

La enseñanza por indagación en acción

En el primer capítulo, hablamos de las ciencias naturales como producto y como proceso, y de la enseñanza por indagación como un enfoque coherente con esta mirada de las ciencias. En este capítulo, pondremos el foco en el desafío de llevar este enfoque a la práctica. Comenzaremos por discutir qué es (y qué no es) la enseñanza por indagación.

Veremos que la enseñanza por indagación tiene poco que ver con seguir recetas y que implica que el docente genere situaciones de enseñanza en las que se pongan en juego tanto el aprendizaje de conceptos como de competencias científicas. Volvemos sobre esto enseguida. Pero antes, queremos aclarar qué NO es la enseñanza por indagación.

Una presunción muy extendida (e incorrecta) es que este modelo didáctico implica la constante realización de actividades experimentales y que, por ende, no es un enfoque práctico para hacer en la escuela dado que, muchas veces, no se cuenta con el tiempo ni con los materiales necesarios. Nos parece importante aclarar esta cuestión porque aleja a muchos docentes de este tipo de trabajo.

Es cierto que un elemento importante en la enseñanza por indagación tiene que ver con poner a los alumnos en contacto con el mundo de los fenómenos, dándoles oportunidades de poner las *manos en la masa* y de tener experiencias de primera mano. En la escuela primaria, la clase de ciencias tiene el rol fundamental de ampliar el bagaje de experiencias de los alumnos y de darles oportunidad de interactuar con nuevos fenómenos y explorar nuevos materiales. No es lo mismo para un alumno, por ejemplo, escuchar hablar de los imanes que ver

La enseñanza por indagación en acción

En el primer capítulo, hablamos de las ciencias naturales como producto y como proceso, y de la enseñanza por indagación como un enfoque coherente con esta mirada de las ciencias. En este capítulo, pondremos el foco en el desafío de llevar este enfoque a la práctica. Comenzaremos por discutir qué es (y qué no es) la enseñanza por indagación.

Veremos que la enseñanza por indagación tiene poco que ver con seguir recetas y que implica que el docente genere situaciones de enseñanza en las que se pongan en juego tanto el aprendizaje de conceptos como de competencias científicas. Volveremos sobre esto enseguida. Pero antes, queremos aclarar qué NO es la enseñanza por indagación.

Una presunción muy extendida (e incorrecta) es que este modelo didáctico implica la constante realización de actividades experimentales y que, por ende, no es un enfoque práctico para hacer en la escuela dado que, muchas veces, no se cuenta con el tiempo ni con los materiales necesarios. Nos parece importante aclarar esta cuestión porque aleja a muchos docentes de este tipo de trabajo.

Es cierto que un elemento importante en la enseñanza por indagación tiene que ver con poner a los alumnos en contacto con el mundo de los fenómenos, dándoles oportunidades de poner las *manos en la masa* y de tener experiencias de primera mano. En la escuela primaria, la clase de ciencias tiene el rol fundamental de ampliar el bagaje de experiencias de los alumnos y de darles oportunidad de interactuar con nuevos fenómenos y explorar nuevos materiales. No es lo mismo para un alumno, por ejemplo, escuchar hablar de los imanes que ver

ante a sus ojos y experimentar cómo atrae algunos materiales y los. La experiencia concreta aporta algo indispensable a la hora de comprender el mundo y de desarrollar el gusto por explorarlo: la posibilidad de interactuar con situaciones y con objetos que nos despiertan preguntas y expandan nuestro universo de experiencias. Por lo tanto, queremos hacer tres consideraciones importantes: No es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases.

No siempre que hagamos experimentos, los alumnos aprenderán competencias científicas.

Los experimentos no son la única manera de aprender competencias científicas.

¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases.

¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases. ¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases. ¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases.

¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases. ¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases.

¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases. ¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases.

¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases. ¿Qué queremos decir con esto? En primer lugar, sostenemos que es necesario hacer experimentos prácticos en la mayoría de las clases.

sico de la experiencia. Lo que queremos enfatizar aquí es justamente lo contrario. Lo verdaderamente importante al realizar una experiencia en clase es poder utilizarla para aprender nuevos conceptos y desarrollar competencias científicas (se trata de un *hacer* de índole intelectual). Por eso, además de la descripción de los pasos que se deben seguir para realizar la experiencia, es fundamental que, en los registros de los alumnos, aparezcan las preguntas que se quieren contestar con la experiencia, las hipótesis en juego y la interpretación de los datos. Si falta esta segunda parte, la experiencia perderá su real valor educativo.

Tercera consideración: los experimentos no son la única manera de aprender competencias científicas. ¿Qué queremos decir con esto?

No todas las competencias científicas se aprenden a través del trabajo experimental. La capacidad de comparar, de clasificar o de identificar preguntas investigables bien puede desarrollarse a través de otras situaciones de enseñanza que no implican realizar experimentos. En este sentido, las instancias de búsqueda de información y de lectura de textos, el intercambio de puntos de vista entre pares y los momentos en que los docentes explican y guían a los alumnos a sistematizar lo aprendido son parte fundamental de una enseñanza que apunte al aprendizaje tanto de conceptos como de competencias científicas.

La moraleja de todo esto es que lo importante no es el tipo de actividad que se realice, sino que el docente tenga claro cómo, en dicha actividad, puede trabajar con los alumnos las dos dimensiones de la ciencia que hemos propuesto.

Definir conceptos clave

El primer paso a la hora de planificar una actividad desde el enfoque por indagación es identificar nuestros objetivos de enseñanza, que tienen que ser coherentes con nuestra mirada de la ciencia como producto y como proceso. En otras palabras, hay que formular objetivos en términos de conceptos y de competencias.

Empecemos por los conceptos. A la hora de definir cuáles son nuestros objetivos de aprendizaje en la dimensión de la ciencia como producto, resulta fundamental animarse a priorizar conceptos. No todos los conceptos del diseño curricular son igualmente importantes. Hay conceptos centrales en las disciplinas científicas (las grandes ideas que van al corazón del tema), y conceptos más secundarios que, como tales, no merecen el mismo tiempo de enseñanza. La tarea de jerarquizar los conceptos de una unidad didáctica resulta fundamental si queremos que nuestras clases de ciencias apunten a la comprensión de ideas clave y no se conviertan en un recorrido superficial por la gran cantidad de conceptos incluidos en los diseños curriculares.

ANCLANDO IDEAS

El concepto de que el sonido es una vibración y se transmite en un medio material como el agua o el aire es una gran idea, central para entender el fenómeno del sonido. En cambio, el rango de audición de los humanos es un concepto secundario.

La idea de que las flores se transforman en frutos que guardan las semillas que originarán nuevas plantas es un concepto fundamental para entender el ciclo de vida de las plantas con flor. En cambio, el nombre de las partes de la flor o de los diferentes tipos de frutos es un saber más secundario.

Para ayudarnos a priorizar cuáles son los conceptos clave de una didáctica, suele ser útil preguntarse: ¿qué es lo verdaderamente importante de este tema? ¿Cuáles son las ideas que constituyen el corazón de ese tema?

Los educadores Grant Wiggins y Jay McGighe¹ proponen una serie de preguntas como primer paso para diseñar cualquier unidad didáctica o una actividad: ¿cuáles son los conceptos 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?

Seguramente, para algunos temas, tengamos claro qué conceptos priorizar. Para aquellos temas en los que estemos más *flojos*, algo importante será conseguir material bibliográfico que nos ayude a comprender mejor el tema y a establecer cuáles de los conceptos son centrales y cuáles, secundarios. Aunque parezca una verdad de Perogrullo, habrá que ponerse a estudiar. Del mismo modo que para un médico o para un abogado, la profesión docente requiere que nos actualicemos constantemente y profundicemos en los saberes que todavía no alcanzamos.

Muchos diseños curriculares son una buena guía para priorizar los conceptos de cada unidad porque traen una selección de contenidos clave y orientaciones para la enseñanza. De todas maneras, en algunos casos, estos diseños son excesivamente extensos y los temas aparecen listados sin demasiada organización conceptual. En esos casos, habrá que valerse de otros recursos (bibliografía, ayuda de colegas que conocen mejor ciertos temas, diseños de otras jurisdicciones, etc.) para poder seleccionar mejor los contenidos fundamentales de la unidad didáctica.

ANCLANDO IDEAS

Continuemos con el ejemplo del sonido. ¿Qué es lo verdaderamente importante de este tema? ¿Cuáles son las grandes ideas que queremos que se lleven nuestros alumnos? De la lectura de los NAP, los diseños curriculares y libros de texto, surgen dos conceptos clave:

- Concepto clave 1: Para que haya sonido, tiene que haber un emisor que vibre, un medio de propagación y un receptor que reciba e interprete la señal.
- Concepto clave 2: Los sonidos no son todos iguales: se caracterizan por su intensidad, su timbre y su frecuencia.

Entonces, será cuestión de organizar los conceptos de la unidad didáctica alrededor de estos dos conceptos clave, como en el siguiente ejemplo:

¹ El libro *Understanding By Design* (Wiggins y McGighe, 2005. ASCD) es una maravillosa fuente de herramientas para la llamada *enseñanza para la comprensión*. Volveremos a las ideas de estos autores cuando habremos de *evaluación*.

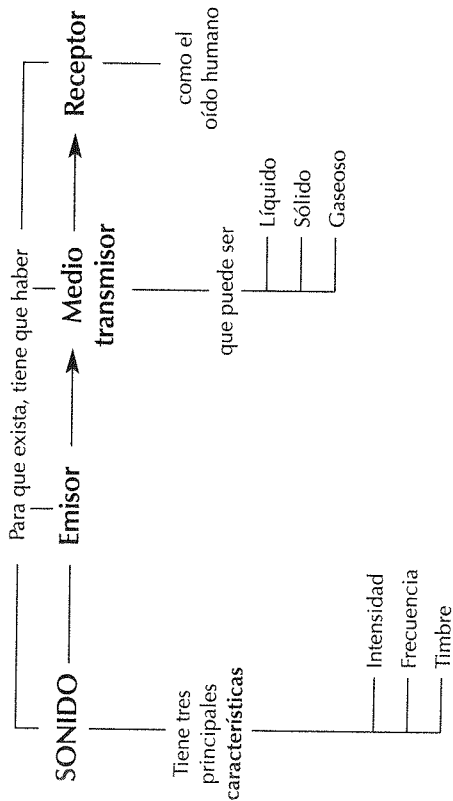
CONCEPTO CLAVE 1	CONCEPTOS RELACIONADOS
Para que haya sonido, tiene que haber un emisor que vibre, un medio de propagación y un receptor que reciba e interprete la señal.	- Para que haya un sonido, tiene que existir un objeto que vibre. - Esa vibración tiene que viajar a través de un medio material (puede ser gaseoso como el aire, líquido como el agua o sólido como el suelo). - En el vacío, por lo tanto, no hay sonido. - El sonido viaja con diferente velocidad en diferentes medios. Viaja más rápido en los sólidos, luego en los líquidos y, finalmente, en medios gaseosos. - El eco se produce cuando la vibración rebota contra una superficie. - Para que exista el sonido, tiene que haber un receptor. - En nuestro caso, el receptor es el oído. Cuando la vibración llega a nuestros oídos, el tímpano vibra. Esa vibración se transmite al oído interno, que envía una señal al cerebro, que la interpreta como sonido.
CONCEPTO CLAVE 2	CONCEPTOS RELACIONADOS
Los sonidos no son todos iguales: se caracterizan por su intensidad, su timbre y su frecuencia.	- Hay sonidos débiles y fuertes según la intensidad con que vibra su fuente. - Hay también sonidos de diferente frecuencia (agudos y graves). En general, cuanto más largo es el objeto que vibra, más grave será su sonido. - Los sonidos se diferencian también por su timbre. - Diferentes instrumentos musicales tienen distinto timbre, aunque puedan sonar con la misma frecuencia e intensidad.

Seguramente notaron que hemos formulado los conceptos en forma de oraciones completas y en lenguaje llano, sin recurrir excesivamente a la terminología técnica (por ejemplo: “Para que haya un sonido, tiene que existir un objeto que vibre”). Si bien esto es más trabajoso que formularlos de manera más escueta (por ejemplo: “Sonido como vibración”), en nuestra experiencia, vale la pena hacer el esfuerzo. Eso nos ayuda a precisar los aprendizajes que queremos lograr en nuestros alumnos al final de la unidad didáctica y a tener en claro hacia dónde queremos ir.

Luego de formular los conceptos clave, suele ser de gran ayuda organizarlos como un mapa conceptual. Ese mapa organiza los conceptos y nos permite establecer una hoja de ruta al diseñar una unidad didáctica o una actividad determinada. También puede ser un buen instrumento para trabajar con los alumnos al comienzo de la unidad (se les da un mapa de todo lo que van a aprender, que se irá revisando a lo largo de las clases) o al final, como cierre que los ayude a organizar lo que han aprendido.

ANCLANDO IDEAS

El siguiente es un mapa conceptual para el ejemplo anterior de la unidad didáctica sobre el sonido:



Finalmente, una vez formulados los conceptos clave (en función de las grandes ideas de la unidad didáctica), es valioso hacer el ejercicio de encontrar preguntas detrás de esos conceptos. Llamamos a estas preguntas *preguntas guía* porque nos orientan a la hora de pensar en cómo introducir estos conceptos en clase y en cómo anclarlos en situaciones de *carne y hueso* que despierten en los alumnos el deseo de responderlas. Por ello es importante formularlas en paralelo a los conceptos. Al igual que los conceptos, habrá algunas preguntas guía generales (como: “¿Qué hace falta para que exista el sonido?”) y otras más específicas, como veremos a continuación:

ANCLANDO IDEAS	
Retomemos algunos de los conceptos del tema. ¿Cuáles podrían ser sus preguntas guía?	
PREGUNTAS GUÍA	CONCEPTOS
Pregunta más general: ¿Qué hace falta para que exista un sonido?	-Para que haya un sonido, tiene que existir un objeto que vibre.
Preguntas específicas: -Si un árbol se cae en medio del bosque y nadie lo escucha, ¿hace ruido? -¿Qué pasa si pongo un despertador dentro de una campana sin aire? ¿Me despertaré?	-Esa vibración tiene que viajar a través de un medio material (puede ser gaseoso como el aire, líquido como el agua o sólido como el suelo). -En el vacío, no hay sonido.
-¿Por qué se puede saber si viene el tren, apoyando la oreja en el piso? -¿Por qué podemos hablar debajo del agua?	-El sonido viaja con diferente velocidad en diferentes medios. Viaja más rápido en los sólidos, luego en los líquidos y, finalmente, en medios gaseosos.
-¿Cómo harán las personas que no pueden oír para bailar en una discoteca al ritmo de la música?	-Para que exista el sonido, tiene que haber un receptor.

TENDIENDO PUENTES ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA

Elijan una unidad didáctica que tengan que enseñar en los próximos meses. Comiencen por responder a las preguntas: ¿cuáles son las grandes ideas de esta unidad?, ¿qué aprendizajes duraderos quiero que mis alumnos logren? Si es necesario, consulten los diseños curriculares y la bibliografía sobre el tema.

A partir de los conceptos clave que han seleccionado, organicen el resto de los conceptos de la unidad didáctica. Formúlenlos como oraciones completas y en lenguaje sencillo. Luego, construyan un mapa conceptual y propongan preguntas guía para los diferentes conceptos.

Definir competencias científicas

Hasta aquí hemos definido los conceptos clave que vamos a enseñar. ¿Por dónde continuar? Nos queda la otra cara de la moneda, representada por las competencias científicas. Dado que esta es la dimensión de la ciencia más ausente en la enseñanza, es fundamental planificar las competencias, que se han de enseñar junto con los conceptos, desde el inicio.

Es importante tener en cuenta que no todos los temas se prestan fácilmente para trabajar cualquier competencia científica. Algunos permiten enseñar competencias como la formulación de hipótesis o el diseño experimental. En otros, es más pertinente enseñar competencias como la interpretación de textos científicos o el debate. Lo importante es que los alumnos tengan múltiples oportunidades durante el año para aprender las diferentes competencias científicas, y no que darnos solo con algunas.

¿Cuáles son esas competencias? Una manera de definir las es teniendo en cuenta el aspecto metodológico de la actividad científica. Sin embargo, el archiconocido *método científico* que se enseña en las escuelas no resulta de gran ayuda. Y menos aún cuando se enseña aislado de otros contenidos (en general, se da como un tema en sí mismo, a principio de año). Lo que proponemos es algo diferente: que

el aprendizaje de competencias científicas impregne todos los temas de ciencias que se trabajen en clase.

Pero volvamos a la idea de método científico, tan instalado en la escuela. Si bien consideramos que la ciencia tiene un claro aspecto metodológico y que existe una esencia común en los modos en que científicos de diferentes disciplinas construyen conocimiento nuevo que se basa, por ejemplo, en la búsqueda de evidencias, en la replicabilidad de las experiencias, en la consideración de explicaciones alternativas a un mismo fenómeno o en la formulación de ideas teóricas para dar cuenta de una serie de datos, la idea de que existe UN método científico dista mucho de la manera en que los científicos investigan los fenómenos de la naturaleza.

La investigación científica no suele seguir un orden de pasos fijo; las hipótesis se replantean frecuentemente sobre la base de los resultados que se van obteniendo y que aportan nuevas miradas al problema; y las conclusiones se reelaboran a la luz de esos hallazgos que, a su vez, abren preguntas para nuevas investigaciones. Los propósitos de una investigación tampoco son siempre los mismos: a veces un investigador comienza su búsqueda con experimentos exploratorios “a ver qué pasa”, otras con observaciones que le llaman la atención, otras como un intento de conciliar ideas divergentes (Gellon et al., 2005).

A la hora de definir competencias científicas, entonces, resulta más fructífero pensar en un *abanico* de modos de conocer específicos de las ciencias naturales que en un método único, rígido y lineal. En este sentido, los currículos de diferentes países acuerdan en una serie de competencias básicas, que discutiremos con más detalle en la próxima sección:

- La observación y la descripción.
- La formulación de preguntas investigables.
- La formulación de hipótesis y predicciones.
- El diseño y la realización de experimentos.
- La formulación de explicaciones teóricas.
- La comprensión de textos científicos y la búsqueda de información.
- La argumentación.

Aquí queremos hacer una aclaración importante. Las competencias científicas están íntimamente asociadas al conocimiento de la naturaleza de la ciencia. No es posible, por ejemplo, aprender a formular una hipótesis si no se sabe también que una hipótesis es la explicación tentativa de un fenómeno y que debe generar predicciones que puedan eventualmente ser puestas a prueba. Ni tampoco es posible aprender a describir si no se comprende la diferencia entre una observación y una inferencia (lo que se deduce o se supone a partir de la observación). Por eso, cuando se enseñan competencias científicas, resulta fundamental enseñar, también, qué significa cada una de esas competencias en el marco del proceso de generación de conocimiento científico.

¿Qué aprendizajes sobre la naturaleza de la ciencia aparecen asociados al desarrollo de las distintas competencias? Extendemos la lista anterior de competencias incorporando las ideas del pionero en didáctica de la Física Arnold Arons (1990), que figuran en letra bastardilla:

La observación y la descripción:

Comprender la diferencia entre observación e inferencia y discriminar entre los dos procesos en cualquier contexto bajo consideración.

La formulación de preguntas investigables:

Comprender las limitaciones inherentes a la indagación científica y ser conscientes de los tipos de preguntas que no se formulan ni contestan; ser conscientes del sinfín de preguntas sin contestar que reside detrás de toda pregunta contestada.

La formulación de hipótesis y predicciones

El diseño y la realización de experimentos:

Distinguir el rol ocasional del descubrimiento accidental en la investigación científica de la estrategia intencional de formar y poner a prueba hipótesis.

La formulación de explicaciones teóricas:

Reconocer que los conceptos científicos (ejemplos: velocidad, aceleración, fuerza, energía) son inventados (o creados) por actos de imaginación e inteligencia humana y no son objetos tangibles o sustancias descubiertas accidentalmente como un fósil o una planta o mineral nuevos.

Entender el significado de la palabra "teoría" en el contexto de la ciencia, y tener cierta noción, a través de ejemplos específicos, de cómo las teorías se construyen, son puestas a prueba, validadas y cómo se les otorga aceptación provisional; reconocer, en consecuencia, que el término no se refiere a cualquier opinión personal, noción no corroborada o artículo de fe, y por lo tanto, no verse engañado por expresiones como las que describen la evolución como "solamente una teoría".

Entender, a través de ejemplos concretos, el sentido en el cual los conceptos y teorías científicas son mutables y provisionales en vez de finales e inalterables, y percibir el modo en que estas estructuras son continuamente refinadas y perfeccionadas por un proceso de aproximaciones sucesivas.

La comprensión de textos científicos y la búsqueda de información:

Desarrollar el suficiente conocimiento básico de un área (o áreas) de interés como para permitir la lectura inteligente y el aprendizaje futuro sin educación formal.

La argumentación:

Discriminar, por un lado, entre la aceptación de resultados, modelos y conclusiones no verificados y, por el otro, entender su base y origen; esto es, reconocer cuándo preguntas del tipo "¿Sabemos...?", "¿Por qué creemos...?", "¿Cuál es la evidencia para...?" han sido formuladas, contestadas y entendidas, y cuándo algo es aceptado como artículo de fe.

ANCLANDO IDEAS

Retomemos el concepto de que los sonidos viajan a diferentes velocidades en distintos medios. ¿Qué competencias se podrían enseñar integradas en este concepto? Como verán, esto requiere comenzar a imaginarse posibles situaciones de enseñanza. Algunos ejemplos de competencias científicas para este tema son:

- Formular hipótesis y predicciones en relación con en qué medio el sonido viajará más rápido. Entender que toda hipótesis tiene predicciones asociadas.
- Diseñar experiencias sencillas para comparar la velocidad del sonido en diferentes medios. Entender las experiencias como una manera de poner a prueba las hipótesis.

- Medir diferentes variables (distancia, tiempo). Entender que las mediciones siempre tienen errores asociados.
- Diseñar instrumentos para registrar sus resultados.
- Recolectar datos.
- Interpretar esos datos y formular explicaciones. Comprender que la interpretación de datos implica *inventar* explicaciones que den cuenta de los datos empíricos de manera coherente, y que podría haber más de una explicación que cumpla con estos requisitos.
- Comunicar sus conclusiones a sus compañeros. Entender que parte del trabajo científico es convencer a otros de que tenemos razón con argumentos basados en evidencias.
- Intercambiar puntos de vista en relación con los resultados obtenidos. Comprender que el conocimiento científico se construye socialmente.
- Contrastar lo aprendido con información proveniente de fuentes bibliográficas. Entender la ciencia como parte de una construcción histórica.

TENDIENDO PUENTES ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA

Vuelvan al tema que seleccionaron y elijan uno o más conceptos clave. Luego, escriban en una lista qué competencias científicas podrían enseñar a partir de ese concepto.

Diseñar situaciones de enseñanza para trabajar competencias científicas

¿A qué nos referimos cuando hablamos de *diseñar situaciones de enseñanza para trabajar competencias científicas*? En primer lugar, hablamos de ENSEÑAR. Y continuamos con nuestro énfasis en la idea de enseñar porque, como hemos dicho, muchas veces los docentes pensamos que con poner a los alumnos a observar, o con pedirles que formulen una hipótesis o que analicen un texto, alcanza para que aprendan a hacerlo. Nos estamos olvidando de que se trata de aprendizajes completos que, como tales, deben ser enseñados específicamente.

Para ello habrá que planificar actividades cuyo objetivo, siempre en el marco de los conceptos clave seleccionados, sea enseñar algunas de las competencias científicas que hemos identificado dentro del *abánico* metodológico de la ciencia.

Discutiremos ahora con más detalle estas competencias científicas básicas y las ilustraremos con ejemplos de situaciones de aula. Al igual que los conceptos, las competencias también deben ser enseñadas de manera progresiva, comenzando por las más simples, como la observación y la descripción, y avanzando hacia las más sofisticadas, como el diseño experimental o la argumentación.

La observación y la descripción

La observación y su otra cara, la descripción, son competencias básicas en la exploración de cualquier fenómeno y pueden enseñarse desde los primeros años de la escuela primaria. Para ello, es fundamental tener en cuenta que observar es mucho más que mirar. En primer lugar, enseñar a observar requiere guiar a los alumnos a poner el foco en los aspectos más importantes del fenómeno que tienen ante sus ojos. Y también requiere poder comparar diferentes objetos, identificando en qué se parecen y en qué se diferencian, y comenzando a establecer algunas generalizaciones. En palabras de Rebeca Anijovich (2008): “Observar es buscar”. Y esa búsqueda tiene que darse en función de un criterio, orientada por un objetivo. Se trata de un proceso, no de una simple impresión.

Una clase sobre los huesos

En la clase de 2.º grado, el docente les muestra a los niños una serie de huesos de vaca. Los alumnos tienen que observarlos y describirlos con dibujos. Para ayudarlos a *mirar* las características de los huesos que él quiere destacar (su forma y su ubicación), el docente les propone algunas preguntas: “¿En qué se parecen todos estos huesos? ¿Notan algo en común entre todos estos?”. (Muestra los huesos largos). “¿Y entre estos

otros?”. (Muestra los huesos planos). “¿En dónde les parece que estará este hueso?”. (Muestra un fémur, y varios alumnos dicen que debe estar en las patas, conectándolo con lo que conocen del cuerpo humano). “¿Y este otro?”. (Muestra un hueso del cráneo, los alumnos dicen a coro que está en la cabeza). Finalmente, el docente lleva a los alumnos a proponer conjeturas sobre la función de cada tipo de hueso, ayudándolos a construir la idea de que los huesos largos y cortos tienen que ver con el movimiento; y los planos, con la protección de órganos vitales, como el cerebro o el corazón.

¿Qué hizo el docente para guiar la observación sobre los huesos? En primer lugar, tenía claro de antemano el propósito de la observación (que compararan la forma y la ubicación de distintos huesos, y que las relacionaran con su función). De ahí en más todo fue sencillo, porque en vez de pedirles a los niños que “observen utilizando todos sus sentidos” (algo que hacemos habitualmente los docentes, y que no sirve de mucha ayuda), los orientó con un fin claro a buscar lo que él quería que encontrasen.

La otra cara de la observación es la descripción. Ella es parte integral de la observación porque fuerza al observador a hacer explícitos (para sí mismos y para los demás) los aspectos del objeto que les resultan significativos. En este sentido, la descripción que hacen los alumnos de un objeto o una situación nos permite ver dentro de sus mentes y comprender cómo están entendiendo el tema. En los primeros años, la descripción podrá hacerse verbalmente o a través de imágenes, tras pedirles a los alumnos que dibujen lo que observan. Luego se podrá avanzar hacia la descripción escrita a medida que los alumnos vayan manejando la lectoescritura.

Algo importante para tener en cuenta es que, cuando pedimos a los alumnos que describan lo que ven, en general, responden con una mezcla de descripciones y explicaciones. Por ejemplo, si les mostramos un cubito de hielo deritiéndose y les preguntamos qué observan, muchos dirán que el calor lo derrite. Enseñar a observar requiere, en-

tonces, ayudar a los alumnos a distinguir entre el QUÉ (lo que se ve, en este caso, que el agua era sólida y luego se volvió líquida) del PORQUÉ (las razones por las que ocurre, en este caso, que el calor hace que el agua cambie de fase).

Enseñar la diferencia entre los datos (el QUÉ) y sus explicaciones (el PORQUÉ) es clave para sentar las bases de competencias más complejas como el análisis de experiencias, en las que los alumnos tienen que imaginar explicaciones que den cuenta de manera coherente de los datos recolectados. Retomaremos esto cuando hablemos de la competencia de formulación de explicaciones teóricas. Por ahora, simplemente queremos enfatizar la importancia de enseñar esta diferencia. Esta es una idea sobre la ciencia importante. Arons (1990) se refería a esto cuando hablaba de comprender la diferencia entre observación e inferencia, y discriminar entre los dos procesos en cualquier contexto.

Finalmente, ya desde los primeros años, es importante incluir en la observación elementos que permitan extender el poder de nuestros sentidos, como las lupas o los instrumentos de medición. Por ejemplo, podemos enseñar que el termómetro nos ayuda a *observar* lo que ocurre con un objeto (en este caso, en relación con su temperatura). La idea de que medir es parte fundamental de la observación no es un concepto intuitivo. Por eso, habrá que trabajarlo en múltiples ocasiones.

En relación con la observación y la descripción, otra idea importante para discutir con los alumnos es que diferentes observadores ven distintas cosas en un mismo fenómeno (cada uno guiado por los límites de sus propios sentidos y por las teorías previas que tiene sobre el fenómeno que mira). Por eso, en ciencia, los observadores tienen que ponerse de acuerdo sobre lo que están viendo si quieren intentar describirlo lo más objetivamente posible. Por otra parte, cuando los científicos les cuentan sus hallazgos a otros, intentan ser lo más detallados posible para que los otros puedan entender de qué están hablando, como cuando se encuentran especies nuevas o fósiles. Estas serán ideas importantes para instalar como parte de la cultura del aula de ciencias.

Relacionada con las anteriores, aparece la idea de que nuestros sentidos muchas veces nos engañan, de ahí la necesidad de contar con instrumentos de medición externos, que tengan mayor grado de confiabilidad. Aquí podrán discutirse las ventajas y desventajas de diferentes métodos de medición, y llegar a la conclusión de que la medición se basa siempre en comparar algo (como la longitud de un objeto) con una unidad establecida de antemano de manera arbitraria (como el centímetro o el pie).

Al igual que todas las ideas sobre la naturaleza de la ciencia, las anteriores tienen que surgir en el seno mismo de la discusión de las actividades que se están realizando con los alumnos y no, como ideas abstractas al final del trabajo.

La formulación de preguntas investigables

Detrás de la actividad científica, hay siempre una pregunta: “¿Por qué las hojas cambian de color en otoño?, ¿Cómo varía la forma en que vemos la Luna de acuerdo con la posición del Sol?, ¿Por qué las frutas se pudren si las dejamos fuera de la heladera?”. Enseñar a formular preguntas implica que podamos identificar y compartir con los alumnos las preguntas detrás de los temas que estamos enseñando, construyendo un ritual que siempre esté presente en la clase de ciencias. Para eso, las preguntas guía son una buena entrada a los temas de la unidad didáctica.

Esta visión del conocimiento como el resultado de un proceso de búsqueda llevado a cabo por gente de carne y hueso que intenta responder preguntas no solo es una visión que se corresponde con la realidad, sino que también acerca a los alumnos a la idea de que ellos mismos pueden ser actores en ese proceso de generación de ideas.

En la escuela primaria, los docentes contamos con el privilegio de que la curiosidad de los niños todavía está fresquita y de que los alumnos suelen entusiasmarse cuando les presentamos fenómenos nuevos y formulan muchas preguntas. Sin embargo, no todas esas preguntas serán investigables o, en otras palabras, no todas serán preguntas que se puedan eventualmente responder mediante experimentos u obser-

vaciones. El desafío será no solo estimular a que el hábito de hacer preguntas no se pierda, sino enseñar, paulatinamente, a formular preguntas en relación con los temas que aprenden y, sobre todo, a elaborar preguntas investigables.

En los primeros años, las preguntas para responder en una investigación escolar suelen ser propuestas por el docente, dado que la capacidad de formular una pregunta investigable puede ser demasiado difícil para los niños pequeños. Sin embargo, sea formulada por el docente o por los mismos alumnos, para que una pregunta se convierta en objeto de investigación escolar, es fundamental que los alumnos puedan apropiarse de ella. Aunque parezca obvio, esto requiere que la pregunta plantee una situación que resulte interesante y tenga sentido para los alumnos.

Una estrategia para enseñar a formular preguntas investigables es presentar a los alumnos fenómenos no familiares o *discrepantes*, que los sorprendan por ser inesperados y generen en ellos un genuino deseo de entender lo que sucede. Este tipo de fenómenos genera en los observadores muchas preguntas y, dado que las respuestas no son conocidas, da lugar a la formulación de hipótesis y predicciones (Harcombe, 2001).

¿Por qué se achica la parte negra del ojo?

Es una clase de 1.º grado. La docente le entrega a cada alumno un pequeño espejo, que los niños ponen frente a sus ojos. Curiosos, no pueden dejar de mirar sus ojos en el espejo y hablar entre sí de lo que ven. La maestra les pide que dibujen en sus cuadernos lo que observan. Luego, le da una linterna a cada uno y les pide que, con cuidado, la enciendan frente a sus ojos y cuenten qué ven. De inmediato, brotan las preguntas de los alumnos: “¿Por qué se achica la parte negra del ojo cuando le acercamos la linterna?”, “¿Por qué tenemos una parte negra y otra de color?”. La docente les cuenta que la parte negra se llama *pupila*; y la de color, *iris*, y los invita a explorar más: “¿Qué

pasará con la pupila si acercan o alejan la linterna del ojo?”, “y si ilumino el ojo que no está frente al espejo, ¿la pupila del otro ojo se achicará también?”. Al final de la exploración, los niños devuelven los espejitos; y la maestra anota en el pizarrón las preguntas y las respuestas que fueron surgiendo en la clase, que los alumnos copian en sus cuadernos. En sus dibujos, indican también la pupila y el iris.

En el ejemplo anterior, los alumnos proponen preguntas que surgen de la exploración de un fenómeno que les resulta novedoso y llamativo: la contracción de la pupila por efecto de la luz. La docente retoma esas preguntas y los invita a ir más allá en su exploración, preguntándoles: “¿Qué pasaría si...?”, y proponiéndoles experiencias muy sencillas que ellos mismos pueden hacer con los materiales que tienen enfrente, como acercar o alejar la linterna y ver qué sucede con el tamaño de la pupila. El propósito de esta experiencia es doble: primero, que los alumnos comiencen a familiarizarse con las partes del ojo y con la respuesta del ojo frente a la luz, y el segundo propósito es darles una oportunidad de ejercitar la formulación de preguntas y la realización de experimentos muy sencillos ante un fenómeno nuevo.

En el trabajo con preguntas, será importante registrar todos los interrogantes que surgen ante el fenómeno y, si se tratara de grados superiores, es relevante identificar con los alumnos cuáles de esas preguntas están listas para realizar un experimento o una observación para responderlas y cuáles, no.

Dentro de las preguntas no investigables, habrá muchos subtipos que vale la pena reconocer. En primer lugar, habrá preguntas que necesitan ser refinadas para conducir a una investigación por ser demasiado abstractas o poco claras. Estas preguntas deberán ser reformuladas entre todos para pasar a la categoría de investigables. Otras tendrán que ver con la información fáctica —por ejemplo: “¿Cómo se llama la parte negra del ojo?”— y podrán ser resueltas acudiendo a la bibliografía o a un experto. Habrá preguntas que se refieren a cuestiones relacionadas con los valores o con las creencias, que

exceden el ámbito de las ciencias naturales (“¿Son más lindos los ojos azules o castaños?”).

Las nociones de que no todas las preguntas son investigables científicamente y de que toda pregunta abre preguntas nuevas son importantes ideas sobre la naturaleza de la ciencia para trabajar en clase. Arons (1990) se refería a esto como “comprender las limitaciones inherentes a la indagación científica y ser conscientes de los tipos de preguntas que no se formulan ni contestan; ser conscientes del sinfín de preguntas sin contestar que reside detrás de toda pregunta contestada”.

TENDIENDO PUENTES ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA

Retomen una experiencia que hayan enseñado este año. Elaboren a partir de ella una lista con preguntas investigables y otra con preguntas no investigables. Dentro de las no investigables, identifiquen aquellas que se responden con información fáctica, las que se refieren a valores y las que son demasiado complejas o poco claras para poder ser investigadas y requirieren ser reformuladas. Elijan luego algunas de estas últimas y transfórmenlas en preguntas investigables.

Otra estrategia interesante para enseñar a los alumnos a hacer preguntas es trabajar con textos, buscando las preguntas escondidas en ellos, como en el siguiente ejemplo.

La historia de los salmones plateados

Los alumnos de 7.º grado abren el libro de texto y se encuentran con la historia de los salmones plateados, que regresan a desovar luego de cinco años al mismo lugar del arroyo en el que nacieron. El docente propone que, entre todos, lean el texto y luego intenten explicarlo con sus palabras. Luego, se dividen en grupos. Cada grupo deberá formular tres preguntas en relación con el texto. Pero les propone un desafío: encontrar las preguntas escondidas en el texto, aquellas que

no pueden responderse simplemente buscando información dentro del texto, sino que tienen que ver con las preguntas que dieron origen a la historia sobre cómo se reproducen los salmones. Al cabo de un rato, la clase se reúne y comparte las preguntas.

El docente comienza: “¿Habrá alguna ventaja de que los salmones vuelvan al lugar donde nacieron para dejar sus huevos?” Y siguen las preguntas de los alumnos: “¿Cómo harán los salmones para saber adónde tienen que ir a desovar?”, “¿pasará lo mismo con otros tipos de peces?”.

El docente anota todas las preguntas en el pizarrón y vuelve a la carga: “¿Cuáles de estas preguntas podríamos responder sin buscar en un libro?, ¿cómo podríamos hacerlo?”. Entre todos intentan imaginar una forma de explicar el hecho de que el salmón encuentra el lugar donde nació. Algunos alumnos dicen que, tal vez, los salmones recuerdan el sabor del agua donde nacieron. Otros dicen que, en una de esas, recuerdan el paisaje. “En ese caso —continúa el docente—, si les impidieran sentir el sabor o si les impidieran ver, podríamos averiguar si nuestras explicaciones eran correctas”.

Como tarea, los niños deberán buscar información en libros o en Internet para responder a las preguntas que surgieron, lo que se discutirá en la clase siguiente.

El ejemplo anterior tiene el propósito de mostrar que el trabajo con textos puede ser una excelente ocasión para enseñar a los niños a formular preguntas y a reconocer cuáles de ellas son investigables.

El ejercicio de buscar preguntas dentro de los textos informativos no es tarea fácil y será abordable por los alumnos recién en grados superiores. En la mayoría de los textos (y en las clases de ciencias en general), el conocimiento se revela de la nada, como si estuviera ahí afuera, listo para ser consumido y disociado del proceso de construcción que le dio origen. Por eso, desarrollar esta competencia en los alumnos es fundamental para que comprendan la naturaleza del conocimiento científico,

que siempre está relacionado con preguntas para responder. De acuerdo con Gellon y sus colegas (2005): "El simple acto de recordar que detrás de estos conocimientos, generalmente, hay preguntas es un primer paso para reconocer que hay un proceso de búsqueda, de hipótesis fallidas, de experimentos vanos y de resultados negativos".

Retomaremos más adelante el trabajo con textos en la clase de ciencias.

La formulación de hipótesis y predicciones

De la mano de las preguntas investigables, llegan dos viejas conocidas del *método científico*: las hipótesis y las predicciones. Una hipótesis es una explicación de un fenómeno (o dicho de otro modo, la respuesta a una pregunta investigable) basada en el conocimiento previo que tenemos sobre el fenómeno por explicar, en nuestra lógica y nuestra imaginación.

Pero para que una respuesta a una pregunta sea una hipótesis, hace falta algo más: que de ella, se deriven predicciones que puedan ser puestas a prueba. Las predicciones son la otra cara de las hipótesis. Dicho de otro modo, toda hipótesis lleva implícita una predicción. Si es correcta, deberá suceder una cosa. Si es incorrecta, deberá ocurrir cierta otra. Enseñar a formular hipótesis tiene que estar integrado, entonces, en la formulación de predicciones.

¿Qué necesitan los alumnos para formular una hipótesis y proponer predicciones? Para aprender a hacerlo, los alumnos necesitan práctica en ejercitar su lógica y su imaginación, pensando en formas de responder a diversas preguntas investigables, como vimos en el ejemplo del salmón. En este caso, el docente retomó las hipótesis propuestas por los estudiantes (que el salmón recordaba el paisaje o el sabor del agua) y los guió a proponer predicciones derivadas de dichas hipótesis, imaginando qué ocurriría si las hipótesis fueran ciertas y qué sucedería en caso contrario.

Para que los alumnos puedan usar plenamente su lógica y su imaginación para formular una hipótesis o una predicción, es importante asegurarse de que los alumnos tengan el conocimiento ne-

cesario en relación con el fenómeno que les pedimos que expliquen. A menudo, los docentes cometemos el error de pedir a los alumnos que propongan hipótesis y predicciones de la nada, pensando que no tenemos que dar ninguna información si queremos que los alumnos piensen independientemente. Esto hace que el ejercicio de proponer hipótesis se vacíe de significado, porque hijopotetizar se transforma en adivinar sin fundamento. Cuando les pedimos que propongan hipótesis a una pregunta, será fundamental que tengan los elementos para hacerlo.

El viaje del sonido

En la clase de 5.º grado, los alumnos están aprendiendo cómo se conduce el sonido. Para ello, la docente propone dos experiencias a partir de un teléfono casero, construido con dos vasos de plástico y un hilo de algodón que los une. En la primera experiencia, los niños tienen que dejar el hilo tirante. En la segunda, lo dejan que cuelgue. Luego, tienen que hablar de un lado del teléfono y ver si se escucha del otro.

Los niños juegan un rato con sus teléfonos y enseguida dicen que, en el segundo caso, el sonido no se escucha del otro lado. Ante esto, la docente pregunta: "¿Y por qué pasará eso?". De inmediato, se suscita un debate entre los alumnos. Algunos opinan que, cuando el hilo cuelga, el sonido se cae cuando llega a la mitad del camino y, por su peso, no puede subir al otro lado. Otros opinan que el problema es que el hilo está flojo. Los niños están divididos y les cuesta ponerse de acuerdo. La docente anota las dos explicaciones en el pizarrón y les cuenta que eso que han propuesto son dos hipótesis, dos explicaciones posibles de lo que pasa.

La docente interviene nuevamente: "¿Cómo podríamos decidir cuál de las dos hipótesis es la correcta?". A uno de los alumnos, se le ocurre el siguiente experimento: "Podemos poner el teléfono vertical con el hilo tirante a ver qué pasa cuando se habla por el lado de abajo". La docente retoma esta idea y la

lleva más allá, invitándolos a predecir los resultados en caso de que cada una de las dos hipótesis sea verdadera. “¿Qué tendría que pasar si el problema fuera que el sonido se cae y no puede subir?”. Los alumnos responden que, en ese caso, al hablar del lado de abajo con el hilo tirante, no deberíamos escuchar nada del lado de arriba. La docente lo anota en el pizarrón y explica a los alumnos que eso que han dicho es una predicción de lo que pasaría si la hipótesis fuera correcta. Anota también la palabra *predicción*. Y continúa: “¿Y qué piensan que sucedería si el sonido no llega porque el hilo no estaba tirante?”. Los niños responden que en ese caso, siempre que el hilo estuviera tirante, el sonido debería escucharse igual, aunque se hablara del lado de abajo del teléfono.

La docente llama a dos voluntarios para hacer el experimento. Todos miran con atención, interesados en definir la disputa. Uno de los voluntarios dice: “Se escucha igual. Parece que el sonido no se cae”. La docente les pregunta a todos: “Entonces, ¿cuál de las dos hipótesis se comprobó? ¿Quién tenía razón?”. Los niños concluyen que la segunda hipótesis era la correcta y la marcan en el cuaderno.

El ejemplo anterior es sumamente interesante porque la docente no había anticipado que esta discusión iba a surgir de los alumnos. Lo valioso de este caso es que la docente pudo capitalizar una discusión genuina sobre lo que ocurría y retomarla de manera de proponer hipótesis, predicciones y hacer un experimento sencillo que permitiera decidir entre ambas. A partir de eso, y en una situación auténtica, la docente introdujo importantes conceptos de la metodología científica, como las hipótesis y las predicciones.

La moraleja del caso es que presentar experiencias a los alumnos e intentar entender lo que pasa fomenta que puedan formular preguntas. El desafío para el docente será identificar cuáles de esas preguntas son fructíferas para seguir explorando con lo que se tiene a mano o buscando información en otras fuentes, y llevar a los alumnos a que

expliciten sus hipótesis y propongan predicciones en caso de que fueran ciertas o falsas.

ANCLANDO IDEAS

Una herramienta para ayudar a los alumnos a organizar este tipo de trabajo es un cuadro como el que sigue, que ayuda a que puedan ponerse de acuerdo acerca de lo que observan en un fenómeno, identificar posibles preguntas investigables y, a partir de ellas, proponer hipótesis y predicciones. Incluimos el esquema de este cuadro en el Anexo 1. A (p. 256).

¿QUÉ SUCEDE? (Descripción del fenómeno).	Cuando el hilo no está tirante, no escuchamos el sonido del otro lado del teléfono.		
PREGUNTAS INVESTIGABLES	¿Por qué el sonido no llega al otro lado?		
HIPÓTESIS (Respuestas a la pregunta, explicaciones posibles del fenómeno).	<table><tr><td>Hipótesis 1: El sonido se cae cuando llega a la mitad del recorrido y no puede volver a subir.</td><td>Hipótesis 2: Para que el sonido viaje por el hilo, el hilo debe estar tirante.</td></tr></table>	Hipótesis 1: El sonido se cae cuando llega a la mitad del recorrido y no puede volver a subir.	Hipótesis 2: Para que el sonido viaje por el hilo, el hilo debe estar tirante.
Hipótesis 1: El sonido se cae cuando llega a la mitad del recorrido y no puede volver a subir.	Hipótesis 2: Para que el sonido viaje por el hilo, el hilo debe estar tirante.		
PREDICCIONES (Si mi hipótesis es cierta, entonces...).	<table><tr><td>Hipótesis 1: Si ponemos el teléfono en posición vertical con el hilo tirante y hablamos desde abajo, el sonido no se va a escuchar del lado de arriba.</td><td>Hipótesis 2: El sonido se va a escuchar siempre que el hilo esté tirante (aunque hablemos desde abajo).</td></tr></table>	Hipótesis 1: Si ponemos el teléfono en posición vertical con el hilo tirante y hablamos desde abajo, el sonido no se va a escuchar del lado de arriba.	Hipótesis 2: El sonido se va a escuchar siempre que el hilo esté tirante (aunque hablemos desde abajo).
Hipótesis 1: Si ponemos el teléfono en posición vertical con el hilo tirante y hablamos desde abajo, el sonido no se va a escuchar del lado de arriba.	Hipótesis 2: El sonido se va a escuchar siempre que el hilo esté tirante (aunque hablemos desde abajo).		

¿Qué ideas sobre la naturaleza de la ciencia están asociadas a estas competencias? En primer lugar, la idea de que las hipótesis son explicaciones provisionarias acerca de lo que sucede, que aventuramos dado lo que conocemos y lo que podemos deducir. Y que de ellas surgen siempre predicciones que será necesario poner a prueba para poder estar más cerca de poder explicar lo que sucede.

También aparece la idea de que es posible explicar una misma observación de dos o más maneras diferentes (lo que se conoce como *hipótesis alternativas*). Aquí una estrategia de trabajo que suele dar buenos resultados es, dadas hipótesis alternativas como en el ejemplo anterior, pedirles que voten para decidir cuál es la correcta. Esto pone en evidencia que la opinión de las mayorías (el voto) no es suficiente para dirimir este tipo de cuestiones y permite discutir entre todos la necesidad de ponerlas a prueba de otra manera, en la que la jueza final será la realidad empírica.

TENDIENDO PUENTES ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA

Retomen las preguntas investigables que formularon en la propuesta “Tendiendo puentes entre la teoría y la práctica” anterior (p. 82). ¿Cómo podrían responderlas? Elijan algunas de ellas y formulen hipótesis y predicciones.

El diseño y la realización de experimentos

El diseño y la realización de experimentos son, también, competencias que se desarrollan con el tiempo y que deben ser enseñadas. En los primeros grados, bastará con que el docente proponga diseños experimentales muy sencillos para resolver un problema o contestar a una pregunta y reflexione con los alumnos acerca de las razones detrás de cada paso del diseño, modelizando el trabajo que, paulatinamente, se espera que puedan realizar los alumnos de manera más autónoma en años posteriores.

Dedicar tiempo para la explicación de los porqués detrás de cada paso de un experimento u observación es fundamental para el éxito

de cualquier experiencia. Saltear esta instancia es otra problemática que aparece recurrentemente en muchas clases de ciencias. Hacer explícitas las razones detrás de cada etapa de una actividad resulta fundamental para que la lógica con la que pensamos la experiencia resulte evidente para los alumnos.

¿Qué consecuencias tiene saltar este paso? Si descuidamos esta cuestión, las experiencias se convierten en un mero repetir tareas mecánicas sin una verdadera comprensión o, como dijimos anteriormente, se transforman en simples recetas. Como en toda situación de enseñanza, si los alumnos no comprenden el sentido de lo que están haciendo y los objetivos que persiguen en cada etapa de la tarea, la realización de la experiencia dejará de tener significado para ellos y se convertirá simplemente en un ejercicio que no pone en juego sus ideas ni los involucra personalmente. Esto hace que las actividades experimentales, con toda la preparación y el despliegue que requieren, terminen perdiendo su valor como experiencia educativa.

Una forma de salvar este obstáculo es recorrer con los alumnos todas las etapas de la experiencia, poniéndose de acuerdo acerca de las razones de cada paso y cuál es en concreto la tarea que deben realizar, antes de comenzar con el trabajo experimental. Esto incluye no solamente el procedimiento sino, y mucho más importante, las hipótesis en juego y los resultados posibles. Es fundamental lanzarse a la tarea (y repartir los materiales) recién después de que los alumnos comprendieron lo que tienen que hacer y lo que se busca con la actividad, después de haber imaginado resultados posibles y de haberse puesto de acuerdo en qué les van a decir los resultados del experimento en relación con sus hipótesis iniciales.

Como hemos dicho, lo verdaderamente valioso cuando hablamos de realizar experimentos en clase poco tiene que ver con la primera parte (el *hacer*, vinculado con la preparación de los materiales). Esto puede resultar atractivo para los estudiantes, pero de ello no necesariamente aprenderán conceptos o competencias científicas.

Pensamos que, cuando hacemos experimentos en clase, lo realmente importante es la segunda parte (el *pensar*, vinculado con el imaginarse un experimento para poner a prueba las hipótesis en dis-