

Las Ciencias naturales como producto y como proceso

¿De qué hablamos cuando hablamos de ciencias naturales? ¿Qué es esa cosa que enseñamos en nuestras clases? Comenzamos con esta pregunta porque, aunque no siempre sea explícita o seamos conscientes de ella, toda propuesta didáctica lleva consigo una visión sobre su objeto de enseñanza que determina mucho de lo que sucede en una clase. La concepción de ciencia impacta desde lo que el docente elige hacer, preguntar, explicar o incluso callar, hasta el tipo de actividades que se proponen a los alumnos y el clima que se genera en el aula.

Para explicar la mirada sobre las ciencias naturales que nos guía en nuestra propuesta pedagógica, vamos a usar una moneda como analogía. Pregúntense por un momento: ¿Cuál es su característica más notoria? Acertaron: tiene dos caras.

Comencemos por la primera cara de la moneda. Cuando hablamos de ciencias naturales, solemos referirnos a un conjunto de conocimientos que la humanidad ha construido a lo largo de varios siglos y que nos permite explicar cómo funciona el mundo natural. Hablamos por ejemplo, del concepto fotosíntesis y también del mecanismo de selección natural, junto con el concepto de reacción química y el conocimiento sobre cómo se produce una bacteria. Estos conocimientos, por supuesto, no están dispersos ni son ideas sueltas, sino que están fuertemente organizados en marcos explicativos más amplios (teorías y leyes) que les dan sentido. Llamaremos a este cuerpo de saberes el PRODUCTO de la ciencia.

Pero si vemos la ciencia solamente como un producto estamos dejando a un lado la otra cara de la moneda. Porque las ciencias naturales son también un PROCESO: unos modos de conocer la realidad a través de los cuales se genera ese producto. Pensemos en la otra cara de los productos de la ciencia que mencionamos en el párrafo anterior: ¿Cómo sabemos que una planta fabrica su alimento a partir de la luz del sol?; ¿Qué evidencias nos dicen que el ambiente juega un papel fundamental en la evolución de los seres vivos?; ¿Cómo podemos averiguar si, al mezclar dos sustancias, ocurre una reacción química?; ¿Cómo darnos cuenta de que una bacteria se está produciendo?

En esta otra cara de la ciencia, tienen un rol fundamental la curiosidad, el pensamiento lógico, la imaginación, la búsqueda de evidencias, la contrastación empírica, la formulación de modelos teóricos y el debate en una comunidad que trabaja en conjunto para generar nuevo conocimiento. Y en este modo de construir el conocimiento, también tiene un papel importante el contexto, dado que la ciencia es una actividad humana, hecha por personas, con dudas, pasiones e intereses, que trabajan en instituciones enmarcadas en una sociedad y en un momento histórico. Entender esta segunda cara de la moneda implica, también, comprender el carácter social de la ciencia y su relación con otros aspectos de la cultura.

¿Por qué usamos la analogía de la moneda para explicar las ciencias naturales? En primer lugar, porque tiene dos caras. Pero también porque dichas caras son inseparables. No existe una sin la otra. Y esa característica, como veremos, es fundamental a la hora de diseñar propuestas de enseñanza que sean coherentes con la imagen de ciencia que hemos propuesto.

TENDIENDO PUENTES ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA

Recuerden alguna clase de ciencias que hayan enseñado últimamente. Identifiquen en dicha clase las dimensiones de la ciencia como producto y como proceso que hemos descripto como dos caras de una misma moneda. ¿Ambas estuvieron presentes? ¿Alguna de ellas estuvo más representada que la otra? En ese caso, propongan como se podrían incorporar más elementos de la dimensión menos presente mejorar la clase.

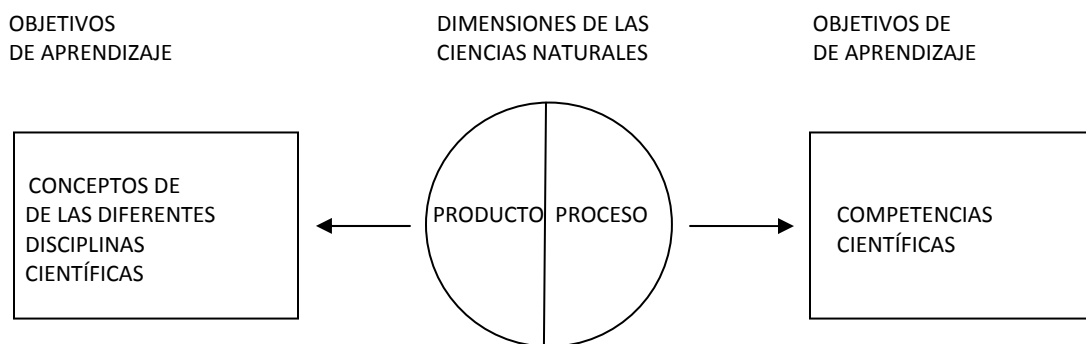
Aprender ciencias como producto y como proceso

Como dijimos en la presentación, la etapa de la escuela primaria es clave para colocar las piedras fundamentales del pensamiento científico. En ese momento, se sientan las bases para lo que se conoce como *alfabetización científica* (Fourez, 1997). Este proceso, que culmina en la escuela secundaria, implica que los alumnos conozcan la naturaleza de la ciencia y los fundamentos de cómo se genera el conocimiento científico, y que aprendan no solo conceptos, sino competencia relacionadas con el modo de hacer y pensar de la ciencia que les permitan participar como ciudadanos críticos y responsables en un mundo en el que la ciencia y la tecnología juegan un rol fundamental.

Volviendo a la analogía de la moneda, la alfabetización científica incorpora las dimensiones de las ciencias naturales como producto y como proceso, que se traducen en dos objetivos de aprendizaje fundamentales: la comprensión de las bases del funcionamiento del mundo natural, por un lado, y el desarrollo de competencias de pensamiento científico, por otro.

ANCLANDO IDEAS

La siguiente figura resume las ideas que hemos planteado acerca de las dimensiones de las ciencias naturales y los objetivos de aprendizaje que se desprenden de cada una.



Aprender ciencias como producto

Saber Ciencias Naturales va mucho más allá de conocer al detalle todos los elementos de la tabla periódica, recordar el nombre de los huesos del cuerpo humano o poder repetir correctamente las etapas del ciclo de vida de una planta. El desafío actual para un alumno (y vale decir, para cualquier ciudadano) no pasa por acceder a la información científica, sino por poder darle sentido y discernir cuanta de esa información es confiable y por qué. En nuestros días, hay datos provenientes de la ciencia por todas partes. Nos llueve información acerca del virus de la gripe, de los satélites y de los alimentos transgénicos. La cuestión es que hacemos con todos esos datos.

Vivimos en un contexto en el que sobra información, y faltan marcos conceptuales para interpretar esa información. Aprender ciencias, entonces, tiene que ver con poder darle sentido al mundo que nos rodea a través de ideas y explicaciones conectadas entre sí. Es entonces cuando la información se convierte en conocimiento, cuando comprendemos no solamente de que se trata un cierto concepto, sino también por qué es más o menos importante, qué relación tiene con otros conceptos que conocemos de antes y que nuevas preguntas nos abre para seguir aprendiendo. Y finalmente, cuando somos capaces de utilizar ese conocimiento en situaciones nuevas que requieren ponerlo en juego en pos de resolver un problema, analizar una situación o tomar una decisión.

¿Cómo se traduce esto a una escuela primaria? En esta etapa, comprender las bases del funcionamiento del mundo natural implica que los estudiantes construyan ideas cada vez más amplias y profundas que den sentido al mundo que los rodea, yendo de ideas pequeñas que surgen de su propia experiencia cotidiana o de experiencias realizadas en la escuela hacia ideas más grandes, de mayor poder explicativo y predictivo.

ANCLANDO IDEAS

El concepto de que las lombrices pueden vivir en el suelo porque son capaces de escabullirse a través de espacios pequeños y alimentarse de cosas que están presentes en el es una idea pequeña que puede surgir de una actividad de observación de lombrices en el suelo y que se aplica solamente a estos animales. Pero se transforma en una idea grande cuando puede ser conectada a otras ideas, como la de que los peces pueden vivir en el agua porque son capaces de respirar y obtener alimento de ella (Harlen, 2000). De este modo, los alumnos extienden el razonamiento sobre las lombrices y las características que les permiten vivir en determinados hábitats a otros animales y, eventualmente, a los seres vivos en general. De esta manera, las ideas pequeñas, de carácter más descriptivo, comienzan a convertirse en conceptos generales, de carácter más explicativo.

En la escuela primaria, buscamos que los alumnos puedan mirar el mundo que los rodea con ojos científicos, a la luz de esas ideas grandes que han ido construyendo. A medida que los alumnos avanzan en la escolaridad, dispondrán de un repertorio de ideas grandes que les permitirán ir explicando el mundo de manera cada vez más efectiva, integrando los nuevos aprendizajes en esquemas conceptuales, más amplios y abarcadores.

¿Cómo se mira el mundo a través de estas ideas generalizadoras? Bahamonde y colegas (2006) lo expresan muy bien cuando dicen que mirar el mundo con ojos científicos es, por ejemplo “Ver en una manzana todos los frutos, saber en qué se diferencia y en que se parece a otros frutos y comprender el papel que juegan las semillas en la continuidad de la vida. Es ‘ver’ en una toalla mojada secándose al sol el proceso de evaporización, saber los factores que influyen en la rapidez del secado y anticipar en qué condiciones una penda se secara más rápido”.

Aprender ciencias como proceso

La segunda dimensión del aprendizaje de las ciencias se basa en el aprendizaje de competencia científica, relacionadas con los modos de conocer de la ciencia.

Aprender ciencias como proceso significa que los alumnos desarrollen la capacidad de, y el placer por, observar la realidad que los rodea, formular preguntas, proponer respuestas a posibles y predicciones, buscar maneras de poner esas respuestas a prueba, diseñar observaciones y experimentos controlados. Implica que aprendan a imaginar explicaciones de los datos obtenidos, a buscar y analizar información de diversas fuentes para extender lo que saben y a debatir con otros en función de lo que han aprendido. Y que, en ese hacer, comprendan que la ciencia es una manera particular de acercarse al conocimiento del mundo, con sus reglas, sus formas de vacarse al conocimiento del mundo, con sus reglas, sus formas de validación y su lógica propias.

Pensar científicamente implica, además, desarrollar tanto el ámbito de buscar evidencias detrás de los argumentos provistos por uno mismo y por lo otros, como la mirada crítica sobre esas evidencias. Este aprecio por las evidencias es fundamental para formar alumnos con pensamiento crítico y autónomo, capaces de interpretar la información científica (y nos aventuramos a decir que no científica también) que reciben cotidianamente y de evaluarla para poder tomar decisiones conscientes que se basen en información confiable.

Como veremos luego, el desarrollo de competencias científicas implica también el aprendizaje de una serie de ideas metacientíficas (sobre la naturaleza de la misma ciencia) que les dan sustento a esas competencias en tanto hablan del proceso de generación y validación del conocimiento científico (Adúriz Bravo, 2005).

Cuando hablamos de competencia científica, nos referimos a capacidades complejas relacionadas con los modos de pensar de las ciencias naturales. Elegimos utilizar el término competencias porque pone énfasis en que estas capacidades van más allá de lo escolar y son

fundamentales para la vida, en tanto se relacionan con el desarrollo de la autonomía intelectual. Otros autores usan la terminología, en gran medida, equivalentes, como modos de conocer, hábitos del pensamiento, habilidades, destrezas o procedimientos científicos.

Las investigaciones muestran que la escuela primaria juega un rol fundamental en sentar bases del pensamiento científico y en generar una actitud positiva hacia las Ciencias Naturales (Atwater et al., 1995; Osborne et al., 2003). En la dimensión de la ciencia como producto, el progreso a lo largo de la escuela implica que los alumnos nos construyan ideas cada vez mas abarcadoras sobre cómo funciona la realidad. En la dimensión de la ciencia como progreso el progreso se da trabajando en los primeros grados algunas competencias más simples, como la observación y la descripción, para luego refinarlas y expandirlas, incorporando paulatinamente otras competencias más complejas, como la capacidad de hipotétizar de explicar y de conectar las explicaciones como evidencias.

Queremos destacar aquí una idea muy importante: las competencias de pensamientos científicos no se adquiere de manera espontanea. De hecho, muchas personas pasan toda su vida sin desarrollar competencias científicas. Y, por eso, hay que enseñarlas. Insistiremos en esta idea a lo largo de todo el libro.

¿Por qué las competencias científicas no se aprenden naturalmente? Autores como Alan Cromer coinciden en que el modo de conocer de las ciencias difiere significativamente de nuestro sentido común y de las maneras en que las personas solemos resolver problemas cotidianos, tanto en la estructura interna del conocimiento generado como n el modo de generar y validar ese conocimiento. Algunos, como John Brown y Kathleen Hogan, van más allá para afirmar que todo aprendizaje complejo se basa en la “apropiación de una nueva cultura” y que aprender científicamente no es una excepción.

Este cambio cultural requiere que los alumnos vayan más allá de los limites de sus propias experiencias para familiarizarse con nuevos sistemas explicativos, nuevas formas de usar el lenguaje y otros estilos de construcción del conocimiento. Este aprendizaje, como veremos, requiere de mucha ayuda de los docentes, que juegan un rol esencial en lograr que los alumnos se apropien de esta nueva forma de pensar del mundo.

TENDIENDO PUENTES ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA

Retomen un ejemplo de sus clases y, a partir de él, identifiquen qué piensan que sus alumnos aprendieron. Clasifiquen dichos aprendizajes según presenten las ciencias como producto o como proceso. Comparen luego esos aprendizajes con los objetivos que se plantearon cuando diseñaron la clase. ¿Coinciden? Si no, ¿Qué harían diferente a la próxima vez?

Nos asomamos al aula

Hasta aquí, hemos usado la analogía de una moneda para representar las ciencias naturales y, desde esa mirada, definimos a grandes rasgos lo que esperamos que nuestros alumnos aprendan. Pero todavía nos queda una gran pregunta por responder: ¿Cómo enseñar de manera coherente con estos objetivos?

Para responder a esta pregunta, vamos a necesitar algunas pistas. Los invitamos entonces a asomarnos al aula nuevamente e imaginarnos que miramos por la ventana, dos clases de ciencias (tomadas de Furman, 2008).

Primer escenario simulado

Es una de 6° grado. En el pizarrón, se lee el título de la unidad didáctica 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 niños 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 u 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 alumnos miran con cara de confundidos. “Un soluto es el componente que está en menor 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 cada uno, identifica el soluto y el solvente. Le pide a los alumnos que den otros ejemplos: algunos contestan correctamente, la docente copia todos los ejemplos de soluciones que encuentran en la vida cotidiana, al menos tres de cada uno.

“¿Y que será entonces la solubilidad?”, pregunta la docente. Los niños 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 caliento el café con leche y le puedo agregar más azúcar. ¿Entendieron? Copiemos todo en la carpeta”.

Segundo escenario simulado

Esta clase de 6° grado transcurre en un laboratorio. En el pizarrón, está escrito el título de la actividad: “Soluciones de pigmento de remolacha y agua”.

Los alumnos 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 morado. Les cuentan 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 tienen sobre la mesa. El docente les muestra que tienen que enrollar como un matambre. Pueden hacerle nudos y usar banditas elásticas y, con eso, van a lograr *efectos artísticos*.

Al final, los alumnos usan tinturas recién fabricadas para teñir sus telas. Están fascinados. Hay un clima de risas en toda 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 pregunta a los niños como han podido teñir las telas usando la remolacha y repasa la idea de que el pigmento de remolacha y el agua tibia forman una solución. Todos los alumnos piden repetir la experiencia.

Los escenarios anteriores, si bien ficticios y bastante caricaturizados, están basados en clases reales de ciencias. En ellos, se resumen varias problemáticas que se generan a la hora de enseñar Ciencias Naturales en la escuela primaria y revelan, a su vez, dos imágenes muy diferentes de las ciencias naturales por partes 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: aparece un modelo de enseñanza transmisivo, que apunta al aprendizaje memorístico. El modelo transmisivo asume que el conocimiento científico es un conocimiento acabado, absoluto y verdadero, y que aprender es una actividad pasiva que involucra apropiarse formalmente de ese conocimiento. En esta clase, vemos a una docente definiendo conceptos en el pizarrón, y a los alumnos escuchando pasivamente sin comprender realmente de que tratan esos conceptos.

En el trabajo de esta docente, vemos también aspectos valiosos; por ejemplo, que intenta ser clara en sus definiciones e intenta ilustrarlas con ejemplos de la vida cotidiana que resulten familiares para los estudiantes. Sin embargo, nuestra docente imaginaria cae en un hábito muy común en las clases de ciencias: comienza 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 niños que entienden por una solución, pareciera que el aprendizaje buscado es sobre el significado de la palabra *solución*, lo cual podría obtenerse fácilmente en el diccionario. Que en la naturaleza muchas sustancias aparecen mezcladas; o la manera en que podemos darnos cuenta de cuantos componentes tiene cierta mezcla no parecen

ser los aprendizajes buscados en esa clase. Podríamos imaginar perfectamente a un alumno que formula correctamente todas las definiciones que la docente ha explicado y hasta puede dar algunos ejemplos o aprobar una evaluación sin haber comprendido para nada el tema en cuestión.

Ponerles nombres a los fenómenos antes de que los estudiantes los hayan comprendido va en contra de lo que llamamos *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 aquellas van cambiando a medida que aparecen observaciones que no concuerdan con esas explicaciones anteriores). Cuando esta conexión no está presente en nuestras clases de ciencias, les estamos mostrando a los alumnos una imagen distorsionada de la ciencia.

Una manera sencilla 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 entonces, 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*. Gellon y sus colegas (2005) han propuesto llamar esta secuencia *fenómeno-idea-terminología*. Vale la pena aclarar que respetar esta secuencia (y la conexión entre las ideas científicas y los fenómenos) no requiere necesariamente trabajar en clases con materiales concretos. En este caso, sería suficiente con que los alumnos recordaran ejemplos como los de la mesa del desayuno.

Sin embargo, los problemas que observamos en esta clase no tuvieron que ver solamente con el énfasis en la terminología por sobre la comprensión conceptual. La clase nos da evidencia de una murada muy extendida en muchos docentes 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 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 a un lado la cara de las ciencias como proceso. Como vimos, en esta clase de Ciencias Naturales, solamente está representada la cara de la ciencia como producto: la docente no enseña ninguna competencia científica.

Continuemos con nuestro ejercicio imaginativo: ¿qué piensan ustedes que habrá sentido la docente al terminar esa clase? Seguramente se fue con la sensación de que “los alumnos no participaron”, que “no contestaron preguntas” o que “no estaban interesados en la materia”. Y los niños, ¿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 explico, seguramente es porque la ciencia es demasiado difícil o que simplemente no es para ellos. Lamentablemente, resulta

demasiado sencillo predecir como continúa la historia: una docente frustrada con su tarea y niños que, poco a poco, dejan de interesarse por las Ciencias Naturales.

Hasta aquí hablamos de que la primera docente comienza por las definiciones y no muestra explícitamente la conexión entre los fenómenos y las ideas que los explican. Y también señalamos que en esta clase no se enseñan competencias científicas, solo se da información. También mencionamos que tanto los alumnos como la docente se van desanimados de la clase.

Vayamos al segundo escenario, el de los alumnos que fabrican tinturas con remolacha. Con seguridad, al observar esta clase, a muchos, les invadiría una sensación de total felicidad: ¡Por fin, niños que aprenden ciencias en la escuela! ¡Y que se divierten en el intento!

En esta clase, no aparecen muchos de los problemas del escenario anterior: el docente pone a los niños 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 solo en dar información. Los niños ponen manos a la obra, participan activamente y se divierten mucho. Existe 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, y el docente se va a su casa satisfecho.

Todo eso es verdad. Pero imaginemos ahora que les preguntamos a los alumnos que salen de la clase que aprendieron. ¿Qué piensan que nos responderían? Caso 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 en 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 problemas de este segundo escenario? En primer lugar, la clase revela una mirada particular sobre el conocimiento científico. Nos dice que ese conocimiento está en la realidad y que los alumnos en contacto directo con los fenómenos (en este caso, preparando soluciones con remolacha y agua tibia) pueden acceder a la comprensión de cómo funcionan las cosas (el concepto de solución). Podríamos pensar que la visión de enseñanza de la ciencia que orienta el transcurso de esa clase corresponde a lo que se conoce como modelo de aprendizaje por descubrimiento o, en inglés, *discovery learning* (Bruner, 1961). Esa concepción surgió en el auge de las ideas constructivistas, como reacción al modelo de enseñanza tradicional (que veíamos representado en el primer escenario), proponiendo que las clases de ciencias tuvieran dinámicas de interacción con los materiales, surgiera el aprendizaje de conceptos y de competencias científicas. Sin embargo, la llegada al aula de ese modelo trajo problemas en

algunos casos: se instalo, a veces, como una modalidad activista donde lo importante pasaba a ser que los chicos interactuaran con la realidad por sobre cualquier otro aspecto, no importaba demasiado en qué condiciones sucedía. Investigaciones posteriores acerca de las respuestas de los alumnos en ese tipo de clases y sobre algunos programas basados en esa metodología (por ejemplo , Mayer, 2004) pusieron en evidencia que, con el simple contacto con los fenómenos , no alcanza para aprender ciencia: hay que hacer algo más.

Un segundo problema que aparece en esta clase tiene que ver con que se entiende por hacer ciencia en la escuela. A primera vista, los alumnos 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.

La enseñanza por indagación

La enseñanza por indagación es un modelo didáctico coherente con la imagen de ciencias que hemos propuesto. Parte de la idea fundamental de que ambas dimensiones de las ciencias naturales, la de producto y la de proceso, son dos caras inseparables de la misma moneda y que deben ser enseñadas como tales. En la práctica, esto implica que el aprendizaje de conceptos científicos este enmarcado en situaciones de la enseñanza en las que los alumnos tengan oportunidades de desarrollar ciertas competencias e ideas relacionadas con el proceso de construir conocimiento científico.

La enseñanza por indagación se inspira en el modo en que los aspirantes a científicos aprenden los gajes del oficio, guiados por científicos con más experiencia que hacen las veces de mentores y los guían en la tarea de aprender a investigar.

Evidentemente, la ciencia real y la ciencia escolar son cosas bien diferentes. En la ciencia real, los científicos generan conocimiento nuevo en la frontera de lo que conoce; mientras que en la escuela los alumnos recorren un camino predeterminado por el docente, con objetivos muy claros, para construir conceptos que la comunidad científica ha valido de antemano.

El modelo por indagación tiene rices en una reacción frente al modelo de enseñanza tradicional, de carácter transmisión (representado por el primer escenario). Ya en 1909, John Dewey, filosofo y pionero de la educación estadounidense, argumentaba frente a la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia que, en la enseñanza de las Ciencias Naturales, se ponía excesivo énfasis en la acumulación de información y no se hacía hincapié en la ciencia como un amanaera de pensar y como una actitud de la mente. Mucho antes de Dewey , el educador suizo Johann Heinrich Pestalozzi fundaba una escuela basada en el aprendizaje basado en las impresiones de los sentidos, la experimentación y el razonamiento apoyados en el estudio de los fenómenos naturales en si mismos, oponiéndose a lo que el llamaba “la repetición vacía de meras palabras”. Muchos otros, después de ellos, abogaron por una enseñanza de las Ciencias Naturales

que se distanciara del modelo transmisivo. El modelo transmisivo asume que el conocimiento científico es un conocimiento (para una historia de las diferentes corrientes en la educación en ciencias, ver DeBoer, 1991).

Si bien la enseñanza por indagación surge como reacción al modelo de enseñanza transmisiva, también se distancia de los resultados de aplicación del modelo de aprendizaje por descubrimiento representados en el segundo escenario.

En el centro de estos enfoques, el modelo por indagación propone que los alumnos recorran, guiados de cerca por el docente, el camino de construir conceptos y estrategias de pensamiento científicos a partir de la exploración sistemática de fenómenos naturales, el trabajo con problemas y el análisis crítico de experiencias, historias y de otras fuentes de información, de una manera que guarda ciertas analogías con el quehacer científico. Este modelo didáctico parte de la idea de que el conocimiento científico no está ahí afuera, listo para ser descubierto, sino que se construye y se valida a partir de una cierta metodología y en una comunidad de pares que comparten ciertas reglas basadas, por ejemplo, en la confrontación de puntos de vista y en la argumentación en base a evidencias. Así, el conocimiento científico no es acabado, sino que está en permanente revisión.

Para ilustrar a que nos referimos con enseñanza por indagación, volvamos a los escenarios anteriores. ¿Cómo sería una clase sobre los mismos temas basada en este tercer modelo de enseñanza? A continuación, les mostraremos un tercer escenario; esta vez, tomado de una clase real de 6° grado (Furman 2008)

Un escenario Real

Al comienzo de la clase, el docente les cuenta a los niños que van a fabricar tintura de colores usando papel crepe y que la van a utilizar para teñir telas. Pero, para eso, van a tener que diseñar un experimento a fin de encontrar cuál es el mejor solvente para preparar la tintura.

“¿Por qué nos servirá este papel para teñir telas?”, pregunta el docente antes de comenzar el diseño experimental. Los niños 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 utilizando los colores escondidos en algunas verduras, como la remolacha, y que así se fabrican 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?”, pregunta el docente. La conclusión del grupo es que el grado de oscuridad tiene que ver con la cantidad de colorantes (el soluto) que tiene la solución.

Los alumnos trabajan en equipo diseñando sus experimentos. El docente les da la lista de materiales disponibles: tubos de ensayos, papel crepe 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 ellas se discuten cuestiones metodológicas. Los alumnos 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 de lo contrario, la comparación no vale. Y llegan a un mismo diseño experimental para todos los grupos.

Solo entonces el docente reparte los materiales. Los niños hacen el experimento: colocan pedacitos de papel crepe en los diferentes solventes y comparan la intensidad de la solución que se forma.

Los grupos presentan sus resultados al resto. Todos coinciden en que el mejor solvente es el agua, y más cuando esta tibia. El aceite, por su parte, no disuelve para nada el 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 mas; y se dice que en ellos tiene mayor solubilidad" (escribe la palabra en la pizarrón). "Como ustedes vieron, la solubilidad de colorantes 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 niños responden que, cuando el solvente está más caliente, disuelve mas el soluto. El docente retoma esta idea y la conecta con una experiencia cotidiana: "Es cierto en general, la solubilidad de un soluto aumenta a medida que 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 aumenta 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 alumnos 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 a fascinados. Y piden repetir la experiencia.

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 la 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 se convirtió en una oportunidad de aprendizaje en la que los alumnos buscaron la manera de responder a la pregunta, discutieron las

mejores formas de hacerlo, pusieron a prueba sus ideas, interpretaron sus resultados e intercambiaron lo que habían encontrado con otros niños (Furman, 2007b).

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

El siguiente cuadro resume los tres modelos de enseñanza discutidos y los supuestos de cada uno en relación con el conocimiento científico, con la metodología de la ciencias naturales y con el rol de los docentes y alumnos.

MODELO SUPUESTOS	TRANSMISIVO (Primer escenario)	DESCUBRIMIENTO ESPONTÁNEO (Segundo escenario)	POR INDAGACIÓN (Tercer escenario)
Visión sobre el conocimiento científico	Es un conocimiento acabado, objetivo, absoluto y verdadero.	Se encuentra en la realidad, existe una verdad afuera que se revela a quien la estudia.	Las ideas científicas son construcciones humanas que buscan explicar el funcionamiento del mundo natural de manera coherente con la realidad empírica y están sujetas a cambios.
Visión sobre la metodología de la ciencia.	Es una serie lineal de pasos que los científicos aplican para conocer la realidad.	Se basa en la interacción directa con la realidad, a partir de la cual, se accede al conocimiento.	La ciencia es una actividad colectiva que tiene una metodología particular basada en la exploración sistemática, la búsqueda de evidencias y la formulación de teorías.
Rol del docente.	Es la autoridad de la clase y quien posee el saber. Transmite conceptos de manera activa.	Es quien genera las condiciones para que el alumno interactúe con fenómenos, esperando que descubra en dicha interacción las leyes que explican el funcionamiento del mundo.	Diseña cuidadosamente que guían a los alumnos a construir conceptos y competencias científicas. Durante su intervención, se guía por un plan preestablecido que va adaptando a la dinámica cambiante del aula.

Rol del alumno.	Es un consumidor de conocimientos. Debe atender, captar y recordar los conceptos que recibe del docente.	El generador de conocimiento sin ayuda.	Participa de manera activa en las experiencias organizadas por el docente, construyendo conceptos y herramientas de pensamiento científico bajo su guía.
-----------------	--	---	--

¿Modelo de enseñanza o practica de enseñanza?

Queremos finalizar este capítulo con una aclaración importante: la enseñanza por indagación no es un modelo nuevo. En los documentos curriculares y en el ámbito educativo en general, existe un consenso acerca de la utilidad de esta metodología de enseñanza. El problema, claro, está en que no se aplica en la práctica. De hecho, muchos países ya han adoptado la enseñanza por indagación como parte de sus propósitos educativos en el área de Ciencias Naturales. En la Argentina, los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios para el nivel primario especifican diferentes situaciones de enseñanza enmarcadas en la indagación escolar:

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 secciones 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 las 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.

Naturalmente esta no es tarea fácil ni puede llevarse a cabo en pocas clases o incluso en un solo año de trabajo. La capacidad de comprender y de involucrarse en este tipo de metodología que, como mencionamos, conlleva la apropiación de una nueva cultura, requiere que los alumnos puedan practicarla a lo largo de todos sus años de escuela. En otras palabras, los alumnos no aprenden a indagar simplemente aprendiendo términos como hipótesis y predicciones, o memorizando los pasos del método científico. Ni tampoco formulando hipótesis o diseñando experimentos sin comprender que están haciendo ni por qué.

Enseñar a indagar requiere que el docente diseñe cuidadosamente situaciones para enseñar a los alumnos competencias científicas. Y aquí volvemos a enfatizar la idea de enseñar competencias porque es habitual escuchar que los alumnos “no saben” observar, argumentar o interpretar texto científico. Como ya mencionamos, estas competencias no son espontáneas en lo absoluto, y no se construyen simplemente estando expuestos a la oportunidad de observar, argumentar o interpretar un texto científico.

En palabras de la bióloga y educadora Laura Lacreu (2004), este tipo de aprendizaje “No se da solo porque los alumnos discutan, hagan experimentos o busquen información. Estos modos de conocer, al igual que los conceptos, son contenidos escolares y requieren del diseño de estrategias de enseñanza y progresión de los procesos de enseñar y aprendizaje”. En otras palabras, es preciso enseñarlas de manera intencional, planificando actividades específicas y dedicando tiempo para ello.

Si queremos enseñar a observar, será importante guiar a los alumnos para que encuentren los aspectos más relevantes del fenómeno y puedan priorizarlos sobre los aspectos más secundarios; será importante también guiarlos en la comparación de diferentes elementos para que se encuentren semejanzas y diferencias, y en el registro de sus observaciones mediante dibujos o esquemas. Si queremos enseñar a diseñar experimentos, será fundamental guiar a los alumnos para que propongan hipótesis e imaginen formas de ponerlas a prueba, comparando los diseños propios con otros, recolectando información de diversas fuentes, contrastando la información con los conocimientos que se tenían de antes y revisando su validez. Si queremos enseñar a argumentar (una competencia muy compleja), será necesario diseñar actividades específicas en las que el docente enseñe a intercambiar puntos de vista diferentes y a solicitar evidencias para sostener diferentes afirmaciones. De todo esto, nos ocuparemos en el capítulo siguiente.

Para recordar

- Las ciencias naturales tienen dos dimensiones fundamentales: la de producto y la de proceso.
- De dichas dimensiones, se desprenden los objetivos de enseñanza: la comprensión de los conceptos de las disciplinas científicas y el desarrollo de competencias científicas.
- Los escenarios más comunes que podemos observar durante las clases de Ciencias Naturales son el de la enseñanza transmisiva, que apunta al aprendizaje memorístico, y el de la enseñanza basada en el descubrimiento espontáneo, que no desarrolla ni conceptos ni competencias científicas y asume que los alumnos, espontáneamente, comprenderán las explicaciones de los fenómenos que tienen enfrente. Estos escenarios conllevan problemas para los aprendizajes.
- La enseñanza por indagación es un modelo coherente con imagen de ciencia propuesta, que responde a la necesidad de enseñar de manera integrada ambas dimensiones de las ciencias.

TENDIENDO PUENTES ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA.

Analicen una clase que hayan dictado recientemente en función de los tres modelos didácticos discutidos (transmisión, por descubrimiento espontáneo y por indagación). ¿Cuál de estos tres modelos la representan mejor y por qué?