



## IV FORO LATINOAMERICANO DE EDUCACIÓN

# Aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades

María Dibarbouré

Entre el 26 y 28 de mayo de 2008, con el auspicio de la Organización de Estados Iberoamericanos, dirigido por **Emiliano Martínez** y coordinado por **Diego Golombek**, se desarrolló en la sede de la Fundación Santillana, en Buenos Aires, el **IV Foro Latinoamericano de Educación: “Aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades”**.

Para abordar la temática del encuentro se contó con la participación de funcionarios a cargo de diversos organismos gubernamentales: el Ministro de Educación de la Nación, Juan Carlos Tedesco; el Secretario de Educación, Alberto Estanislao Sileoni; el Ministro de Educación del Gobierno de la Ciudad, Mariano Narodowski; el Director General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, Mario Oporto; Darío Pulfer, Director de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Oficina Regional Buenos Aires; y Jorge Guimarães, Presidente de la Coordinadora de Perfeccionamiento del Nivel Superior y representante del Ministerio de Educación de Brasil.

“*Science Education for the Twenty First Century?*” fue la conferencia inaugural del foro, que estuvo a cargo de Jonathan Osborne, Físico y Magíster en Astrofísica, y especialista en Didáctica de las Ciencias. Junto a él, Diego Golombek, Doctor en Biología, presentó el documento básico que dio el marco para el trabajo

de los tres días: *Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa*.

Cabe señalar que este Foro se encuentra dentro de las acciones que, en el vecino país, se han implementado en el marco de la declaración argentina: “*2008 Año de la Enseñanza de las Ciencias*”. Este hecho da cuenta del interés que existe en los educadores y la comunidad argentina en general respecto a la ciencia y su enseñanza.

### Algunas notas para compartir

#### Conferencia de Jonathan Osborne

La conferencia del Físico Jonathan Osborne sobre la educación científica del siglo XXI se basó en algunos de los puntos que este autor desarrolla en “Hacia una educación científica para una cultura científica” que está publicado en *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*, compilado por Montse Benlloch (2002), Barcelona: Ed. Paidós Educador.

Entre las ideas que expone, está el considerar que la educación científica fracasa no porque no alcanza sus objetivos, sino porque apunta a un objetivo equivocado. Dice textualmente: «*creo que nuestra forma de entender la enseñanza de las ciencias se asienta en ese conjunto de normas culturales, que los estudios contemporáneos y un examen más detallado demuestran que no se aproximan en lo más mínimo a las verdades evidentes que imaginamos*». (Él los

llama “los siete pecados capitales de la educación”, que los enuncia en términos de falacias).

En el Foro no expone sobre las siete falacias, pero sí hace hincapié en alguna, por encontrarse dentro de los aspectos tratados en el documento base que enmarcaba la reunión.

► **La falacia de la información miscelánea**

En este punto plantea, en términos de cuestionamiento, el extenso cuerpo de conocimientos factuales que se consideran como requisito para la formación en ciencias.

► **La falacia de jerarquía**

Junto con la falacia anterior, él se plantea el sentido de una enseñanza que se detenga en el detalle y pierda de vista la globalidad. Para este mensaje utiliza una metáfora arquitectónica que resulta muy gráfica: *nos preocupamos por los ladrillos, por su presencia y por su ausencia, y no nos detenemos en el edificio en su conjunto.*

► **La falacia de cobertura**

¿Cuánto es lo debemos enseñar? Él dice textualmente: *«Ha llegado el momento de reconocer que tenemos la responsabilidad de seleccionar unas pocas historias importantes de las que la ciencia ofrece y proporcionar una visión de la construcción del conocimiento científico y de su poder explicativo...»* Para la explicación se remite a la comparación de un estadounidense que viaja diez días a Europa y visita en forma relámpago todas las maravillas, en lugar de detenerse en algunas y disfrutarlas con más detenimiento, y quedarse con el deseo de volver a ver las que le faltan. Él dice que *hay reconocer que la bondad de la educación científica es la calidad de la experiencia, más que la cantidad.*

► **La falacia del método científico**

Él dice que se trata de un mito y que lo que los grandes descubrimientos han mostrado es que raramente los científicos hacen lo que los educadores dicen que hacen. La práctica científica, según él, depende de una mezcla heterogénea de metodologías, contingencia y persuasión retórica.

Sostiene, además, que hay contradicción entre el afán de dar una visión amplia y equilibrada del contenido de la ciencia, y una explicación casi singular que se da de los métodos científicos.

Para el cierre de estas notas, en las que hemos querido compartir con los lectores algunas de las ideas del profesor, elegimos una cita que se encuentra en el material antes mencionado.

La elegimos porque creemos que tiene sentido seguir pensando sobre la función de la escuela.

**«Lo que la ciencia nos proporciona no es un saber que se puede conseguir con la simple experiencia... sino que se debe ofrecer mediante una enseñanza cuidadosamente programada porque las escuelas siguen siendo el principal agente de reproducción cultural.»**

**Melina Furman y Ciencias Naturales en la escuela primaria: colocando las piedras fundamentales del pensamiento científico**

**Melina Furman** es Bióloga por la Universidad de Buenos Aires y Máster en Educación de las Ciencias por la Columbia University. Ha desarrollado una importante labor como docente y divulgadora de las ciencias, y recientemente publicó el libro *La ciencia en el aula*, junto con otros destacados científicos. Cursa un doctorado en enseñanza de las ciencias en la Columbia University y trabaja en el Urban Science Education Center de la misma universidad, un instituto que se dedica a investigar cómo mejorar la enseñanza de las ciencias naturales en escuelas de bajos recursos.

La conferencia de Furman consistió en la presentación de tres situaciones de aula de enseñanza de ciencias de escuelas argentinas y su correspondiente análisis teórico.

El énfasis en su mirada está en las posibilidades que la ciencia ofrece (o no, según la enseñanza) de que los niños piensen. Ella anima a pasar del “manos a la obra” a “mentes en acción”.

Entre las ideas expuestas por ella, está el considerar que la ciencia tiene dos caras, como la moneda. Cara y cruz, proceso y producto.

Ella entiende que la escuela ha privilegiado el producto por sobre el proceso cuando, a su entender, el proceso es el que permite el desarrollo de competencias científicas.

Asimismo deja en claro, en su exposición, que esas dos caras, como las de la moneda, son inseparables. Esto es importante para comprender que, en realidad, aunque prioricemos una por sobre la otra, son necesarias las dos. Ella dice: *al disociar estas dos caras estamos mostrando a los alumnos una imagen que no resulta*

*fiel a la naturaleza de la ciencia.*

Con relación a la cara de la ciencia referida al proceso, se plantea por parte de la expositora, una defensa al método de enseñanza por indagación. En relación a ello transcribe las orientaciones que surgen de los llamados Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP). Estos son acuerdos sobre los contenidos de aprendizaje para todas las provincias de la Argentina, aprobados en el año 2005 por el Consejo Federal de Educación.

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

De los aspectos propuestos por la profesional, siempre sobre la base de una enseñanza por indagación, encontramos de especial interés para compartir, la secuencia de interrogantes sobre las que nos sugiere pensar:

- ▶ Qué quiero enseñar
- ▶ Qué quiero que los alumnos aprendan

En este punto, ella es más aguda y dice... ¿qué quiero que los alumnos recuerden (y puedan usar) dentro de muchos años?

Ella dice que pensar en esa interrogante nos lleva a otra:

- ▶ Qué evidencias tendríamos de que aprendió lo que queríamos que aprendiera... qué debería ser capaz de hacer o decir un alumno que aprendió... y qué diría o haría el que no alcanzó estos aprendizajes.

Según Furman, esas evidencias son las que nos han de guiar en las actividades, monitoreando qué y cuánto están comprendiendo los alumnos en cada etapa y avanzando a partir de ello.

Al cierre de su ponencia, ella afirma que «no hay demasiados secretos para que las cosas salgan bien. Al igual que los abogados, médicos y cualquier otra profesión, la profesión docente requiere sentarse a estudiar, profundizando y actualizando aquellos conceptos en los que necesitamos refuerzos». Luego agrega que «sin conocer bien los temas, las actividades de indagación pueden resultar una experiencia frustrante porque disparan muchísimas preguntas de los alumnos. Y ese esfuerzo se recompensa cuando vemos que los chicos se van de nuestras clases con ganas de saber más y la felicidad de haber pensado por sí mismos».

### Diego A. Golombek: “Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa”

El texto que se transcribe es extracto del documento base del presente Foro, escrito por el Dr. DIEGO A. GOLOMBEK, con el nombre “Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa”.

El texto completo de este documento base puede leerse en:

<http://portal.educ.ar/noticias/agenda/eventos/iv-foro-latinoamericano-de-edu.php>

<http://www.oei.es/noticias/spip.php?article2668>

D. A. Golombek es Licenciado y Doctor en Biología de la Universidad de Buenos Aires. Profesor en la Universidad de Quilmes e Investigador del CONICET. Director del Laboratorio de Cronobiología de esa Universidad.

Entre sus publicaciones más recientes y conocidas por los docentes uruguayos están las que forman la colección “Ciencia que ladra...” de Siglo XXI Ediciones Argentina y la Universidad Nacional de Quilmes. Entre ellas:

GOLOMBEK, D. A. (1999): *Cavernas y palacios. En busca de la conciencia en el cerebro*. Buenos Aires: Ada Korn.

GOLOMBEK, D. A. (ed.) (2002): *Cronobiología humana*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.

GOLOMBEK, D. A.; SCHWARZBAUM, P. (2005): *El cocinero científico: Apuntes de alquimia culinaria*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes/Siglo XXI Editores (4ª Edición).

DÍAZ, A.; GOLOMBEK, D. (eds.) (2004): *ADN: 50 años no es nada*. Siglo XXI Editores.

GOLOMBEK, D. (2005): *Demoliendo papers. La trastienda de las publicaciones científicas*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes/Siglo XXI Editores.

GELLON, G.; ROSENVASSER FEHER, E.; FURMAN, M.; GOLOMBEK, D. (2005): *Ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Buenos Aires: Ed. Paidós.

GOLOMBEK, D. A.; DE AMBROSIO, M. (eds.) (2006): *Hoy las ciencias adelantan que es una barbaridad*. Buenos Aires: Libros del Rojas.

GOLOMBEK, D. A.; DE AMBROSIO, M. (eds.) (2006): *Buenos Aires Piensa*. Buenos Aires: EUDEBA, en prensa.

[...]

### **Hacer ciencia para aprender ciencias: aprendizaje por indagación**

Cuando pensamos en “hacer ciencia en el aula” seguramente recordamos el famoso método científico con el que muchos de nosotros fuimos bombardeados en nuestra época escolar. La ciencia, en forma caricaturizada, sería una receta infalible según la cual hay que ponerse firmes y 1) observar, 2) hipotetizar, 3) experimentar, 4) deducir y volver a empezar, todo eso sin repetir, sin soplar, sin saltarse ningún paso ni alterar su orden “natural”. Es como si la ciencia estuviera compuesta por numerosas iteraciones de este famoso método, independientes entre sí y sujetas a un orden casi preestablecido. Es más: donde no hay orden, parece que no hay ciencia, no hay nada.<sup>1</sup> Los famosos “anarquistas científicos”, con Paul Feyerabend a la cabeza, van mucho más allá, y llegan a proponer que la única manera de hacer ciencia es ir directamente en contra del método científico, encontrando caminos alternativos y desordenados.<sup>2</sup>

Como siempre, en medio de estas puntas hay un ovillo, que es el que debemos comenzar a desenrollar para poder enseñar a pensar científicamente en el aula. Una de las posibilidades es la de la “enseñanza por indagación”, en la que los alumnos se visten de científicos -y el docente, de maestro de científicos, hecho nada menor- y recorren las etapas de producción de conocimiento científico; en esta versión, los alumnos son actores activos en la generación del conocimiento.

¿Qué es lo que se “indaga” en este aprendizaje? Algo similar a lo que ocurre en la ciencia profesional: a partir de una observación, o de una situación planteada por el docente, el aula se convierte en un laboratorio de preguntas, ideas y experimentos. Aquí la palabra del docente es fundamental, para orientar esta indagación hacia playas fértiles y creativas (aun si son inesperadas). Al decir de Furman y Zysman:<sup>3</sup>

**Pensar científicamente requiere la capacidad de explorar y hacerle preguntas al mundo natural de manera sistemática pero**

**al mismo tiempo, creativa y juguetona. Implica poder imaginar explicaciones de cómo funcionan las cosas y buscar formas de ponerlas a prueba, pensando en otras interpretaciones posibles para lo que vemos y usando evidencias para dar sustento a nuestras ideas cuando debatimos con otros.**

En el fondo, como en toda buena clase de ciencias, se trata de aprender a conocer, y esto no es nada fácil, requiere entrenamiento y estrategias exitosas. El desafío para el docente es doble: ser uno más de los indagadores y, al mismo tiempo pero de manera muy sutil, lograr orientar todo el proceso sobre la base de los objetivos que se haya trazado previamente. En el camino existirán numerosas situaciones sorprendidas en las que debamos sonreír y confesar que no sabemos la respuesta a las preguntas de nuestros estudiantes, lo cual constituye uno de los momentos más fascinantes de este aprendizaje guiado. (...)

[...]

La actitud indagatoria (y no inquisitoria...) implica también un cambio radical en las relaciones dentro del aula: ya no necesariamente serán los mismos los alumnos que brillarán por sus conocimientos o su memoria, sino que podrán develarse otras capacidades, acaso más ocultas, de quienes tienen su propio ritmo de pensamiento y deducción. Claro que esto implica un desafío adicional: lograr una comunidad de inquisidores en la que todos participen de la construcción del conocimiento científico.

El punto clave de este enfoque es, seguramente, la guía: los alumnos no tienden a descubrir por sí solos, en forma espontánea, las leyes fundamentales de la naturaleza, cual newtoncitos al pie de manzanos estratégicamente colocados a lo largo del aula o el laboratorio. En forma más popular: no damos peces, sino que dejamos a mano las redes, cañas y anzuelos como para que “descubran” el arte de la pesca. El momento del descubrimiento, de esa carita asombrada porque comprendió o, más precisamente, inventó al mundo por primera vez, es sencillamente sublime.

<sup>1</sup> Siguiendo a Bertold Brecht: «En la actualidad hay sobre todo orden, donde no hay nada, es una deficiencia aparente».

<sup>2</sup> Feyerabend, P. *Tratado contra el método*. Madrid, Tecnos, 1975.

<sup>3</sup> Furman, M. y Zysman, A. *Ciencias naturales: aprender a investigar en la escuela*. Buenos Aires, Novedades Educativas, 2001.

Existen dos enfoques alternativos para este tipo de enseñanza: por un lado, aquel que responde a las indagaciones abiertas, basadas en las preguntas iniciales de los alumnos, quienes, guiados por el docente, ordenan y eligen sus puntos de curiosidad y proponen maneras de resolverlos experimentalmente. En el otro rincón están las indagaciones “cerradas” o guiadas, en las que la consigna inicial parte del docente, quien estructura el camino a seguir. A lo largo de un curso de ciencias de cualquier nivel, el camino ideal es el que recorre las indagaciones de cerradas a abiertas, en el afán de lograr estructuras de pensamiento científico independiente, o al menos intentarlo.

El nudo de todo esto es, claramente, el tipo de preguntas a introducir en la clase. Estas cuestiones pueden venir de múltiples fuentes: lo que los alumnos conocen a partir de los medios de comunicación, preguntas abiertas de los libros de texto y, sobre todo, aquellas que el docente considera esenciales para llevar a buen término la indagación de un tema en particular. Existe incluso una propuesta de diseñar el currículo alrededor de las preguntas fundamentales para un tema científico determinado, desde una perspectiva histórica que permita a los alumnos un juego de rol poniéndose en el lugar de los primeros que se preguntaron por algún fenómeno de la naturaleza. Este enfoque se basa en la llamada “comprensión a través del diseño” (*understanding by design*), una propuesta desarrollada por Grant Wiggins y Jay McTighe, que fue publicada en los Estados Unidos por la Asociación para la Supervisión y el Desarrollo de Curriculum (Association for Supervision and Curriculum Development [ASCD]),<sup>4</sup> y dio origen al conocimiento que vamos a enseñar, en lugar de estructurarlo en función de las respuestas de los expertos o, en otras palabras, de lo que “ya se sabe”. Esta estrategia evita en los alumnos la visión común de que el conocimiento surge de la nada, como una verdad que se revela a los ojos de los que saben mirar. En la propuesta original el docente se convierte en un verdadero diseñador, que prevé las situaciones a las cuales se pueden ir enfrentando los alumnos y así no solo clarifican sus propios objetivos sino

que desarrollan las herramientas -las preguntas- para cumplirlos.

Estas preguntas pueden ser clasificadas de acuerdo con su complejidad cognitiva, con el carácter de las herramientas necesarias (experimentales o no) para responderlas o incluso con que su uso en clase requiera una clase o una secuencia didáctica que puede llevar meses o hasta todo el año. Las preguntas deben ser afinadas y guiadas hasta que se constituyan en verdaderas preguntas científicas, o sea, comprobables experimentalmente, puestas a prueba, disparadoras de predicciones, etc. Claro, el asunto es determinar que una pregunta es científica, y eso, de por sí es Toda Una Pregunta. En un texto curiosamente llamado “Haciendo ciencia”,<sup>5</sup> se proponen algunos criterios para decidir la “cientificidad” de una pregunta para el aula:

- ▶ **Debe basarse en objetos, organismos y eventos del mundo natural.**
- ▶ **No debe basarse en opiniones, sentimientos y creencias.**
- ▶ **Debe poder ser investigada a través de experimentos u observaciones.**
- ▶ **Debe llevar a la recolección de evidencia y el uso de información para explicar cómo funciona el mundo natural.**

El asunto es que tanto los docentes como los alumnos se ejerciten en este tipo de preguntas para que más adelante formularlas sea casi una cuestión de rutina. En particular, el docente debe incorporar preguntas de carácter estratégico que guían al alumno y lo estimulan a ir un poco más allá, construyendo de esa manera su propio camino y su propio conocimiento.

En el proceso tradicionalmente denominado método científico, estas preguntas están usualmente camufladas bajo el disfraz de hipótesis, pero cuesta mucho encontrarlas detrás de tanto maquillaje. Sin embargo, en el aprendizaje por indagación, la hipótesis es el corolario de toda buena pregunta científica; en cierta forma, es el paso previo para enfrentarnos a una resolución experimental de la cuestión en estudio. Una hipótesis abre múltiples puertas o predicciones, todas las cuales debieran ser comprobables o refutables

<sup>4</sup> El libro de Wiggins y McTighe fue publicado en 1998, y puede encontrarse mucha información sobre esta propuesta en <http://www.grantwiggins.org/ubd.html>

<sup>5</sup> Bybee, R. “Doing science: the process of scientific inquiry”. En: [science.education.nih.gov/Supplements/NIH6/Inquiry/guide/nih\\_doing-science.pdf](http://science.education.nih.gov/Supplements/NIH6/Inquiry/guide/nih_doing-science.pdf)

bajo las condiciones experimentales adecuadas. Por otro lado, es una maravillosa oportunidad para que el aula se transforme en un verdadero campo de batalla intelectual, en el que los cerebros intervinientes se expresan descubriendo las fallas y virtudes de todo razonamiento hipotético antes de intentar ponerlo a prueba. Y después, sí, a diseñar el mejor de los experimentos: el desarrollo de este diseño, con sus controles negativos y positivos, sus pasos, sus complicaciones y demás, ya es parte del proceso experimental en sí –y a veces, hasta más importante que realizar la experiencia (pero solo a veces).

Por supuesto, el proceso de recrear la ciencia en el aula queda completamente trunco si, luego de la realización de los experimentos correspondientes, los datos quedan inertes como números, gráficos o tablas en un papel. Una etapa fundamental del proceso es la del debate e interpretación de los resultados, que obviamente deberán generar nuevas preguntas, hipótesis y experimentos. Ya hemos dicho aquello de que la ciencia no es tal hasta que no se pone en común; con la ciencia en el aula pasa exactamente lo mismo. La etapa de discusión general de los resultados es apasionante y fructífera -descubrir que un experimento no da “mal” sino que da lo que da, y es nuestra tarea entender qué nos está diciendo es fundamental para promover el pensamiento científico entre nuestros alumnos-. Da un poco de vértigo comprenderlo, pero el camino nunca termina, dado que se generan nuevas cuestiones y refinamientos para extraerle más datos a la naturaleza (aunque es también tarea del docente prever y proponer un cierre para los trayectos didácticos).

En resumen, el aprendizaje por indagación implica un cambio conceptual en la manera en la cual nos plantamos frente al aula. El investigador de la Universidad de Valencia Daniel Gil Pérez resumió hace más de una década estos cambios y procesos en algunos simples pasos:<sup>6</sup>

- a) Se plantean situaciones problemáticas que generen interés en los alumnos y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.



Foto: Concurso fotográfico OE / Celia Olivera

- b) Los alumnos trabajan en grupo y estudian las situaciones planteadas.
- c) Los problemas se tratan siguiendo una orientación científica con emisión de hipótesis, elaboración de estrategias posibles de resolución y análisis, y comparación con los resultados obtenidos por otros grupos de alumnos.
- d) Los nuevos conocimientos se aplican a nuevas situaciones.

Pero aquí no acaba todo, ya que es el punto de partida para otro de los procesos que involucra un alto grado de creatividad en ciencia, y por supuesto, la ciencia en el aula no puede estar exenta de este paso. Se trata de la imaginación de modelos que describan la serie de resultados experimentales obtenidos y, sobre todo, que permitan formular predicciones a futuro.

Hay modelos para todos los gustos, desde aquellos materiales que utilizan elementos de bricolaje para entender cómo funciona algún fenómeno natural<sup>7</sup> hasta los modelos completamente abstractos e ideales que describen dicho fenómeno. Si logramos crear un modelo de lo que queremos conocer, estaremos más cerca de comprenderlo. Por último, por qué no pensar en un verdadero desfile de modelos, en el que los alumnos presenten y defiendan sus ideas como en un congreso científico: haciendo ciencia.

[...]

<sup>6</sup> Gil, D. "Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación". *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 197-212, 1993. Gil, D. "Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico". *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32, 1994.

<sup>7</sup> Y no es cuestión de tomarse estos modelos a la ligera: sin ir más lejos, es la forma en la cual Watson y Crick avanzaron hacia la estructura del ADN.