, la explicación en la tercera columna delinea lo que se espera que los estudiantes comprendan al final de la secuencia de actividades. En este ejemplo, se espera que los estudiantes usen los patrones –“cosas que vibran producen sonidos”, y “una cosa que vibra hace que otra cosa vibre”- para explicar cómo oímos el bombo que suena en una banda. La explicación a ese nivel es diferente de una explicación a nivel secundario o superior que usa el modelo científico de la teoría mecánica de ondas (la energía sonora se transfiere de una partícula a otra cuando las partículas colisionan) para explicar los mismos patrones. Las tablas EPE construidas para la escuela secundaria incluyen más detalles sobre los poderosos modelos y teorías de la ciencia en la columna de las explicaciones.



Transformar la ciencia escolar desde un énfasis tradicional donde primero se dan explicaciones y después experiencias, requiere un nuevo énfasis en conectar las explicaciones a patrones en las experiencias. Usar tablas EPE puede ayudar a los profesores(as) a comenzar sus pensamientos sobre cómo organizar secuencias de actividad que permitan a los estudiantes involucrarse en las prácticas de construcción de sentido, la indagación y la aplicación de la ciencia de los científicos en el aula.

Referencias

Anderson, C. S. 2003. Teaching science for motivation and understanding. Michigan State University. Disponible en línea www.msu.edu/~andya/TEScience?Assets?files?TSMU.pdf

Sharma, A., y Anderson, 2009. Recontextualization of science from lab to school: Implications for science literacy. *Science & Education* 18(9): 1253-1275.