



Foro Latinoamericano
de Educación

Fundación **Santillana**

IV Foro Latinoamericano de Educación

**Aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y
oportunidades**

Del 26 al 28 de mayo de 2008

**CIENCIAS NATURALES EN LA ESCUELA PRIMARIA:
COLOCANDO LAS PIEDRAS FUNDAMENTALES DEL
PENSAMIENTO CIENTÍFICO**

Melina Furman

Versión preliminar. Mayo 2008

CIENCIAS NATURALES EN LA ESCUELA PRIMARIA: COLOCANDO LAS PIEDRAS FUNDAMENTALES DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

Dra. Melina Furman

La escuela primaria es una etapa única para enseñar a mirar el mundo con ojos científicos: los alumnos tienen la curiosidad fresca, el asombro a flor de piel y el deseo de explorar bien despierto. Los docentes de estos años tienen en sus manos la maravillosa oportunidad de colocar las piedras fundamentales del pensamiento científico de los chicos.

Cuando hablo de sentar las bases del pensamiento científico estoy hablando de “educar” la curiosidad natural de los alumnos hacia hábitos del pensamiento más sistemáticos y más autónomos. Por ejemplo, guiándolos a encontrar regularidades (o rarezas) en la naturaleza que los inviten a hacerse preguntas. Ayudándolos a imaginar explicaciones posibles para lo que observan y a idear maneras de poner a prueba sus hipótesis. Y enseñándoles a intercambiar ideas con otros, fomentando que sustenten lo que dicen con evidencias y que las busquen detrás de las afirmaciones que escuchan.

De lo que se trata, en suma, es de utilizar ese deseo natural de conocer el mundo que todos los chicos traen a la escuela como plataforma sobre la cual construir herramientas de pensamiento que les permitan comprender cómo funcionan las cosas y pensar por ellos mismos. Y, también, de que el placer que se obtiene al comprender mejor el mundo alimente la llamita de su curiosidad y la mantenga viva.

¿Qué sucede si esas piedras fundamentales del pensamiento científico no se colocan a tiempo? Pensemos por un momento en niños que salen de la escuela primaria sin la posibilidad de (ni la confianza para) idear maneras de buscar respuestas a las cosas que no conocen, o de darse cuenta de si algo que escuchan tiene evidencias que lo sustenten o no. O de chicos cuya curiosidad se fue apagando de a poco por no haber encontrado cauce para extenderla. Claramente estamos en un escenario muy riesgoso, sobre todo si pensamos en construir una sociedad participativa, con las herramientas necesarias para generar ideas propias y decidir su rumbo.

Lamentablemente, las ciencias naturales en la escuela primaria todavía son siendo “la fea del baile”¹. En la Argentina las ciencias naturales se enseñan muy poco (mucho menos de lo previsto por los diseños curriculares)². Sin embargo, el problema va más allá de la cantidad de horas que se le dedican al área. El modo en que las ciencias naturales se enseñan en nuestras escuelas está todavía muy lejos de contribuir a sentar las bases del pensamiento científico de los chicos. Y para ilustrar de qué estoy hablando, los invito a imaginarse que espiamos dos clases de ciencias por la ventana:

Primer escenario

Es una clase de sexto año. En el pizarrón se lee el título de la unidad que los alumnos están por comenzar: “Soluciones y solubilidad”. La docente comienza la clase con una pregunta: “¿Qué piensan ustedes que es una solución?” Los chicos dicen cosas diversas, en su gran mayoría diferentes a lo esperado por la docente. Un alumno responde “¿Es algo como lo que aprendimos de mezclas el año pasado?”. La docente asiente satisfecha y escribe en el pizarrón:

Solución: Mezcla homogénea (una sola fase) compuesta por dos o más sustancias llamadas soluto y solvente.

La docente lee la definición en voz alta y repasa la idea de mezcla homogénea. Luego continúa: “¿Qué es un soluto?” Los chicos miran con cara de confundidos. “Un soluto es el componente que está en menor proporción en la mezcla. El solvente es el que está en mayor proporción, generalmente es un líquido. Por ejemplo, se dice que el agua es un solvente universal porque disuelve muchas cosas. Copiemos todo esto en el pizarrón”.

Luego de que todos han copiado las definiciones, la docente da algunos ejemplos de soluciones: café con leche, agua con azúcar, agua con alcohol. En

1 Esta expresión es de mi colega María Eugenia Podestá y la tomo prestada siempre porque me resulta muy representativa: las ciencias naturales son la materia a la que nadie quiere “sacar a bailar”.

2 Esta afirmación proviene de experiencias mías y de colegas trabajando en escuelas de diferentes provincias del país. Sin embargo, esta situación no es única de Argentina: se extiende a muchos otros países.

cada uno identifica el soluto y el solvente. Les pide a los chicos que den otros: algunos contestan correctamente, la docente copia todos los ejemplos en el pizarrón. De tarea, les pide que traigan nuevos ejemplos de soluciones que encuentran en la vida cotidiana, al menos 3 de cada uno.

“¿Y qué será entonces la solubilidad?”, repregunta la docente. Los chicos parecen haberse quedado mudos. “La solubilidad es la cantidad de soluto que puede disolverse en un solvente dado. Cuanto más soluto se pueda disolver, más solubilidad tiene. También pasa que al aumentar la temperatura la solubilidad aumenta, como cuando caliente el café con leche y le puedo agregar más azúcar. ¿Entendieron? Copiemos todo en la carpeta.”

Segundo escenario

Esta clase de sexto año transcurre en un laboratorio. En el pizarrón está escrito el título de la actividad: “Soluciones de pigmento de remolacha y agua”.

Los chicos trabajan en grupos, en diferentes mesas. Cada equipo tiene un balde con agua tibia y pedacitos de remolacha cortados. El docente les pide que coloquen los pedacitos de remolacha dentro del agua y que, con ayuda de una cuchara, los aplasten hasta que el agua se vuelva de color violeta. Les cuenta que, así, van a formar una solución entre el agua y el pigmento de la remolacha. Explica que el agua disuelve el pigmento dentro de la remolacha y por eso se tiñe.

Luego, cada grupo trabaja con las telas que tiene sobre la mesa. El docente les muestra que tienen que enrollarlas como un matambre. Pueden hacerle nudos y usar banditas elásticas y con eso van a lograr “efectos artísticos”.

Al final, los chicos usan sus tinturas recién fabricadas para teñir sus telas. Están fascinados. Hay un clima de risas en todo el aula, e incluso muchos alumnos que pocas veces participaban de las clases de ciencias lo hacen activamente.

Luego de dejar secar las telas por un ratito, los alumnos muestran al resto de la clase lo que han hecho. El docente recuerda que han formado una solución

con pigmento de remolacha, y por eso pudieron teñir las telas. Todos los alumnos piden repetir la experiencia.

Los escenarios anteriores, si bien ficticios y algo caricaturizados, están basados en numerosas clases de ciencias reales. Resumen varios de los “pecados” que se cometen a menudo en la enseñanza de la ciencia y revelan, a su vez, dos imágenes muy diferentes de las ciencias naturales por parte de los docentes. Analicemos cada uno de ellos.

El primer escenario es más sencillo de criticar, y en honor a la verdad es el que vemos más a menudo en las escuelas. En él vemos a una docente definiendo conceptos en el pizarrón y a los alumnos escuchando pasivamente sin comprender realmente de qué se tratan esos conceptos. Por supuesto que hay aspectos para rescatar en el trabajo de esta docente: por ejemplo, que intenta ser clara en sus definiciones, e ilustrarlas con ejemplos de la vida cotidiana que resulten familiares para los chicos. Sin embargo, nuestra docente imaginaria comete un pecado muy habitual en las clases de ciencias: comenzar por definir los términos científicos, generando en sus alumnos la idea de que el conocimiento de las cosas está en sus nombres.

Al comenzar preguntándoles a los chicos qué entienden por una solución, pareciera que el aprendizaje que buscamos pasa por comprender el significado de la palabra “solución”, la cual puede fácilmente obtenerse del diccionario, y no en entender, por ejemplo, que en la naturaleza muchas sustancias aparecen mezcladas, o cómo podemos darnos cuenta de cuántos componentes tiene una cierta mezcla. Podríamos imaginar perfectamente a un alumno que formule correctamente todas las definiciones que la docente ha explicado y hasta pueda dar algunos ejemplos o aprobar una evaluación sin haber comprendido para nada el tema en cuestión.

Ponerle nombre a los fenómenos antes de que los estudiantes los hayan comprendido va en contra de lo que hemos llamado “el aspecto empírico de la ciencia” (Gellon et al, 2005). Este aspecto de la ciencia se basa en que las ideas científicas están indisolublemente conectadas con el mundo de los fenómenos que desean explicar: las explicaciones se construyen en un intento

de darles sentido a numerosas observaciones (y van cambiando a medida que aparecen observaciones que no concuerdan con las explicaciones anteriores). Cuando esta conexión no está presente en nuestras clases de ciencias, les estamos mostrando a los alumnos una imagen de ciencia distorsionada.

Una manera sencillísima de mejorar la clase anterior hubiera sido simplemente darla vuelta: comenzar con una situación de la vida real (por ejemplo, imaginarse una familia tomando el desayuno) y, a partir de ella, buscar ejemplos de sustancias puras y otras que estén mezcladas, agrupar esas sustancias mezcladas en “las que se ven todas iguales y en las que se pueden distinguir partes diferentes” (es decir, en mezclas homogéneas y heterogéneas). Recién ahí, cuando los alumnos han comprendido la idea de que en algunas mezclas no se distinguen sus componentes, es un buen momento para ponerles el nombre de “solución”. Hemos llamado a esta secuencia *fenómeno-idea-terminología* (Gellon et al, 2005). Vale la pena aclarar que respetar esta secuencia (y la conexión entre las ideas científicas y los fenómenos) no requiere necesariamente trabajar en clase con materiales concretos. En este caso sería suficiente con que los chicos recordaran ejemplos como los de la mesa del desayuno.

Sin embargo, el pecado de esta docente no fue solamente privilegiar la terminología por sobre la comprensión conceptual. Su clase nos da evidencias de una mirada muy extendida sobre las ciencias naturales que impacta fuertemente en la enseñanza. El modo en que esta docente presenta el tema a sus alumnos revela que el conocimiento científico es un conocimiento acabado, y que saber ciencias significa apropiarse de este conocimiento: conocer hechos y poder dar información sobre el mundo (Porlán, 1999). Esta mirada sobre las ciencias deja de lado una cara muy importante: la de la ciencia como modo de conocer. Como vimos, en esta clase de ciencias naturales la docente no enseñó ninguna competencia científica³.

Hablaremos de esta otra cara de las ciencias en la sección que sigue. Pero antes los invito a continuar con nuestro ejercicio imaginativo: ¿Qué piensan ustedes que habrá sentido la docente al terminar esa clase?

³ Cuando hablo de “competencias científicas” me refiero a aquellas capacidades relacionadas con los modos de conocer de la ciencia, que otros autores llaman “aprendizajes procedimentales”, “capacidades”, “habilidades” o, simplemente, “modos de conocer”.

Seguramente se fue con la sensación de que “los alumnos no participaron”, que “no contestaron sus preguntas” o que “no están interesados en la materia”. ¿Y los chicos, qué habrán sentido? Podríamos apostar a que se fueron con la idea de que la ciencia es bastante aburrida. Y que, si no entendieron lo que la docente explicó, seguramente es porque la ciencia es demasiado difícil o que simplemente no es para ellos. Lamentablemente, resulta demasiado sencillo predecir cómo continúan ambas historias: una docente frustrada con su tarea y chicos que poco a poco dejan de interesarse por las ciencias naturales.

Hasta aquí hablamos de que la primera docente comete el error de comenzar por las definiciones y no mostrar la conexión de las ideas y de los fenómenos. Y de que no enseña ninguna competencia científica, solo da información. También mencionamos que tanto los alumnos como la docente se van desanimados de la clase.

Pero volvamos al segundo escenario, el de los chicos fabricando tinturas con remolacha. Seguramente al espiar esta clase a muchos los invadiría una sensación de total felicidad: ¡Por fin, chicos haciendo ciencia en la escuela! ¡Y divirtiéndose en el intento!

En esta clase no aparecen muchos de los problemas del escenario anterior: el docente pone a los chicos en contacto con el mundo de los fenómenos al pedirles que formen una solución con pigmento de remolacha y agua tibia. Su clase no se basa solamente en dar información. Los chicos ponen manos a la obra, participan activamente y se divierten como locos. Hay un intento explícito (aunque no compartido con los alumnos) de conectar un fenómeno científico como la disolución con una aplicación cotidiana. Los alumnos salen fascinados de la clase y piden repetirla de nuevo, y el docente se va a su casa muy satisfecho.

Todo eso es verdad. Pero imaginemos ahora que les preguntamos a los chicos que salen de la clase qué fue lo que aprendieron. ¿Qué piensan que nos responderían? Casi seguro nos darían respuestas como:

-Aprendimos a teñir telas, ¡quedaron buenísimas!

-Aprendimos que la remolacha tiene adentro un pigmento colorado.

-Yo aprendí que para fabricar tintura tenés que mezclar remolacha con agua tibia.

¿Y qué creen ustedes que diría el docente si le preguntamos cuáles eran los objetivos de su clase? Muy posiblemente, respondería que en su clase quiso trabajar el concepto de solución y que los alumnos aprendieran a realizar experiencias prácticas en el laboratorio. Evidentemente, aquí hay algo que no funciona: los docentes creen estar enseñando una cosa, y los alumnos aprenden otras muy diferentes.

¿Cuáles serán los pecados de este segundo escenario? En primer lugar, la clase revela una mirada particular sobre el conocimiento científico: ese conocimiento está en la realidad y los alumnos, en contacto con ella, pueden acceder fácilmente a él. En este caso, el docente asume ingenuamente que los alumnos van a aprender sobre el concepto de solución al preparar una con remolacha y agua tibia. Esta visión sobre la ciencia y su aprendizaje se conoce como “modelo por descubrimiento espontáneo” o, en inglés, “discovery learning” (Bruner, 1961). Surge en el auge de las ideas constructivistas y como reacción al modelo de enseñanza tradicional que representamos en el primer escenario. Pero queda en evidencia de las respuestas de los alumnos y de investigaciones sobre programas basados en esta metodología (Mayer, 2004) que con el simple contacto con los fenómenos no alcanza para aprender ciencia: hay que hacer algo más.

Un segundo pecado que se comete en esta clase tiene que ver con qué se entiende por “hacer ciencia” en la escuela. A primera vista los chicos están aprendiendo más que simple información: manipulan materiales, trabajan en el laboratorio, preparan soluciones... Sin embargo, ¿qué competencias científicas piensan ustedes que están aprendiendo? Seguramente, casi ninguna. El rol activo de los alumnos en esta clase no pasa por lo intelectual, es un mero “hacer” físico. Cuando hablo de “hacer ciencia”, en cambio, me refiero a un hacer mental, relacionado con aprender a pensar científicamente. De eso hablaremos a continuación.

La ciencia es una moneda...

Si con trabajar en el laboratorio no alcanza para que los chicos aprendan a pensar científicamente, ¿entonces qué? ¿Cómo podríamos haber transformado la actividad anterior en una oportunidad de aprendizaje genuina?

Responder a esta pregunta requiere un paso previo: tener en claro qué es eso que estamos enseñando o, en otras palabras, responder a la pregunta de “¿qué es esa cosa llamada ciencia?” (Chalmers, 1988).

Una analogía que a mí me resulta sumamente útil es la de pensar a la ciencia como una moneda. ¿Cuál es la característica más notoria de una moneda? Acertaron: tiene dos caras.

¿Qué representan las caras? Una de las caras es la de la ciencia como **producto**. Esta es la cara más privilegiada en la escuela, y habla de las ciencias naturales como un conjunto de hechos, de explicaciones que los científicos han venido construyendo a lo largo de estos últimos siglos. ¿Qué son estos productos? Sabemos, por ejemplo, que el sonido necesita de un medio material para propagarse. Y que a lo largo de la historia de la vida en la Tierra los organismos han ido cambiando. Sabemos también que las plantas fabrican su alimento utilizando la energía del sol y que a ese proceso lo llamamos fotosíntesis. Y la lista continúa...

Enseñar ciencias como producto implica enseñar los conceptos de la ciencia. Vale recalcar que, lejos de estar aislados, los conceptos científicos están organizados en marcos que les dan sentido y coherencia. Las observaciones cobran sentido a la luz de explicaciones, y las explicaciones están integradas en leyes y teorías cada vez más abarcativas, que intentan dar cuenta de manera cada vez más generalizada de cómo funciona la naturaleza.

La segunda cara de la moneda representa a la ciencia como **proceso**. En ciencias, lo más importante no es tanto aquello que sabemos como el proceso por el que llegamos a saberlo. Esta cara es la gran ausente en la escuela y tiene que ver con la manera en que los científicos generan conocimiento. ¿Cómo sabemos esas cosas que sabemos? ¿Cómo se descubrieron? ¿Qué evidencias las sustentan? ¿Cómo podríamos averiguar si son ciertas? Volviendo a los ejemplos anteriores, sabemos que el sonido necesita para propagarse un medio material porque, por ejemplo, si ponemos

algo que emite sonido dentro de una campana en la que se ha hecho vacío no escuchamos nada. O que los seres vivos han ido cambiando porque existen fósiles que nos permiten reconstruir la historia de la vida sobre el planeta. Podríamos averiguar si es cierto que las plantas necesitan de la luz del sol para producir su alimento probando qué sucede si las ponemos en un lugar oscuro.

Si pensamos en la enseñanza, esta segunda cara de la ciencia nos refiere a lo que hemos llamado “competencias”, aquellas herramientas fundamentales que hacen en conjunto al pensamiento científico. Estas competencias tienen que ver con el aspecto metodológico de la ciencia (Gellon et al, 2005), lo que nos lleva al archiconocido método científico que todavía se enseña en las escuelas. Sin embargo, pensar en un método único y rígido no solamente es irreal, lejos del modo en que los científicos exploran los fenómenos de la naturaleza sino que resulta poco fructífero a la hora de enseñar a pensar científicamente (Furman y Zysman, 2001). ¿Por qué? Porque el pensamiento científico es un pensamiento sistemático pero a la vez creativo, que requiere poder mirar más allá de lo evidente.

Diversos autores coinciden en que, en lugar del método científico, resulta más valioso enseñar una serie de competencias relacionadas con los modos de conocer de la ciencia (Fumagalli, 1993; Harlen, 2000; Howe, 2002). Algunos ejemplos de competencias científicas son:

- Observar
- Describir
- Comparar y clasificar
- Formular preguntas investigables
- Proponer hipótesis y predicciones
- Diseñar experimentos para responder a una pregunta
- Analizar resultados
- Proponer explicaciones que den cuenta de los resultados
- Buscar e interpretar información científica de textos y otras fuentes
- Argumentar

Hasta aquí dijimos que la primera característica notoria de una moneda es que tiene dos caras. ¿Cuál es la segunda? Acertaron de nuevo: que esas caras son inseparables.

¿Por qué esto es importante? Justamente, porque si las dos caras de la ciencia son insolubles, ambas dimensiones tienen que aparecer en las clases de manera integrada. Utilizar las experiencias de laboratorio para corroborar algo que los chicos han aprendido de manera puramente teórica, por ejemplo, es separar las dos caras de la ciencia. O hacer actividades en las que se aborde puramente lo procedimental (las competencias científicas) sin un aprendizaje conceptual asociado. Al disociar estas dos caras estamos mostrando a los alumnos una imagen que no resulta fiel a la naturaleza de la ciencia.

Manos versus mentes a la obra: la enseñanza por indagación

En el centro del modelo de enseñanza tradicional y el modelo por descubrimiento espontáneo existe un tercer modelo didáctico. Este modelo, conocido como **enseñanza por indagación**⁴, se basa en la integración de ambas dimensiones de la ciencia: la de producto y la de proceso.

Muchos países ya han adoptado (al menos en los papeles) a la enseñanza por indagación como modelo didáctico para el área de ciencias naturales. Los estándares para la educación en ciencias de Estados Unidos⁵, por ejemplo, la definen de la siguiente manera:

La indagación escolar es una actividad multifacética que involucra realizar observaciones, proponer preguntas, examinar libros y otras fuentes de información para ver qué se conoce ya, planear investigaciones, rever lo que se sabía en función de nueva evidencia experimental, usar herramientas para recolectar, analizar e interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y comunicar los resultados. La indagación requiere la identificación de suposiciones,

⁴ También llamado “por investigación” o, en inglés, “inquiry-based” (Rutherford y Ahlgren, 1990).

⁵ Los “estándares” para la Educación en Ciencias son los contenidos que se espera que los alumnos aprendan en los diferentes años de la escuela. National Research Council (2001), *Science Education Standards*.

el uso del pensamiento crítico y lógico y la consideración de explicaciones alternativas.

En Argentina, los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios⁶ especifican diferentes situaciones de enseñanza enmarcadas en el modelo por indagación:

“La escuela ofrecerá situaciones de enseñanza que promuevan en los alumnos y alumnas (...) la actitud de curiosidad y el hábito de hacerse preguntas y anticipar respuestas (...) la realización de exploraciones sistemáticas guiadas por el maestro sobre los seres vivos, el ambiente, los materiales y las acciones mecánicas donde mencionen detalles observados, formulen comparaciones entre dos o más objetos, den sus propias explicaciones sobre un fenómeno, etc. (...) la realización y reiteración de sencillas actividades experimentales para comparar sus resultados e incluso confrontarlos con los de otros compañeros (...) la producción y comprensión de textos orales y escritos (...) la utilización de estos saberes y habilidades en la resolución de problemas cotidianos significativos para contribuir al logro de una progresiva autonomía en el plano personal y social.”

El modelo por indagación parece ser un buen candidato a la hora de sentar las bases del pensamiento científico en los alumnos de la escuela primaria porque pone el foco en la enseñanza integrada de conceptos y de competencias científicas. Dicho así, todo parece sencillo. Sin embargo, del estado de situación que describí al principio surge inmediatamente una pregunta: ¿cómo llevar este enfoque a la práctica?

Construyendo sobre lo que ya existe

Un argumento que quiero sostener aquí es que la enseñanza por indagación no implica comenzar todo de cero. Lo que les propongo es justamente lo contrario: construir sobre las actividades que los docentes ya

⁶ Los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios (NAPs) son acuerdos sobre los contenidos de aprendizaje para todas las provincias de la Argentina, aprobados en el año 2005 por el Consejo Federal de Educación.

vienen realizando y, mediante pequeños pero estratégicos cambios, transformarlas en oportunidades de aprender conceptos y competencias científicas.

Una pequeña muestra de esto fue la idea de dar vuelta la secuencia de la primera clase sobre soluciones. Partir de fenómenos conocidos por los chicos como los de la mesa del desayuno y, a partir de ellos, construir el concepto de solución como una mezcla en las que no se pueden distinguir sus componentes. Aquí, lo que hicimos fue respetar la secuencia fenómeno-idea-terminología tratando de ser fieles al aspecto empírico de la ciencia, que habla de la conexión entre las ideas científicas y los fenómenos que buscan explicar. Luego, la docente podría enseñar a los chicos a clasificar diferentes mezclas que encuentran en sus vidas cotidianas utilizando estas nuevas categorías (soluciones versus mezclas heterogéneas).

Pero volvamos al segundo ejemplo de las tinturas de remolacha. ¿Cómo transformarla en una actividad de indagación?

En esta actividad, como en cualquier otra, lo primero de todo es identificar qué queremos enseñar. O, más importante todavía, qué queremos que los alumnos aprendan. Los educadores Grant Wiggins y Jay McTighe (2005)⁷ proponen una serie de preguntas como primer paso para diseñar cualquier actividad o unidad didáctica que ponen el foco en la comprensión de los alumnos: ¿Cuáles son los saberes que quiero que los alumnos “se lleven” de esta unidad? ¿Qué aprendizajes *duraderos* quiero que logren? ¿Qué cosas quiero que recuerden (y puedan usar) dentro de muchos años?

Pensar en qué queremos que los alumnos aprendan significa, también, poder imaginarnos qué evidencias nos harían darnos cuenta de que los alumnos han aprendido lo que queríamos enseñarles. ¿Qué debería ser capaz de decir o de hacer un alumno que aprendió? ¿Y qué diría o haría otro que no alcanzó esos aprendizajes? Esas evidencias son las que nos van a ayudar a guiar las actividades, monitoreando qué y cuánto están comprendiendo los alumnos en cada etapa y avanzando a partir de ello.

⁷ En el libro “Understanding By Design” (Diseño para la Comprensión) los autores habla de invertir el orden de las planificaciones, identificando qué busco que los alumnos aprendan (y cómo me voy a dar cuenta de si lo hicieron) ANTES de pensar en qué actividades realizar.

Poner el foco en el aprendizaje de los alumnos nos obliga a pensar muy cuidadosamente en cómo vamos a enseñarles. Esos aprendizajes serán siempre nuestra hoja de ruta, la luz al final del túnel que no debemos perder nunca de vista.

Siendo fieles al modelo por indagación, identificar nuestros objetivos de aprendizaje implica tener en cuenta las dos dimensiones de la ciencia, la de producto y la de proceso, traducidas en conceptos y competencias. Les propongo algunos a modo de ejemplo, también para sexto año:

Conceptos	Competencias
<p>-Los solutos no se disuelven de la misma manera en todos los solventes: en algunos se disuelven mucho (tienen una solubilidad alta), en otros poco (tienen una solubilidad más baja) y en otros nada (son insolubles).</p> <p>-La temperatura del solvente influye en su capacidad de disolver un soluto (cuanto más caliente está un solvente es capaz de disolver mayor cantidad de soluto).</p>	<p>-Diseñar un experimento para responder a una pregunta.</p> <p>-Registrar los resultados de un experimento y compararlos con los de otros compañeros.</p> <p>-Interpretar los resultados del experimento: en este caso, comparar la solubilidad de un soluto en diferentes solventes y en un mismo solvente a diferentes temperaturas.</p> <p>-Explicar sus conclusiones verbalmente.</p>

Identificar qué competencias queremos enseñar cuando realizamos una actividad con los alumnos es fundamental para que las clases prácticas dejen de ser simplemente momentos de poner “manos a la obra” para convertirse en oportunidades de poner las “mentes en acción”⁸. En general, es más sencillo comenzar por identificar los conceptos que queremos enseñar y, a partir de ellos -y de comenzar a imaginarse maneras de enseñarlos- definir las competencias. Lo importante aquí son dos cosas: que en todas las actividades se enseñen competencias científicas, y que a lo largo del año (y de la escuela) haya oportunidades de enseñar las diferentes competencias, avanzando

⁸ En inglés esto se ha popularizado como “hands on” versus “minds on”.

progresivamente desde las más sencillas (como observar y describir) a las más sofisticadas (como diseñar experimentos y argumentar).

Aquí vale una aclaración muy importante: ¿Por qué hablo de **enseñar** competencias científicas? Justamente, porque estas competencias no se desarrollan espontáneamente. Es preciso aprenderlas. Y, aunque parezca una verdad de perogrullo, para eso alguien tiene que enseñarlas, destinando tiempo y estrategias específicas para ello. Hago hincapié en esto porque esta es una idea muy poco extendida en las escuelas. Enseñar a observar, por ejemplo, no resulta de poner a los alumnos frente a un fenómeno y pedirles que “observen”, como se hace en muchas clases, con resultados obviamente frustrantes para los chicos y para el docente. Por el contrario, requiere que el docente guíe a los chicos a poner el foco en ciertos aspectos del fenómeno en cuestión (en el caso de las soluciones, por ejemplo, en notar si se distinguen “partes” o fases dentro de la mezcla) y llevarlos a que pongan atención en qué tienen de similar y en qué se diferencian diferentes objetos. Y lo mismo sucede con todas las competencias científicas. Hay que enseñarlas deliberadamente.

Una vez que hemos identificado nuestros objetivos será cuestión de planificar la clase. Pensar en cómo iniciar la discusión, en cuándo mostrar (o en si mostrar o no) un fenómeno real, en cómo organizar el trabajo de los alumnos, en qué tareas pedirles que realicen, en cómo moderar la discusión, qué decir y qué callar y, muy importante, en cómo realizar el cierre de la clase.

A modo de ejemplo va un tercer escenario, adaptado de la actividad de las remolachas que responde al modelo por indagación y a los objetivos de aprendizaje propuestos como ejemplo. En este caso, se trata de una clase real de sexto año⁹:

Tercer escenario

⁹ Agradezco a Milena Rosenzvit y a Juan Hurtado, dos maravillosos docentes de ciencias de la escuela Toratenu, por prestarme su actividad sobre soluciones para contarla aquí.

Al comienzo de la clase el docente les cuenta a los chicos que van a fabricar tintura de colores usando papel crepé¹⁰ y a usarla para teñir telas. Pero que para eso van a tener que diseñar un experimento para encontrar cuál es el mejor solvente para preparar la tintura¹¹.

“¿Por qué nos servirá este papel para teñir telas?” pregunta el docente antes de comenzar el diseño experimental. Los chicos concluyen que hay algo “metido” en el papel que le da color, que se puede “sacar” para fabricar tinturas. Y que para eso es preciso usar un líquido que lo disuelva (un solvente). El docente cuenta que algo parecido se puede hacer usando los colores escondidos en algunas verduras como las remolachas, y que así se fabricaban las tinturas antiguamente.

Lo primero que surge es la necesidad de ponerse de acuerdo sobre qué significa que una tintura sea mejor que otra: ¿cómo van a decidir qué solvente es el ganador? Entre todos deciden que la mejor tintura será la más oscura. “¿Qué significa que sea más oscura?” repregunta el docente. La conclusión del grupo es que la “oscuridad” tiene que ver con la cantidad de colorante (el soluto) que tiene la solución.

Los chicos trabajan en equipos diseñando sus experimentos. El docente les da la lista de materiales disponibles: tubos de ensayo, papel crepé y diferentes solventes: agua tibia, agua fría, alcohol y aceite. Cada grupo tiene que presentar sus diseños experimentales antes de recibir los materiales.

Luego de unos minutos se realiza la puesta en común de los diseños. En ella se discuten cuestiones metodológicas. Los chicos se ponen de acuerdo en que hay que mantener algunas condiciones constantes, como la cantidad de solvente y de papel crepé (que contiene el soluto) para cada tubo de ensayo, y la manera de extraer el color del papel, porque si no la comparación no vale. Y llegan a un mismo diseño experimental para todos los grupos.

Solo entonces el docente reparte los materiales. Los chicos hacen el experimento, colocando pedacitos de papel crepé en los diferentes solventes y comparando la intensidad de la solución que se forma.

¹⁰ El docente reemplazó las remolachas por el papel crepé por dos motivos: para tener mayor cantidad de colores de tintura, y porque la manipulación de materiales es más sencilla.

¹¹ En clases anteriores los alumnos han aprendido el concepto de solución y puesto nombre a sus componentes: solutos y solventes. Esta clase pone el foco en el concepto de solubilidad.

Los grupos presentan sus resultados al resto. Todos coinciden en que el mejor solvente es el agua, y más cuando está tibia. El aceite, por su parte, no disuelve para nada al colorante. El alcohol lo hace muy poco. El docente retoma esta conclusión: “El colorante no se disuelve de igual manera en todos los solventes. En algunos solventes se disolvió más, y se dice que en ellos tiene mayor solubilidad” (escribe la palabra en el pizarrón). Como ustedes vieron, la solubilidad de colorante es mayor en el agua que en el resto de los solventes”. “¿Qué otra cosa importa para que un soluto se disuelva más o menos?” pregunta mostrando los tubos con agua tibia y agua fría. Los chicos responden que cuando el solvente está más caliente disuelve más al soluto. El docente retoma esta idea y la conecta con una experiencia cotidiana: “Es cierto. La solubilidad de un soluto aumenta cuando aumentamos la temperatura del solvente. ¿Notaron alguna vez que cuando nos queda chocolate sin disolver en el fondo de la taza y calentamos la leche logramos que se disuelva todo?”. También les cuenta que, aunque el agua disuelva muchas cosas, hay otros solutos que se disuelven mejor en otros solventes como el aceite, por ejemplo la naftalina. Y les dice que van a hacer la prueba en la clase siguiente.

Como “postre”, los chicos usan la fórmula ganadora de agua caliente y papel crepé para fabricar tinturas de diferentes colores, y con ellas tiñen sus telas. Al final de la clase, todos se van fascinados. Y piden repetirla.

Este tercer escenario nos muestra que con una vuelta de tuerca es posible transformar una actividad que era un mero juego divertido en una oportunidad de enseñar a los alumnos no solamente un concepto importante como el de solubilidad sino también competencias científicas clave como el diseño experimental, la interpretación de resultados o la puesta en común de ideas. Lo que antes era una simple “receta de cocina” (Furman, 2007) se convirtió en una oportunidad de aprendizaje en la que los alumnos buscaron la manera de responder a una pregunta, discutieron las mejores formas de hacerlo, pusieron a prueba sus ideas, interpretaron sus resultados e intercambiaron lo que habían encontrado con otros chicos.

Lo más interesante de todo es que los alumnos aprendieron conceptos y competencias muy importantes sin dejar de disfrutar de la clase. Como les contaba, los chicos se fueron contentísimos, pidiendo repetir la actividad. Pero en este caso el disfrute no pasaba solamente por hacer una actividad práctica con tintas de colores, sino también por la felicidad de encontrar por ellos mismos la respuesta a un problema.

Se hace camino al andar

En esto de animarse a hacer actividades de indagación en el aula hay varias buenas noticias, pero también muchos desafíos.

La primera buena noticia es que es sencillo encontrar experiencias prácticas para abordar diferentes conceptos del currículo de ciencias. Las hay por todas partes: en libros de texto o de experimentos, y en numerosos sitios de internet. “Recetas de cocina”, afortunadamente, no faltan. El primer desafío es aprender a elegir las en función de los conceptos clave que queremos enseñar (y no usar una actividad solamente porque es atractiva). El segundo es transformarlas en oportunidades de indagación, incorporando momentos en los que se enseñen competencias científicas.

La segunda buena noticia es que no hace falta tener un laboratorio (ni mucho menos uno sofisticado) para hacer actividades de indagación. Por un lado, la mayor parte de las experiencias pueden realizarse con materiales caseros y en el aula, que resulta un espacio adecuado para hacer la mayoría de las experiencias. Por otra parte, el análisis de experiencias hechas por otros o casos históricos, o simplemente experimentos mentales que invitan a los alumnos a imaginarse “qué pasaría si...” son oportunidades de enseñar conceptos y competencias científicas sin necesidad de hacer experiencias “de carne y hueso”.

Vale aclarar aquí que no estoy endiosando a los experimentos como el único (ni el mejor) recurso para la enseñanza. Si bien es importante poner a los alumnos en contacto con el mundo de los fenómenos, pensar que con la simple exploración guiada de estos fenómenos alcanza para que los alumnos aprendan un tema en profundidad revela una mirada ingenua de la ciencia, en cierto modo parecida a la del modelo por descubrimiento espontáneo.

Los experimentos y las observaciones nos permiten construir algunas ideas acerca de los fenómenos pero dejan numerosos huecos que es fundamental llenar y profundizar con información que los experimentos no pueden aportar, como la que puede dar el docente, un texto o un especialista. El desafío aquí será que los chicos puedan apropiarse activamente de esa información, por ejemplo analizando textos y buscando las evidencias detrás de las afirmaciones que aparecen, aprendiendo a “hacerle preguntas” al texto o a un especialista, comparando informaciones de diferentes fuentes y explicando con sus propias palabras lo que han comprendido. De lo que se trata en última instancia es que puedan comprender esa información nueva e integrarla a lo que ya conocen.

La tercera buena noticia es que es posible ir avanzando hacia la enseñanza por indagación de a poco, introduciendo algunas actividades nuevas en el marco de lo que ya ha hecho en años anteriores. En otras palabras, en la indagación, como en casi todo, se hace camino al andar... En el primer año se podrá introducir una o dos de estas actividades por unidad temática. Y al año siguiente otras más. Paulatinamente, la confianza y la familiaridad con este tipo de trabajo hará más sencillo incluir nuevas actividades, con la mirada puesta en que finalmente el enfoque no traduzca en actividades sueltas sino en un abordaje general para la enseñanza.

Quiero terminar este texto con una idea importante: la indagación bien entendida empieza por casa. Poder dar los primeros pasos en este tipo de enseñanza requiere, en primer lugar, que nosotros mismos nos animemos a curiosear y a pensar con la mente fresca por qué suceden las cosas. Esa es la actitud que queremos transmitirles a los chicos, y para ello será preciso que nuestras acciones sean coherentes con ella. Por ejemplo, habrá que probar las experiencias antes de hacerlas con los alumnos y anticipar qué preguntas podrían surgir en relación a ella, qué cosas son más llamativas para observar o cómo podríamos dar cuenta de lo que sucede. Esa será, también, una manera de sentirse seguros a la hora de trabajar de esta manera, minimizando la cantidad de imprevistos que aparezcan.

Finalmente, la capacidad de moderar las discusiones que surjan con los alumnos tendrá mucho que ver con qué tan cómodos nos sintamos con el tema

que estamos enseñando. Aquí no hay demasiados secretos para que las cosas salgan bien. Al igual que los abogados, médicos y cualquier otra profesión, la profesión docente requiere de una formación continua. En otras palabras, habrá que sentarse a estudiar, profundizando y actualizando aquellos conceptos en los que necesitemos refuerzos. Sin conocer bien los temas, las actividades de indagación pueden resultar una experiencia frustrante porque disparan muchísimas preguntas de los alumnos. Pero el esfuerzo se recompensa cuando vemos que los chicos se van de nuestras clases con ganas de saber más y la felicidad de haber pensado por sí mismos. Ahí, sí, podremos irnos a casa con la satisfacción del trabajo realizado y una sonrisa de oreja a oreja.

Bibliografía

Bruner, J. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31(1): 21-32.

Chalmers, A. (1989). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo XXI, Madrid.

Fumagalli, L. (1993). *El Desafío de Enseñar Ciencias Naturales*. Troquel, Buenos Aires.

Furman, M. (2007). Haciendo ciencia en la escuela primaria: Mucho más que recetas de cocina. *Revista 12ntes*, 15: 2-3.

Furman, M. y Zysman, A. (2001). *Ciencias Naturales: Aprender a investigar en la escuela*. Novedades Educativas, Buenos Aires.

Gellon, G., Rossenvasser Feher, E., Furman, M. y Golombek, D. (2005). *La Ciencia en el aula: Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Paidós, Buenos Aires.

Harlen, W. (2000). *The Teaching of Science in Primary Schools*. David Fulton Publishers, Londres.

Howe, A. (2002). *Engaging Children in Science*. Prentice Hall, New Jersey.

Mayer, R. (2004). Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? *American Psychologist*, 59(1): 14-19.

MECyT de la Nación (2005). Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAPs) 1° y 2° Ciclo de EGB. Buenos Aires.

National Research Council (2001). *Science Education Standards*.

Porlán, R. (1999). Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias por investigación. En *Enseñar ciencias naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. De Kaufmann y Fumagalli (comp.). Paidós, Buenos Aires.

Rutherford, F. y Ahlgren, A. (1990). *Science for All Americans*. American Association for the Advancement of Science (AAAS), Oxford University Press, New York.

Wiggins, G. y McTighe, J. (1998). *Understanding by Design*. Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria.