

ANTOLOGÍA sobre Indagación



La Enseñanza de la Ciencia en la Educación Básica

ANTOLOGÍA sobre Indagación

© Innovación en la Enseñanza de la Ciencia, A.C.

San Francisco 1626 int. 205
Colonia Del Valle
03100, México, D.F.

www.innovec.org.mx

1ª. Edición, julio de 2015
La Enseñanza de la Ciencia en la Educación Básica
Antología sobre Indagación
ISBN 978-607-96833-2-0 (Obra completa)
ISBN 978-607-96833-3-7 (Volumen 1)

Impreso en México

Textos: © Dr. Hubert M. Dyasi, Wynne Harlen, María Figueroa, Pierre Léna, Patricia López Stewart

Edición: Rosario Gutiérrez Romero, Catalina Everaert Maryssael y Claudia Mariela Robles González
Formación y diseño: Abril Estefanía Jara Pérez

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, se cual fuere el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento por escrito de Innovación en la Enseñanza de la Ciencia, A.C.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN

7

.....

ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN: RAZONES POR LAS QUE DEBE SER LA PIEDRA ANGULAR DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA

Hubert Dyasi

9

.....

EVALUACIÓN FORMATIVA Y LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN

Wynne Harlen

19

.....

LA EVALUACIÓN SUMATIVA Y LA MEDICIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES EN CIENCIAS

María Figueroa

37

.....

LA EDUCACIÓN EN LA CIENCIA: SUS VALORES Y EL PAPEL DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

Pierre Léna

45

.....

EL CUADERNO DE CIENCIAS EN LA CLASE INDAGATORIA

Patricia López

53

.....

PRESENTACIÓN

Innovación en la Enseñanza de la Ciencia A.C. (INNOVEC), tiene el gusto de poner a disposición de los docentes, autoridades educativas, investigadores y personas interesadas en la enseñanza de la ciencia en la educación básica, la presente Antología sobre Indagación.

INNOVEC, desde su nacimiento en el 2002, ha promovido *la enseñanza de la ciencia basada en la indagación* a través del Programa Sistemas de Enseñanza Vivencial e Indagatoria de la Ciencia (SEVIC). Este enfoque pedagógico permite que los estudiantes comprendan ideas y conceptos científicos y aprendan cómo estudiar el mundo que los rodea a través del desarrollo de habilidades relacionadas con la indagación científica (elaborar preguntas, planear investigaciones, usar instrumentos de medición, observar, predecir, reunir y analizar datos, formular explicaciones y comunicar sus conclusiones, entre otras).

Enseñar la ciencia basada en la indagación incorpora una serie de estrategias pedagógicas que favorecen la participación activa de los estudiantes y el desarrollo de actitudes y valores relacionados con los procedimientos y las formas en que los científicos desarrollan su trabajo.

Con el propósito de promover que este enfoque pedagógico se incorpore en el salón de clases, INNOVEC ha realizado diversos procesos formativos directamente con los docentes y autoridades educativas que desarrollan el programa SEVIC. Sin embargo, una limitante que se ha enfrentado es acceder a una bibliografía especializada acerca de la indagación en español.

La presente Antología constituye el primer volumen de una serie de publicaciones que INNOVEC elaborará con la colaboración de científicos, investigadores y académicos especializados en *la enseñanza de la ciencia basada en la indagación*, reconocidos por su trayectoria y contribución en la educación científica.

Este primer volumen se integra por cinco artículos que abordan diversos aspectos relacionados con la ciencia y su enseñanza en la educación básica. En el primero, el Dr. Hubert M. Dyasi, de la Universidad de Nueva York, Estados Unidos, nos define lo que se entiende por indagación y explica las razones por las que el enfoque pedagógico basado en la indagación debe promoverse para una mejor enseñanza de la ciencia. En el segundo artículo, la Dra. Wynne Harlen, de la Universidad de Bristol, Reino Unido, nos describe con detalle la evaluación formativa como parte integral de la enseñanza y su importancia en la educación científica basada en la indagación. En el tercer artículo,



la Dra. María Figueroa, de la Universidad Externado de Colombia, nos comparte una investigación acerca de la evaluación sumativa del aprendizaje de ciencias, resaltando la necesidad de aplicar instrumentos y técnicas que estén acordes con la metodología de la indagación para tener evidencias de lo que los estudiantes entienden y son capaces de hacer. En el cuarto artículo, el Dr. Pierre Léna, del Programa *La main à la pâte*, aborda cómo ha contribuido la comunidad científica a promover un cambio en la enseñanza de la ciencia a favor de todos los estudiantes desde una edad temprana. Finalmente, la Mtra. Patricia López, de la Universidad Alberto Hurtado de Chile, aborda los propósitos y la importancia del uso de los cuadernos de ciencia por los estudiantes que aprenden a través del enfoque indagatorio.

INNOVEC agradece la valiosa colaboración y el apoyo que los autores le han brindado, a lo largo de varios años, en la promoción de una enseñanza de la ciencia de calidad y, particularmente, por su contribución a esta Antología, generando así una herramienta para fortalecer la práctica de los docentes interesados en *la enseñanza de la ciencia basada en la indagación*.

HUBERT DYASI

Obtuvo su Ph.D. en Educación en Ciencias en la Universidad de Illinois. Es especialista en el desarrollo profesional de los profesores de ciencia. Además de diseñar y dirigir programas en África y Estados Unidos, ha trabajado con autoridades educativas, organizaciones no lucrativas y gobiernos para desarrollar e implementar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación en la educación básica.

Actualmente es miembro del Comité Global de Actividades para la Educación en Ciencias, de la Red Mundial de Academias de Ciencia (IAP, por sus siglas en inglés).



ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN:

RAZONES POR LAS QUE DEBE SER LA PIEDRA ANGULAR DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA

.....
DICIEMBRE 2014

INTRODUCCIÓN¹

Una de las aportaciones más importantes de los Estándares Nacionales para la Enseñanza de la Ciencia (NSES, por sus siglas en inglés), los cuales fueron concebidos por el Consejo Nacional de Investigación (NRC, por sus siglas en inglés) de la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos, fue la identificación de la indagación científica como un contenido fundamental de la enseñanza de la ciencia. La indagación se suma a las ideas clave de cada disciplina científica, unificando conceptos y procesos transversales de todas las ciencias, de la ciencia y la tecnología, y de la historia y naturaleza de la ciencia (NRC, 1996). En general se acepta en todas las ciencias como la estrategia para crear y afinar el conocimiento y las teorías científicas. Es por ello que, por más de sesenta años, profesores en ciencias y científicos han señalado una y otra vez que la ciencia basada en la indagación brinda una perspectiva auténtica de la ciencia. Actualmente en las comunidades científicas, al igual que en aquellas dedicadas a la ciencia cognitiva, a la historia de la ciencia y a la enseñanza de la ciencia, se ha llegado a un consenso más general que la enseñanza de la ciencia basada en la indagación constituye la vía que abre paso al hacer y entender de la ciencia. Recientemente, se ha hecho referencia formal a este consenso en el documento Marco de Trabajo para la Enseñanza de la Ciencia en Educación Básica: prácticas, conceptos transversales e ideas clave (*A Framework, of K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts,*

¹ Al redactar el presente artículo, he recurrido a numerosas fuentes, principalmente trabajos y presentaciones realizados por el autor. Procuré limitar mis referencias a recursos basados en pruebas que pueden consultarse de manera gratuita en Internet para tener acceso directo a ideas y detalles.

and *Core Ideas*, NRC, 2012). Lamentablemente, los programas de estudio en materia científica siguen diseñándose e instrumentándose sin considerar el enfoque de la ciencia basada en la indagación; en cambio, sí hacen mucho hincapié en la presentación de la ciencia solamente como un cúmulo de hechos, leyes y teorías, además de llevar a cabo los experimentos recomendados, cuyos resultados correctos ya se conocen. Aún es necesario, por consiguiente, seguir explicando a qué nos referimos por enseñanza de la ciencia basada en la indagación y por qué ésta debe ser un punto central a considerar en el diseño de los planes de estudio en materia científica.

▲ QUÉ NOS REFERIMOS POR CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN

Desde 1996, los Estándares Nacionales para la Enseñanza de las Ciencias [en Estados Unidos] constituyen el documento de referencia en la enseñanza de la ciencia. Éstos definen la ciencia basada en la indagación como “las distintas formas en que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en las evidencias derivadas de su trabajo” (NRC, 1996, p. 23). Se trata de un enfoque multifacético, que engloba actividades centradas en fenómenos naturales y antropogénicos. Las actividades propias de la ciencia basada en la indagación suponen realizar observaciones directas de fenómenos de interés, formular preguntas orientadas a las ciencias que puedan responderse mediante acciones, e investigar lo que ya se conoce sobre el fenómeno en cuestión. Sin embargo, no basta con llegar hasta este punto; los científicos también planean investigaciones tomando en cuenta las pruebas experimentales existentes, y reúnen, analizan e interpretan datos que recopilan usando herramientas científicas. A partir de estos datos, proceden a proponer respuestas a sus preguntas y formulan explicaciones basadas en evidencias, las cuales comunican y defienden en la comunidad científica.

Aun cuando en el presente documento se describen de manera lineal, las actividades relacionadas con la indagación científica, la concepción de ideas científicas fundamentales y conceptos y procesos unificadores, constituyen una unidad dinámica, que se construyen uno sobre otro en forma simbiótica. En la Figura 1 puede observarse esta relación.

La indagación científica involucra tanto una actividad intelectual como física, así como un aspecto emocional. Como puntualizan los NSES (p.23), en su carácter de actividad intelectual, la indagación de la ciencia “requiere la identificación de supuestos, el uso de un pensamiento crítico y lógico y la consideración de teorías alternativas”

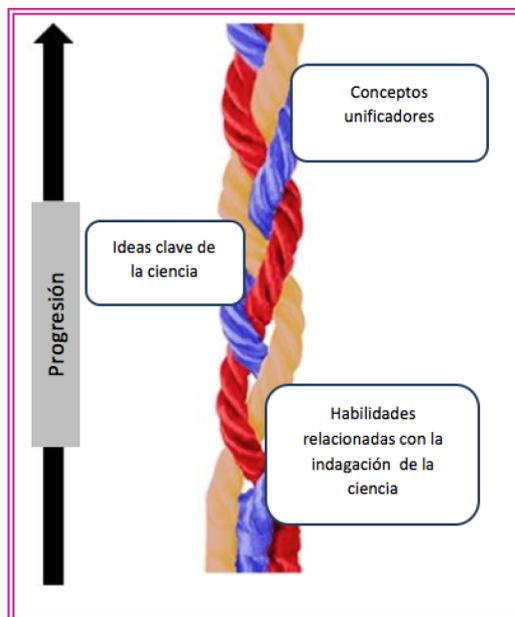


Figura 1. Integración dinámica del contenido y las habilidades indagatorias de la ciencia.
Fuente: Dyasi, 2014; diagrama de Mitchell Bleier, NY.

Con frecuencia, comprende argumentos en defensa de las explicaciones propuestas y cómo ilustran éstas el campo de la ciencia, al mostrar no únicamente el rigor intelectual del trabajo sino también el apego personal y profesional de los científicos a ella. Todas las facetas de la ciencia, concretamente la indagación de la ciencia, las ideas clave y los conceptos y procesos unificadores se apoyan en la calidad científica de la indagación científica.

ILUSTRACIÓN HISTÓRICA DE LA INDAGACIÓN CIENTÍFICA

El poder de la indagación científica y los estándares de evidencia que exige son elementos centrales para la práctica y el entendimiento de cómo el conocimiento, las teorías y los modelos de la ciencia evolucionan en la práctica. Hace varios siglos, había una enorme curiosidad en torno a la sangre: qué era y dónde se producía en el organismo. En el siglo II d. C., un médico llamado Galeno de Pérgamo respondió a estas preguntas después de llevar a cabo extensas observaciones, disecciones y vivisecciones de numerosos animales, sin incluir humanos. Con base en sus descubrimientos, planteó una teoría científica sobre dos tipos de sangre que denominó "sangre vital" (o sangre arterial), que creía transportaba espíritus vitales, y "sangre nutritiva" (sangre venosa) (véase: <http://www.timelinescience.org/resource/students/blood/galen.htm>). Esta teoría también establecía que la sangre arterial se producía en el corazón y se bombeaba a través de las arterias, mientras que la sangre venosa se producía en el hígado y fluía desde ahí hacia distintos órganos del cuerpo. El corazón "succionaba" sangre venosa de las venas y la llevaba hacia su lado izquierdo. Al mezclarse con el aire en el corazón, pasaba a través del septo hacia el lado derecho del corazón.

En el mundo occidental² esta teoría no fue cuestionada con seriedad hasta 1628, cuando William Harvey, médico británico, publicó una teoría alternativa sobre la circulación de la sangre con base en sus observaciones, mediciones y pruebas científicas en animales vivos. A partir de sus investigaciones científicas, Harvey llegó a considerar que la sangre salía del corazón hacia distintas partes del cuerpo, regresaba al corazón y luego llegaba a los pulmones, donde se purificaba antes de regresar al corazón para distribuirse hacia otras partes del organismo (véase: http://www.williamharvey.org/wm_harvey.htm). Una de las indagaciones más decisivas de Harvey implicó medir el volumen de sangre en el corazón en un momento determinado y descubrió que era de 59.15 ml. Luego, multiplicó el volumen por el número de latidos en un día y concluyó que si los distintos órganos del cuerpo consumían sangre, no habría suficiente sangre que llegara hasta ellos. A partir de las conclusiones obtenidas, formuló la hipótesis que establece que la sangre debe viajar en un "sistema cerrado" y, para hacerlo, el corazón debe también actuar como bomba y no sólo como órgano de succión. La acción de bombeo se sugirió a partir de sus observaciones sobre el

² Se sabe que este conocimiento de la circulación sanguínea ya se conocía en el mundo árabe. (véase: http://www.williamharvey.org/wm_harvey.htm)

bombeo cardíaco aun después de haberlo extraído de animales vivos. Examinó también el septo con gran detenimiento y no encontró ninguna vía en que la sangre pudiera fluir o filtrarse a través de éste. Con base en las fortalezas de los resultados emanados de sus indagaciones directas, Harvey concluyó que la teoría de Galeno en torno al flujo de sangre en los humanos carecía de sustento con base en evidencias científicas y tuvo que rechazarse. Los descubrimientos de las redes capilares por Marcel Malpighi unos años más tarde dieron mayor sustento a la teoría de la circulación sanguínea de Harvey y de la conexión entre arterias y venas en el cuerpo humano (véase: <http://www.timelinescience.org/resource/students/blood/harvey.htm>).

Para plantear sus teorías, tanto Galeno como Harvey emplearon habilidades indagatorias de la ciencia. Sus teorías difieren enormemente porque sus indagaciones, como toda indagación científica, se limitaban a las características y alcance de los materiales y herramientas que utilizaban. Galeno, por ejemplo, utilizaba únicamente animales muertos y no humanos y, por lo tanto, no podía observar el corazón en acción. Harvey, por el otro lado, practicaba operaciones lo mismo en animales vivos que en humanos y, por consiguiente, pudo recabar pruebas más directas sobre el funcionamiento del corazón.

A QUÉ NOS REFERIMOS POR ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN

La enseñanza de la ciencia basada en la indagación consiste en una estrategia para poner en práctica la metodología indagatoria de la ciencia, descrita anteriormente, en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Desde la perspectiva de los NSES, esta estrategia consiste en “actividades de alumnos mediante las cuales desarrollan el conocimiento y entendimiento de ideas científicas, así como la comprensión de cómo los científicos estudian el mundo natural” (NRC, 1996, p.23). El Programa para la Enseñanza de la Ciencia de la Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP) ha manifestado una perspectiva similar, en la que se describe la enseñanza de la ciencia basada en la indagación como “los estudiantes desarrollan progresivamente ideas científicas clave mediante el aprendizaje de cómo investigar y construir su propio conocimiento y comprensión del mundo que los rodea (Wynne Harlen, 2013, p. 12; cf. Harlen y Allende, 2009a; Harlen y Allende, 2009b, p.11).

CABE DESTACAR LOS COMPONENTES DE LA DEFINICIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN:

- a) Los estudiantes desarrollan ideas y conceptos científicos clave
- b) Los estudiantes aprenden cómo estudiar científicamente el mundo natural (y el artificial) y construyen su propio conocimiento y comprensión del mundo.
- c) Los estudiantes llevan a cabo un aprendizaje activo.
- d) Los estudiantes desarrollan progresivamente la comprensión de (a), (b) y (c).

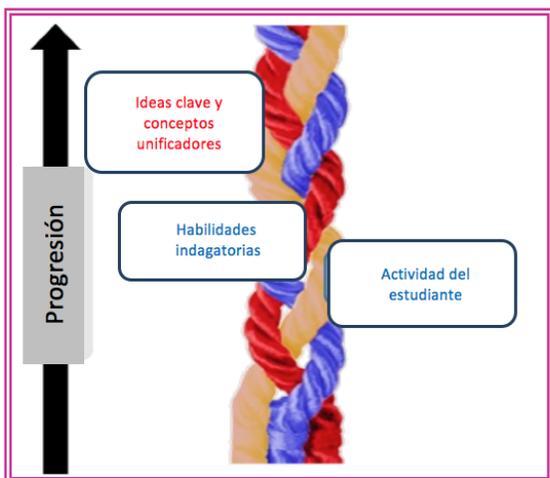


Figura 2. Elementos integrados de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación.

De la misma manera en que se integran los elementos de la ciencia basada en la indagación, se incorporan estas cuatro dimensiones de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, como se muestra en la Figura 2.

TRES ELEMENTOS DE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN

1. Ideas científicas clave y procesos unificadores.

Existe un acuerdo general sobre las ideas científicas clave de las diferentes disciplinas

de la ciencia que se enseñan en las escuelas. Éstas constituyen el tema de las ciencias de la vida, ciencias físicas y ciencias de la tierra y el espacio, así como de las aplicaciones de la ciencia en algunos casos. Dado que estas ideas de la ciencia se describen en los NSES y en el Marco de Trabajo para la Enseñanza de la Ciencia en Educación Básica: prácticas, conceptos transversales e ideas clave (NRC, 1996; 2012), es suficiente enumerar las características de una idea central:

- Guarda una enorme relevancia entre múltiples disciplinas científicas o constituye un concepto fundamental de organización de una sola disciplina.
- Proporciona una herramienta clave para entender o investigar ideas más complejas y resolver problemas.
- Se relaciona con los intereses y las experiencias de vida de los estudiantes, o puede estar conectada con inquietudes sociales o personales que requieren conocimientos científicos o técnicos.
- Es objeto de enseñanza y aprendizaje en distintos grados y niveles de profundidad y sofisticación cada vez mayores (NRC, 2012, p. 31).

Pueden encontrarse ejemplos de ideas científicas clave tanto en los NSES como en el Marco y en los Principios y grandes ideas de la educación en ciencias (disponible en: www.innovec.org.mx).

Además de las ideas centrales de cada disciplina científica, existen conceptos de la ciencia transversales a todas las disciplinas científicas. Los NSES hacen referencia a éstos como "conceptos y procesos unificadores". Estos comprenden conceptos ampliamente aplicables como patrones; causa y efecto; escala, proporción y cantidad; en sistemas y modelos de sistemas, energía y materia, estructura y función, estabilidad y cambio (NRC, 1996 y 2012).

2. Habilidades de indagación científica

La instrumentación eficaz de un currículo de enseñanza de la ciencia basada en la indagación requiere que en el salón de clase los estudiantes apliquen las habilidades indagatorias como las que utilizan los científicos profesionales. Estas habilidades se identificaron anteriormente en este ensayo. Sin embargo, se debe tener cuidado de no utilizar o ver estas habilidades como un método científico a seguir; deberán considerarse correctamente como parte integral de un marco sobre cómo los científicos ven y entienden el mundo (<http://www.sazu.si/files/file-147.pdf>; Departamento de Educación de Nueva York, 1996; NRC, 1996; Departamento de Educación de Massachusetts, 2006; NRC, 2007; NRC, 2012).

3. Aprendizaje progresivo

A partir de estudios de niños en distintas etapas de crecimiento, sabemos que sus actividades educativas deben corresponder a su nivel de desarrollo. Es igualmente cierto que para ser eficaces, las experiencias de aprendizaje en la enseñanza de la ciencia basada en la indagación habrán de ser proporcionales a dicho principio; en otras palabras, debemos diseñar las actividades de aprendizaje en función de los progresos en el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes. No obstante, esto no significa que las experiencias de aprendizaje en las distintas etapas del desarrollo de los estudiantes deban diferir en cuanto a su tipo; significa más bien que deben diferir únicamente en el grado de complejidad o nivel de sofisticación.

El aprendizaje progresivo se ha definido como "hipótesis fundamentadas y comprobables empíricamente que sustentan que la comprensión de los estudiantes y su capacidad de utilizar conceptos científicos centrales, explicaciones y prácticas científicas relacionadas, aumenta y se vuelve más sofisticado, si reciben una instrucción pertinente" (Corcoran, Mosher y Rogat, 2009, p. 8; NRC, 2007). En esencia, el aprendizaje progresivo describe trayectorias fructíferas de aprendizaje y razonamiento a lo largo de periodos extendidos que toman en cuenta lo que los estudiantes aportan a la situación de aprendizaje y la carga cognitiva que puede esperarse que manejen. El diseño del plan de estudio debe identificar y convalidar el progreso en el aprendizaje de diferentes estudiantes, sin limitarse a adoptar únicamente el progreso lógico dentro de una disciplina científica; pueden presentarse situaciones en las que la secuencia lógica no se adecue a los estudiantes en una etapa de desarrollo dada (Duncan y Rivet, 2013). El problema, sin embargo, estriba en que la investigación realizada en torno al aprendizaje progresivo en la enseñanza de la ciencia todavía está en ciernes.

IMPORTANCIA DE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN

Auténtica a la ciencia

La enseñanza de la ciencia basada en la indagación autentica la ciencia. Cuando se instrumenta exitosamente en la docencia y el aprendizaje de la ciencia, puede cultivar

en los estudiantes el conocimiento y la comprensión de ideas científicas centrales y conceptos unificadores que toda la comunidad científica ha identificado como elementos básicos de la ciencia misma. Al mostrar cómo se generan los conceptos, explicaciones, modelos y teorías científicas y cómo son evaluados por los científicos, la enseñanza de la ciencia basada en la indagación brinda a los estudiantes una valiosa perspectiva respecto de lo que es la ciencia, cómo funciona y cuáles son sus fortalezas y limitaciones (Harlen y el Grupo de Trabajo de la IAP, 2009, pp. 21-22). Por ejemplo, logran entender que existe una relación dinámica y productiva entre la indagación científica y la formulación de concepciones científicas, las cuales pueden traducirse en “verdades” científicas trascendentales que están sujetas a perfeccionamiento, cambio o incluso a una revisión sustancial a la luz de nuevas pruebas científicas (cf. Schwab, 1961, p. 11). Por ello, en la ciencia no basta con saber algo; es aún más importante conocer las bases científicas de lo que decimos que sabemos. Los estudiantes también aprenden que es importante conocer la naturaleza directamente a partir de indagaciones de los fenómenos naturales, complementándolas con el aprendizaje de otras fuentes, además aprenden que el realizar estas actividades de primera mano por ellos mismos, no es suficiente; sino que deben reflexionar sobre ellas y compartirse con otros, para extraer explícitamente los significados importantes.

Cuando logran esta comprensión, los estudiantes pueden examinar y entender aspectos del mundo natural y artificial que los rodea a través de la lente de la indagación científica. El enfoque de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación puede entonces inmunizarlos y evitar que se vean engañados por acontecimientos físicos y pronunciamientos públicos en su mundo. Ésta es una actitud de vital importancia que los estudiantes deben desarrollar y asumir cuando se enfrentan a decisiones difíciles.

Auténtica el cómo aprende la gente

Numerosos estudios de investigación han confirmado que todos los niños de corta edad tienen la capacidad intelectual de aprender ciencia. “Incluso cuando entran a la escuela, los menores tienen un rico conocimiento del mundo natural, demuestran un razonamiento causal y son capaces de discriminar entre fuentes confiables y no confiables de conocimiento. En otras palabras, los niños llegan a la escuela con la capacidad cognitiva de comprometerse con toda seriedad con emprender ciencia” (NRC, 2007, p. vii). La participación en actividades de ciencias basadas en la indagación hace que estas capacidades cognitivas se vuelvan visibles y, cuando son visibles, los niños mismos pueden compartirlas, examinarlas, discutir las y evaluarlas a la luz de nuevas experiencias y evidencias orientadas a las ciencias para ver cuáles tienen una base científica y cuáles no, y qué ideas científicas pueden plantearse para el perfeccionamiento o como alternativas de sus ideas previas.

Participar en la ciencia basada en la indagación permite a los estudiantes no sólo adquirir conceptos científicos significativos, sino también usarlos a manera de marco de referencia para examinar fenómenos de la naturaleza con la intención de construir conceptos más sofisticados. Los conceptos también sugieren qué observaciones son significativas y deben extenderse, y cuáles no. Una combinación de indagación de la ciencia y conceptos científicos en un campo científico determinado puede permitir a los estudiantes adquirir y adoptar las normas de práctica y un sistema para emitir juicios sobre lo que es evidencia creíble o confiable en dicho campo. Los profesionales en las disciplinas científicas emplean marcos de referencia y normas de las disciplinas correspondientes para analizar y entender fenómenos que se presentan y con los que están poco familiarizados; constituye, además, uno de los distintivos de la enseñanza de la ciencia de alta calidad cultivar con éxito esos hábitos de pensamientos en los estudiantes.

Un tercer descubrimiento importante de la investigación es que los estudiantes pueden aprender estrategias que les permiten monitorear su comprensión y progreso. Por ejemplo, pueden aprender a evaluar su capacidad no sólo para predecir sino también para explicar las predicciones que hagan de los resultados. El que reconozcan la importancia y oportunidad de recurrir a sus conocimientos previos, planear y crear marcos mentales en los que se incorporarán los nuevos conocimientos guarda una enorme relevancia para aplicar y transferir el conocimiento que ya poseen (NRC, 1999, p. 14). Este tipo de automonitoreo continuo constituye un elemento central del enfoque de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, y cuando los estudiantes lo han adquirido, tienden a pensar y actuar en formas que están asociadas con el enfoque indagatorio. No obstante, cabe agregar una nota de precaución en este punto: los estudios de investigación han demostrado que la enseñanza exitosa de las estrategias de automonitoreo depende de cada campo disciplinar y no puede generalizarse en todas las materias; una estrategia que resulta exitosa en el aprendizaje indagatorio de la física porque cumple con las normas epistemológicas de la física podría tener que modificarse para cumplir con las normas epistemológicas de un campo distinto del conocimiento.

Interés y motivación para estudiar el mundo que nos rodea

Los seres humanos son inherentemente curiosos. Desde temprana edad se cuestionan sobre los fenómenos que se les presentan y formulan preguntas que ayudan a satisfacer su curiosidad. Este deseo intenso por averiguar, por saber, es un atributo humano fundamental. ¿Qué es este fenómeno y cómo llegó aquí? ¿Cómo podemos averiguarlo? ¿Cómo sabremos cuando hayamos llegado a una respuesta “correcta” si nadie sabe la respuesta “acertada”? Estas preguntas, entre muchas otras, son indicativas de la curiosidad humana. Asimismo, forman parte integral de la ciencia basada en la indagación, lo que significa que ésta guarda estrecha afinidad con el deseo humano y su búsqueda del saber, además de alinearse perfectamente al impulso humano por conocer.

Participar en actividades indagatorias de la ciencia que sean placenteras puede

traducirse en alimentar el interés por entender el mundo y en una motivación por aprender más y más sobre éste desde una perspectiva científica.

Además de generar interés, motivación y una postura beneficiosa de los estudiantes frente a la ciencia, Bruce Alberts agregó que, como resultado de participar de lleno en la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, los estudiantes pueden adquirir los valores de "honestidad, confianza en la evidencia y la lógica para emitir juicios, así como disposición para explorar ideas nuevas y una actitud escéptica frente a respuestas simples a problemas complejos" (Alberts, 2009, pp. 77-80).

Desarrollo de habilidades sociales y lingüísticas

En las escuelas, los estudiantes participan en la indagación científica en contextos sociales. Desarrollan habilidades indagatorias de la ciencia en grupos de colaboración en los que discuten sus preguntas, conciben planes para responderlas, recaban información y sacan conclusiones. En forma cordial, discuten entre ellos en cada una de las fases de sus actividades de indagación y sobre la forma en que lo presentarán a sus compañeros de clase. De hecho, en todos los aspectos de su trabajo desarrollan habilidades sociales que les permiten funcionar como equipos científicos de investigación. La adquisición y aplicación continua de estas habilidades de colaboración se vuelven valiosas en numerosas situaciones de su vida.

Además de desarrollar habilidades sociales positivas, también desarrollan habilidades lingüísticas y de comunicación. Aprenden a escucharse entre sí y sopesan las opiniones, ideas y comprensión de unos y otros con el fin de trabajar juntos de forma armoniosa. Asimismo, desarrollan habilidades para expresarse con claridad recurriendo a información, evidencias y experiencias que sustenten sus puntos de vista, y mejoran sus habilidades matemáticas, de redacción y dibujo con miras a poder transmitir sus pensamientos y conclusiones en sus cuadernos de ciencia. Su capacidad de lectura aumenta cuando consultan fuentes escritas para mejorar su comprensión tanto de la indagación científica como de las ideas científicas clave.

CONCLUSIÓN

El poder de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación está reconocido por la investigación científica y las comunidades dedicadas a la enseñanza de la ciencia, organizaciones de maestros de ciencias, centros científicos informales, así como por diseñadores y productores de estándares educativos en materia científica. Todas estas comunidades han emitido declaraciones públicas en apoyo a su adopción. Es responsabilidad de las entidades educativas, tanto del sector público como privado, garantizar el diseño y la implementación de planes de estudios adecuados en materia de ciencias. Será necesario realizar ajustes profundos; por ejemplo, los planes de estudio deberán centrar su atención principalmente en la comprensión de algunas ideas clave sobre ciencias y sobre

las grandes ideas de la ciencia, entre las que se incluyen los amplios conceptos y procesos unificadores. Ese cambio de orientación es esencial para hacer un uso eficiente del tiempo, la energía y otros recursos que se requieren para que el enfoque indagatorio del que se ha hablado se implemente como una estrategia generalizada para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

REFERENCIAS

Alberts, A. (2009), "Restoring science to science education", The University of Texas at Dallas, Richardson, Texas, en: *Issues in science and technology*, verano de 2009, p. 77-80.

Corcoran, T., F. A. Mosher y A. Rogat (2009), *Learning progressions in science*, Consortium for Policy Research in Education, Filadelfia.

Duncan, R. G. y Anne E. Rivet (2013), "Science learning progressions", en: *Science* 339(6118), pp. 396-397.

Harlen, W. y el Grupo de Trabajo de la IAP (2009a), *Inquiry-based science education: An overview for educationalists*, Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP), Trieste, Italia. (Disponible también en: <http://www.interacademies.net/File.aspx?id=9348>.)

Harlen, W. y J. Allende (2009b), *A trilingual report on inquiry-based science education 2009*, disponible en: <http://www.interacademies.net/Publications/25119.aspx>.

Massachusetts Education Department (2006), *Massachusetts science and technology/engineering framework*, Massachusetts Education Department [Departamento de Educación de Massachusetts], Malden, MA. (Disponible también en: <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/1006.pdf>.)

National Research Council (1996), *National science education standards*, National Academy Press, Washington, DC. (Disponible también en: <http://www.nap.edu/catalog/9596/inquiry-and-the-national-science-education-standards-a-guide-for>.)

National Research Council (1999), *How people learn: Bridging research and practice*, National Academy Press, Washington, DC. (Disponible también en: <http://books.nap.edu/catalog/9457/how-people-learn-bridging-research-and-practice>.)

National Research Council (2007), *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in grades K-8*, National Academy Press, Washington, DC. (Disponible también en: <http://www.nap.edu/catalog/11625/taking-science-to-school-learning-and-teaching-science-in-grades>.)

National Research Council (2012), *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*, National Academy Press, Washington, DC. (Disponible también en: <http://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts#>.)

New York State Department of Education (1996), *Learning standards for mathematics, science and technology*, New York State Department of Education [Departamento de Educación del estado de Nueva York], Albany, NY.

Schwab, J.J. (1961). *The teaching of science. The teaching of science as enquiry* (Ingliš Lecture, 1961). Cambridge, MA: Harvard University.

WYNNE HARLEN

Estudió en la Universidad de Oxford obteniendo Grado Honorífico en Física y obtuvo su Doctorado en la Universidad de Bristol. Además de ser profesora y de dedicarse a la investigación y evaluación en enseñanza de la ciencia, ha desempeñado cargos de gran relevancia como consultora y codirectora de proyectos de investigación de la Fundación Nacional de Ciencia de los Estados Unidos (NSF) y presidente del grupo de científicos expertos para el proyecto PISA de la OCDE. Es miembro fundador de la Asociación Británica de Investigación Educativa. Actualmente tiene un cargo honorario como Profesor visitante en la Universidad de Bristol.



EVALUACIÓN FORMATIVA Y LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN



En este artículo se analiza cómo una evaluación continua de los logros de los alumnos en el campo de la ciencia puede servir para optimizar su aprendizaje. Elevar los niveles del aprendizaje es uno de los dos objetivos principales de evaluar a los estudiantes y el tema de interés del presente texto. Después de una breve exposición sobre el significado, propósitos y usos de la evaluación a los estudiantes, se describe el proceso de la evaluación formativa y se representa a manera de ciclo repetitivo de eventos insertados en el aprendizaje. Posteriormente se describen las partes que componen ese ciclo (recopilación, interpretación y uso de la información sobre el desarrollo de la comprensión, habilidades y actitudes de los estudiantes), junto con las acciones que pueden emprenderse a partir de la retroalimentación a los estudiantes y la integración de esta retroalimentación en la enseñanza. En la última sección, se aborda el papel que desempeñan los estudiantes en la evaluación formativa de su trabajo y cómo proporcionarles la información que necesitan para participar en las decisiones que permitan mejorar su aprendizaje.

SIGNIFICADO, PROPÓSITOS Y USOS DE LA EVALUACIÓN

En el ámbito educativo generalmente el término evaluación se refiere al proceso de recabar, interpretar y usar información sobre los logros del aprendizaje de los estudiantes. También se utiliza el término evaluación para valorar la operación de las escuelas, los procesos de enseñanza, la política educativa y los materiales. Este artículo se hará referencia al primer significado, ya que el enfoque estará en la generación, colecta, interpretación y uso de evidencias sobre resultados del aprendizaje.

Cabe hacer una distinción entre los términos "prueba" y "evaluación"; éstos definitivamente no son intercambiables. El término "evaluación" tiene un uso más amplio y se refiere a un proceso que puede llevarse a cabo de numerosas formas. Las pruebas son una forma de aplicar una evaluación que resulta particularmente adecuada para determinados propósitos. Las pruebas son actividades diseñadas especialmente para evaluar el conocimiento y las habilidades, mediante la asignación de una misma tarea a todos los alumnos, quienes deberán responder en condiciones similares, y en algunos casos, no siempre, bajo límites de tiempo.

La evaluación supone decidir qué información se va a recopilar y de qué forma se emprenderán los diferentes pasos necesarios para cumplir su función. Es por ello que el objetivo de la evaluación será un factor de suma importancia al momento de decidir el camino a seguir. Los dos objetivos principales de la evaluación individual de los estudiantes son:

- Utilizar la información en favor del aprendizaje.
- Saber qué se ha aprendido en un momento determinado y preparar un informe al respecto.

Al primer objetivo se le conoce como evaluación formativa o evaluación *para el* aprendizaje; al segundo, como evaluación sumativa o evaluación *del* aprendizaje. No se trata de diferentes tipos de evaluación, sino de distintos fines de la evaluación. El que cumplan su función dependerá de cómo se utilice la información. La evaluación formativa, por definición, se emplea para tomar decisiones respecto de cómo impulsar el avance del aprendizaje mientras se está llevando a cabo. La evaluación sumativa, por otro lado, tiene numerosos usos, entre los que se incluyen: preparar informes para los padres y otros maestros, hacer un seguimiento de los avances y, en ocasiones, agrupar y seleccionar estudiantes. En el nivel de educación media superior, la evaluación sirve para tomar decisiones informadas sobre programas de estudio, certificación y selección para niveles de educación superiores. En principio, la evaluación sumativa habrá también de contribuir al aprendizaje, aunque sea en un plazo más largo, con base en las decisiones emanadas de la misma, y de forma menos directa, que como suceden con la evaluación formativa.

Algunos educadores proponen una tercera función de la evaluación: la evaluación como aprendizaje (Earl, 2003). Lo que identifican con este término tiene que ver con la concientización del estudiante y el monitoreo que hace de su propio aprendizaje. Sin embargo, en la mayoría de los análisis en torno a la evaluación formativa y en el sentido en el que se presenta aquí, ello se abarca en la noción de la autoevaluación del estudiante.

EVALUACIÓN SUMATIVA

Aunque la cuestión que aquí nos ocupa es la evaluación formativa, es importante distinguir las diferencias entre la evaluación sumativa y la formativa y reconocer sus

respectivas funciones, así como el efecto que la evaluación sumativa puede tener en la educación de los estudiantes.

La evaluación sumativa es importante por numerosas razones, a saber:

- Los maestros necesitan llevar un registro en el que se asiente de forma sucinta el desempeño de los estudiantes en puntos clave (por ejemplo, al finalizar un tema o semestre), y utilizar estos registros en su planeación. Los estudiantes, por su parte, necesitan hacer un seguimiento de su progreso.
- Tanto los padres como los futuros maestros de los estudiantes en el momento de transición de una clase a otra o de una escuela a otra necesitan disponer de un registro de los logros alcanzados.
- Los directores y administradores escolares necesitan tener registros a fin de poder examinar los progresos realizados por los estudiantes de forma individual y en grupo a medida que pasan de año escolar. Asimismo, estos registros sirven para la autoevaluación de la escuela y el diseño de los planes de estudio.
- Cuando se realiza correctamente, de la evaluación sumativa se desprenden modelos y definiciones operativas de lo que significa comprender ideas, y también de cómo se manifiesta la comprensión mediante la aplicación del aprendizaje en diferentes formas.
- Los criterios aplicados para evaluar los logros dejan en claro los estándares y expectativas entre estudiantes, maestros y otros.

Todas las razones mencionadas apuntan a que la evaluación sumativa es necesaria y no puede evitarse. Los profesores tienen pocas opciones en cuanto a si llevan a cabo una evaluación sumativa y cuándo, debido a que generalmente se tienen requisitos y procedimientos establecidos por escuela o a escala distrital y no en función de cada maestro. La evaluación formativa, en cambio, podría considerarse en cierto sentido como de carácter voluntario, puesto que la enseñanza puede prescindir de ella; es parte del proceso docente en donde los maestros, en buena medida, deciden por sí mismos.

Al definirse como una herramienta en el aprendizaje, existe la tendencia de considerar la evaluación formativa como el lado "positivo", mientras que la evaluación sumativa sería lo opuesto. No obstante, cuando se recopila información sobre los estudiantes a nivel individual y no se usa para los propósitos mencionados puede imprimir efectos negativos en la enseñanza y el aprendizaje. En el cuadro 1 se resume la repercusión que tienen algunos de estos usos.

ENORMES IMPLICACIONES DEL USO DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Usar información sobre un grupo completo con el propósito de evaluar a un maestro o una escuela constituye un tema controvertido aunque generalizado. Cuando la información sobre el desempeño de estudiantes a nivel individual se utiliza de esta forma (que a menudo pasa a ser del dominio público y llega a emplearse para influir en la distribución de recursos), se convierte en un elemento de "enorme implicación".

Además, entre mayor trascendencia tenga la repercusión de los resultados de los estudiantes en el estatus, reputación y respaldo que reciba la escuela, mayor será la atención que se preste a asegurar que los indicadores de los logros de los estudiantes sean confiables o "precisos". Esto se traduce en una preferencia por basar los resultados en pruebas, por considerarse tradicionalmente que estas son más confiables que la opinión que puedan formarse los profesores (a pesar de que existen pocas pruebas de facto que respalden este punto de vista). Las pruebas más confiables son aquellas que se centran exclusivamente en preguntas con respuestas "correctas" bien definidas, de tal forma que puedan calificarse con toda precisión (muchas veces por medio de una máquina). Sin embargo, cuanto más confiables son en este sentido, menos reflejan la gama completa de objetivos en términos de educación. Cuando los resultados de estas pruebas adquieren una enorme implicación, es inevitable que la enseñanza se centre en el conocimiento que es objeto de pruebas. Es cuando terminamos enseñando a los estudiantes a pasar pruebas en vez de enseñarles ciencias. (Tomado de Harlen 2001, p. 122).

EVALUACIÓN FORMATIVA

Naturaleza de la evaluación formativa

El único propósito que persigue la evaluación formativa es contribuir al aprendizaje. Para ello, se sirve de un proceso mediante el cual se recopila información sobre los logros alcanzados por los estudiantes en relación con los objetivos de una lección o serie de lecciones en torno a un tema. En otras palabras, parte de lo que los estudiantes ya saben y pueden hacer en relación con los objetivos de un área del aprendizaje en particular y permite tomar decisiones informadas respecto de las medidas que es necesario adoptar en aras del progreso de los estudiantes.

La evaluación formativa puede representarse como un proceso cíclico (como se muestra en la Figura 1, en donde A, B y C representan actividades que permiten a los estudiantes trabajar hacia el logro de objetivos. Si irrumpimos en el ciclo de eventos en curso en la actividad A, se recogerán evidencias durante esta actividad y se interpretarán en términos de los avances logrados hacia la consecución de los objetivos del trabajo en cuestión. Si se siguen las flechas externas alrededor del ciclo en sentido de las manecillas del reloj, es fácil identificar los pasos próximos convenientes y las decisiones respecto de cómo emprenderlos (lo que da paso a la actividad B). Este ciclo se repite y los efectos de las decisiones tomadas en determinado momento se evalúan en un futuro como parte del proceso en marcha.

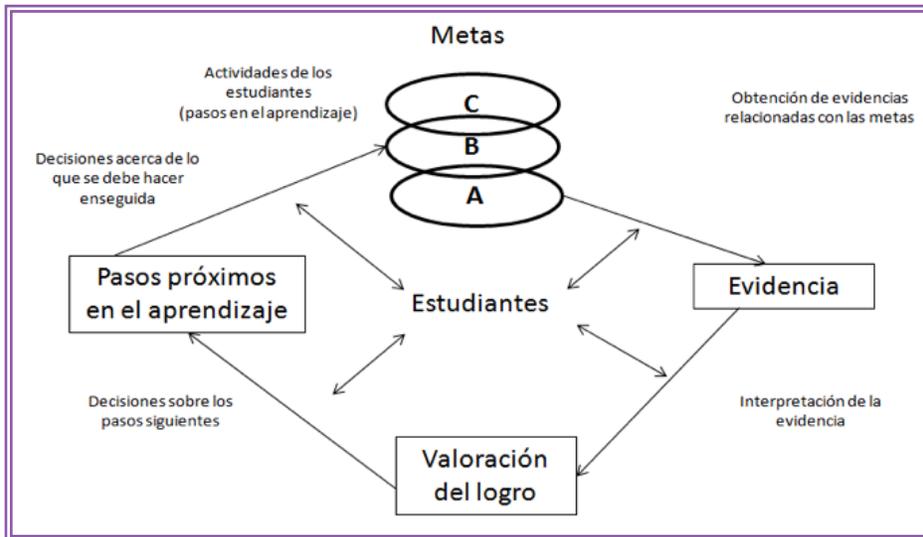


Figura 1. Evaluación formativa como proceso cíclico (adaptado de Harlen, 2006)

Describir el proceso de esta manera lo hace parecer mucho más formal de lo que es en realidad. Las acciones indicadas en los cuadros de la gráfica 1 no representan “etapas” de una lección; constituyen, en cambio, un marco de reflexión en torno a lo que implica concentrarse en qué y cómo están aprendiendo los estudiantes y aprovecharlo en aras de su aprendizaje. Son los estudiantes, por supuesto, quienes han de asumir la acción: sólo ellos pueden llevar a cabo el aprendizaje. Por esta razón, se encuentran en el centro del proceso y las flechas con dos puntas representan el papel que desempeñan, lo mismo como proveedores de datos sugestivos que como receptores de información, lo que pone de relieve el papel tan importante que los estudiantes han de desempeñar en su propia evaluación, a medida que logran comprender el proceso, aprender a trabajar con miras a alcanzar estándares explícitos y modificar lo que hacen en relación con la retroalimentación obtenida de los maestros (Stiggins, 2007)

La importancia de la evaluación formativa para la enseñanza de la ciencia basada en la indagación estriba en la aseveración de que tanto el enfoque indagatorio como la evaluación formativa fomentan una comprensión real e impulsan competencias necesarias para el aprendizaje permanente. Enseñar con el propósito de fomentar la comprensión implica tomar en cuenta las ideas previas y habilidades desarrolladas por los estudiantes y promover la progresión ajustando los desafíos en correspondencia con estas ideas previas. La práctica de la evaluación formativa (por medio de la recopilación de información que realizan maestros y estudiantes sobre el aprendizaje a medida que éste se va presentando, y la retroalimentación de información que ayuda a regular el proceso de enseñanza y aprendizaje) está claramente alineada con los objetivos y la práctica del aprendizaje basado en la indagación. Ello fortalece, además, la apropiación del estudiante de su aprendizaje mediante el fomento de la autoevaluación y la participación en la toma de decisiones relacionadas con los pasos a seguir, lo que le permite asumir parte de la

responsabilidad de su aprendizaje en la escuela y fuera de ella (Harlen, 2013). El proceso de utilizar la evaluación formativa puede implicar tomar decisiones en torno a estudiantes a nivel individual, de equipos o del grupo completo. El cuadro 2 muestra cómo una maestra reúne información sobre el progreso de todo el grupo y la utiliza para tomar decisiones informadas sobre el siguiente paso a seguir.

EVALUACIÓN FORMATIVA PUESTA EN ACCIÓN CON EL GRUPO COMPLETO

Los estudiantes de 4º grado habían dedicado unos 20 minutos a trabajar en pares para encender un foco a partir de una celda sencilla. A fin de reunir sus ideas, la maestra le pidió a cada pareja que dibujara en el pizarrón blanco los circuitos que habían probado, poniendo los que funcionaron en un lugar y los que no funcionaron en otro. Después de la lección, explicó que tenía dos propósitos principales en mente: "Una de las razones por la que los estudiantes dibujaron en el pizarrón era para que vieran la importancia de incluir detalles en sus dibujos, así como para que yo pudiera echar un vistazo y tener básicamente una idea de en qué punto se encontraba el grupo en conjunto. Algunos necesitan un poco de ayuda". Utilizar el pizarrón blanco fue el instrumento que le dio una panorámica del progreso temprano de los estudiantes en la comprensión de los elementos básicos de un circuito y le permitió sopesar si avanzar o dar más tiempo a esta exploración temprana.

Acto seguido pidió a los estudiantes que seleccionaran aquellos circuitos de los que no estaban seguros y regresaran al equipo a tratar de reproducir estos circuitos a partir de los dibujos. De esta forma, los estudiantes identificaron los errores en sus dibujos y la maestra detectó sus confusiones. (Basado en Linda Block, video de GBH, 1997, disponible en: <http://main.wgbh.org/wgbh/learn/scilib/electricity.html>)

La importancia de la evaluación formativa

La importancia de la evaluación formativa se apoya tanto en los resultados de la investigación como en las teorías de aprendizaje.

Lo más destacado de distintas revisiones de investigaciones sobre la evaluación en el salón de clases corresponde a Black y William (1998a). Ellos obtuvieron evidencias de que la evaluación formativa constituye un elemento de suma importancia para aumentar los logros de los estudiantes cuando se reúnen determinadas condiciones. Las características de la práctica en el salón de clase asociadas con estos avances en el aprendizaje fueron las siguientes:

- Los maestros compartieron los objetivos de aprendizaje con los estudiantes.
- Los maestros utilizaron la evaluación para adaptar la enseñanza.
- Los maestros brindaron retroalimentación a los estudiantes en términos de cómo mejorar su trabajo y no en términos de comentarios, calificaciones o resultados que supusieran una emisión de juicios.
- Los estudiantes participaron activamente en el aprendizaje, lo que significó que tuvieron un papel activo en el fomento de su comprensión y no recibieron información de manera pasiva.

- Los estudiantes participaron en la autoevaluación y contribuyeron a decidir los pasos próximos a seguir.
- Los maestros consideraron que todos los estudiantes tenían la capacidad de aprender.

También reportaron que “una evaluación formativa mejorada ayuda más a los (llamados) alumnos de bajo rendimiento que al resto y por ende, reduce la brecha en términos de rendimiento, al mismo tiempo que lo eleva en general” (Black y Wiliam, 1998b).

Las razones teóricas se derivan de las teorías del aprendizaje ampliamente aceptadas que subrayan el papel de los alumnos en la construcción de su propia comprensión. La evaluación formativa supone la participación de los estudiantes en el reconocimiento del punto en el que se encuentran de su avance hacia los objetivos y en la toma de decisiones sobre los pasos a seguir en su aprendizaje. La retroalimentación que reciben los maestros mediante la evaluación formativa cumple una función en el sentido de que regula la enseñanza de tal manera que la velocidad con que se avanza se va ajustando para asegurar la participación activa de los estudiantes. Al igual que en otros procesos regulados, la retroalimentación que se incorpora al sistema constituye un mecanismo de relevancia para garantizar un funcionamiento eficaz. De la misma manera que la retroalimentación de un termostato permite mantener la temperatura de una habitación dentro de un rango determinado, la retroalimentación respecto del aprendizaje ayuda a asegurar que las experiencias nuevas no sean demasiado difíciles ni demasiado fáciles para los estudiantes (Harlen, 2006).

Algunas de las condiciones asociadas con la evaluación formativa no son nuevas: los maestros eficaces siempre las han practicado de manera intuitiva. Sin embargo, al analizar con mayor detenimiento lo que estas condiciones suponen, nos pone en una mejor posición para extender estas prácticas en forma más amplia. En la siguiente sección se verá cómo se llevan a cabo los procesos representados por las flechas en la gráfica 1.

LA EVALUACIÓN FORMATIVA EN LA PRÁCTICA

Recopilación de información

Antes de que podamos decidir cómo se recopilará la información, tenemos que ser claros en cuanto a la información que se necesita para contribuir al aprendizaje en un momento determinado, es decir cuáles son los objetivos de aprendizaje de la lección. Metas demasiado amplias como la “capacidad para planear y llevar a cabo una investigación científica” o “comprender la diversidad y adaptación de los organismos” son demasiado generales como para poderlas alcanzar en una sola lección o incluso en una serie de lecciones sobre un tema en particular. Los objetivos de una lección específica podrían incluir comprender cómo la estructura de una planta o animal en particular se adapta a los lugares en donde puede encontrarse. Esto contribuirá a la consecución de un objetivo más amplio de comprender cómo los organismos vivos, en general, se adaptan

a su hábitat, pero llegar a esta comprensión dependerá de la observación de distintos organismos, los cuales serán tema de otras lecciones a lo largo de los años con sus propios objetivos específicos. De forma similar, las habilidades como planear una investigación científica no se desarrollan en una sola lección, sino más bien en diferentes contextos a través de distintas lecciones y temas. De hecho, una diferencia entre la evaluación formativa y la evaluación sumativa es que esta última tiene que ver con los logros de objetivos a mediano plazo, que no se logran en unas cuantas lecciones sino al cabo de un periodo determinado.

Los métodos de acopio de información para la evaluación formativa se dividen en cuatro rubros principales:

- Formulación de preguntas que motiven a los estudiantes a explicar su razonamiento, más que de preguntas tipo prueba a las que se espera que dé "la respuesta correcta" (preguntando: "¿qué crees que sea...?" y no "¿qué es...?").
- Observación del trabajo regular de los estudiantes (esto incluye escuchar y discutir con ellos).
- Análisis de los productos de su trabajo regular (incluyendo escritos, dibujos, artefactos, acciones y cuadernos).
- Incorporación de actividades especiales en el trabajo de clase (como la elaboración de mapas conceptuales y la asignación de tareas de diagnóstico) y la observación de estudiantes o el análisis de los productos resultantes.

Algunos ejemplos de estos métodos pueden consultarse en Harlen y Qualter (2014). Todos ellos llevados a cabo por los maestros, lo cual es necesario si el maestro ha de emprender acciones con base en la información recogida con el propósito de contribuir al aprendizaje. Cabe destacar, no obstante, que no es el hecho de que los maestros recopilen la información lo que hace que la evaluación sea formativa. Ambas modalidades (formativa y sumativa) pueden basarse en datos obtenidos por los maestros; sin embargo, la evaluación es formativa únicamente cuando la información se utiliza para decidir los pasos a seguir que sean convenientes para los estudiantes y que se adapte la enseñanza en consonancia.

Interpretación de la información y decisión sobre los pasos a seguir

Al momento de reunir información sobre el aprendizaje de los estudiantes mediante cualquiera de los métodos y estrategias enumerados, es fundamental saber qué es lo que se busca, qué elementos son importantes en la charla, los dibujos, el uso de palabras y otros recursos utilizados por los estudiantes que nos dé indicios sobre el progreso que están alcanzando en el desarrollo de habilidades indagatorias, actitudes científicas e ideas clave. Una estrategia que permite tanto atraer la atención hacia comportamientos significativos como decidir cuáles serán los pasos a seguir, es el uso de indicadores, es decir, declaraciones de cómo se manifiestan las habilidades o ideas en

lo que los estudiantes hacen; se recomienda distribuirlos en la medida de lo posible, en una secuencia en la que pueden desarrollarse con mayores probabilidades.

Por ejemplo, estas son algunas cosas que los estudiantes hacen que indican el avance en el desarrollo de habilidades en cuanto a “formulación de preguntas y planeación”:

- Discutir si las preguntas pueden responderse por medio de la investigación.
- Plantear preguntas que se puedan investigar.
- Sugerir cómo comenzar a descubrir el efecto de hacer algo (qué van a cambiar).
- Decidir, con el apoyo de andamiajes, qué observaciones hacer, y qué variables cambiar y no cambiar.
- Determinar detalles relacionados con las opciones de variables y métodos para el acopio de información, incluido el equipo a utilizar.

Analizar la información recopilada, con estos indicadores en mente, permite al maestro determinar cuál ha sido el logro de los estudiantes y qué les falta por lograr en lo que se refiere a estas habilidades. Es importante destacar que no hay calificaciones, resultados, etapas o niveles sugeridos en la interpretación de la información. En la evaluación formativa, no es necesario vincular indicadores a categorías: lo único que se necesita es ver en qué punto se encuentran los estudiantes y qué pasos deberán seguir.

Idealmente, los conjuntos de indicadores se dispondrán en una secuencia que aumente las posibilidades de ser desarrollados por los estudiantes durante los años de educación primaria y secundaria. Sin embargo, no necesariamente será el caso de todo estudiante ni tampoco significa que un paso deba seguir al anterior, como cuando se sube una escalera. La progresión en este caso, en cambio, se asemeja más a juntar las piezas de un rompecabezas (Harlen, 2010). Cada pieza del rompecabezas es necesaria y, si no se coloca en su lugar en un principio, tendrá que incluirse más adelante. Harlen y Qualter (2014) sugieren algunos conjuntos de indicadores para otras habilidades indagatorias, así como para algunas actitudes científicas (como el “respeto por las evidencias” y el “respeto a los seres vivos y el medio ambiente”) y la comprensión conceptual.

Pasos a seguir: retroalimentación

La característica esencial que hace que la evaluación sea formativa es que la evidencia que emana de la interpretación de la información se usa para ayudar a los estudiantes a dar los siguientes pasos en el aprendizaje. Para que esto suceda, las decisiones se incorporan en forma de retroalimentación en el proceso enseñanza-aprendizaje. Esta retroalimentación se dirigirá a los estudiantes y se integrará a la enseñanza; en ambos casos, se requieren acciones por parte del maestro.

Retroalimentación integrada a la enseñanza

La retroalimentación integrada a la enseñanza permite a los maestros realizar ajustes en sus planes o expectativas, a la luz de las respuestas de los alumnos. Las decisiones que los maestros toman cuando planifican una lección pueden no ser siempre las mejores; uno de los mayores valores de usar la evaluación formativa es la oportunidad de revisar y cambiar decisiones de enseñanza. Cuando los estudiantes reaccionan de forma inesperada, tal vez lo mejor será que el maestro cambie el plan en vez de dejarlo intacto y exponerse a una sensación de fracaso en los estudiantes.

Los maestros también obtienen retroalimentación que pueden utilizar en sus prácticas de enseñanza si buscan indicios de que los estudiantes aplican ciertas habilidades o ideas. Si después de numerosas actividades no hay indicios, por ejemplo, de que los estudiantes están planeando investigaciones o formulando sus propias preguntas, un maestro deberá examinar si la variedad de actividades planificadas brinda oportunidades para utilizar y fomentar estas competencias.

Retroalimentación a los estudiantes

La retroalimentación que hace el maestro es un vehículo importante para permitir a los estudiantes saber cómo mejorar su trabajo, pero su eficacia dependerá de la forma en que se realiza la retroalimentación. Con frecuencia, los maestros brindan retroalimentación sobre cuán bien se ha realizado una actividad utilizando una calificación, un resultado o un comentario en el que se emite un juicio. Hallazgos de investigaciones (Budd Rowe, 1974) respaldan la experiencia de maestros eficaces y sensibles que demuestran que poner una calificación no mejora el aprendizaje. Acompañar con algún comentario las calificaciones resulta tan ineficaz como sólo poner calificaciones, puesto que la atención de los estudiantes se centrará en cuán bien se desempeñaron y se ignorarán los comentarios. Únicamente aquellos que recibieron calificaciones altas se sienten bien con el resultado, mientras que los demás sienten que se les ha etiquetado como "deficientes".

Un elemento que sí mejora tanto el interés como los logros es aportar comentarios que no emitan juicios y que indiquen la manera en que pueden realizarse mejoras. De hecho, el punto más importante que se deriva de estudios de investigación y de la experiencia de una práctica eficaz consiste en una distinción entre la retroalimentación que aporta información sin emitir juicios y aquella que emite juicios.

La retroalimentación que aporta información sin emitir juicios:

- Se centra en la tarea, no en la persona;
- Motiva a los estudiantes a pensar en el trabajo y no en cuán "buenos" son, y
- Sugiere qué hacer a continuación y brinda ideas sobre cómo hacerlo.

La retroalimentación que emite juicios:

- Se expresa en términos de cuán bien se ha desempeñado el estudiante y no en cuán bien se ha realizado el trabajo;
- Emite un juicio que invita a los estudiantes a etiquetarse a sí mismos, y
- Con frecuencia se transmite en forma de calificación o resultado que los estudiantes usan para compararse entre sí.

Curiosamente, los elogios entran dentro de la categoría en la que se emiten juicios: hacen sentir a los estudiantes que se están desempeñando bien, pero no necesariamente les ayuda a desempeñarse mejor. Está bien reconocer lo acertado de un trabajo, si refuerza los objetivos, pero el elogio en sí no mejorará el aprendizaje. Además, el elogio indiscriminado (en el que cualquier respuesta se recibe con un "¡excelente!", "¡fantástico!") estimula respuestas fáciles más que razonadas (Dweck, 2000). Por ello, es importante que, cuando se brinda retroalimentación, los comentarios positivos se equilibren con algunas sugerencias para mejorar, como la estrategia de "two stars and a wish" [dos estrellas y un deseo] (Black y Harrison, 2004). Los estudiantes se sienten más motivados con comentarios y preguntas que les ayudan a reflexionar sobre su trabajo, a darse cuenta de lo que pueden hacer para mejorarlo y que les ayudan a lograrlo, tales como:

"¿Cómo decidiste cuál era el mejor...?"

"¿Hay alguna otra forma de explicarlo si pensamos qué pasó cuando...?"

"La próxima vez, imagina que alguien más va a usar tu dibujo para armar el circuito asegúrate de decirles con toda claridad qué tienen que hacer."

EL PAPEL DE LOS ESTUDIANTES EN LA EVALUACIÓN FORMATIVA

Poner al estudiante en el centro del ciclo de la evaluación formativa (figura 1) centra la atención en la función crucial que desempeñan en la educación basada en la indagación. Los educandos, en cualquier caso, son responsables del aprendizaje, pero el hecho de que asuman la responsabilidad de la misma dependerá de su participación en las decisiones representadas por las flechas de dos puntas en la figura 1. Las flechas que apuntan hacia dentro indican que los estudiantes son el tema central de las decisiones de los maestros en términos de objetivos, evidencias, interpretación, etcétera. Las flechas que apuntan hacia fuera indican el papel de los estudiantes en todas estas decisiones.

Aunque de manera general se le conoce como "autoevaluación", dado que la atención deberá centrarse en la actividad y su resultado más que en "uno mismo", es más preciso referirse a este tipo de evaluación como "estudiantes que participan en la evaluación formativa de su trabajo". Expresado de esta manera, comprende la evaluación del trabajo que hace uno del otro, lo que puede ser de gran valor. Así, la participación de los estudiantes en la evaluación supone lo siguiente: revisar lo que han hecho, interpretar sus avances en función de la consecución de los objetivos y los estándares de calidad, y formar parte de la toma de decisiones de los pasos a seguir. Una buena parte de estos procesos depende, al igual que para los maestros, de saber hacia dónde dirigirse:

los objetivos de sus actividades en términos de aprendizaje. Es importante, entonces, considerar cómo comunicar los objetivos a los estudiantes.

Comunicación de objetivos

Cuando una persona trata de aprender algo o mejorar su desempeño, ya sea una actividad física, como practicar un deporte, o una actividad mental, como aprender otro idioma, nos gusta saber qué tan bien lo estamos logrando. Pero sólo podremos evaluar nuestro progreso si tenemos una noción clara de la meta hacia la que nos dirigimos. Pasa igual con los estudiantes: necesitan estar conscientes de cuáles son los objetivos de su aprendizaje. Sin embargo, como se ilustra en el cuadro 3, con frecuencia los estudiantes no tienen una noción clara del propósito de sus actividades. Por ello, las actividades en el salón de clases les parecen una serie de ejercicios sin conexión y, muchas veces, sin sentido.

INCOMPRESIÓN DEL OBJETIVO

En un grupo de estudiantes de 11 años de edad se dedicaron tres lecciones a tratar de averiguar cuál era el más resistente de entre tres tipos de papel. Después de la lección, un observador entrevistó a los niños:

Entrevistador: En tu opinión, ¿qué aprendiste de las investigaciones que realizaste?

Roberto: ...que el papel cuadriculado es el más resistente, aquel verde.

Entrevistador: Correcto. ¿Es todo?

Roberto: Mhm....

Entrevistador: Pasaron tres lecciones haciendo eso; parecería mucho tiempo dedicado a averiguar que el papel cuadriculado es más resistente.

Jaime: ...Sí, y también descubrimos cuáles... papeles son más resistentes. No solo el cuadriculado; todos ellos.

Al parecer los estudiantes, a diferencia de su maestro, no estaban conscientes del proceso de investigación como un objetivo de aprendizaje. Parece razonable presuponer que, de haber estado conscientes de este objetivo, habrían reflexionado más sobre la manera en que estaban investigando, alcanzado mayor satisfacción en la investigación y logrado mayores avances hacia la consecución del objetivo que el maestro tenía en mente, pero que no había compartido con los alumnos.

En las actividades en materia científica, deben comunicarse tanto los objetivos relacionados con la comprensión (objetivos conceptuales) como aquellos relacionados con las habilidades indagatorias (objetivos basados en habilidades). Dado que el objetivo de la mayoría de las actividades es ayudar a que los estudiantes piensen por sí mismos, en ambos casos deberá evitarse decirles qué hacer. Con el objeto de considerar cómo hacerlo y cómo no hacerlo, tómese el ejemplo de una actividad donde el objetivo que tiene pensado el maestro es que los estudiantes "planifiquen y lleven a cabo una investigación sobre las propiedades de aislamiento térmico de los materiales". El objetivo no puede

compartirse con los estudiantes de esta forma; tiene que traducirse a un idioma en el que pueda comunicarse a los estudiantes sin decirles qué deben hacer o lo que descubrirán. Decir "vas a usar los diferentes materiales para envolver cubos de hielo y ver cuánto tardan en derretirse" reduciría la actividad a seguir instrucciones. En cambio, "vas a descubrir cuán bien los diferentes materiales evitan que el hielo se derrita" les da a los estudiantes una razón para realizar la actividad en términos de lo que van a "aprender". En esta actividad, también se persigue un objetivo de desarrollo de habilidades que es necesario transmitir para evitar la confusión que sucedió en el ejemplo del cuadro 3. De esta forma, otro mensaje para los estudiantes sería "piensen qué necesitan hacer para asegurarse de que los materiales se sometan a suficientes pruebas".

No basta, sin embargo, con hablar de los objetivos únicamente al principio de una actividad. El propósito de lo que están llevando a cabo necesita reforzarse durante la actividad y al término de la misma. Asegurarse de que en la discusión de los resultados se retomen estas intenciones ayudará a establecer el patrón de tomar con toda seriedad el objetivo y trabajar con miras a alcanzar el aprendizaje esperado.

Comunicación de estándares de calidad

Así como deben conocer los objetivos, es necesario también que los estudiantes tengan cierta idea del estándar o calidad del trabajo al que se aspira. Este es un factor clave para permitir a los alumnos evaluar su trabajo y darse cuenta de cómo pueden mejorarlo. Para lograrlo, necesitan compartir lo que el maestro entiende por "un buen trabajo". Por ejemplo, si van a preparar un informe de su investigación, no cualquier informe logrará el objetivo, será más bien aquel que cumpla con determinados criterios y refleje lo que puede esperarse de los estudiantes en una etapa específica. Comunicar estos estándares de calidad supone una tarea bastante difícil en el ámbito de la ciencia, pero se han formulado algunas estrategias útiles con base en ejemplos, lluvia de ideas y discusión en torno a lo que es "un trabajo óptimo".

Uso de ejemplos

Una maestra de estudiantes de diez años de edad dedicó tiempo suficiente al inicio del año a discutir con su grupo lo que constituía un "buen" informe de una investigación científica. La maestra dio a cada grupo de estudiantes dos ejemplos anónimos de los escritos de estudiantes sobre una investigación. Uno de ellos era un reporte claro, bien estructurado, de tal manera que el lector podía entender lo que se había llevado a cabo, aunque el escrito no era fluido y había algunos errores de ortografía; incluía diagramas con subtítulos que facilitaban la descripción. Los resultados estaban en un cuadro y el autor había dicho lo que pensaba que significaban, aunque admitía que los resultados no respondían plenamente la pregunta inicial. Incluía un comentario sobre cómo hubieran podido mejorarse las cosas. El otro reporte estaba bien organizado y era atractivo a la vista (los diagramas eran de colores mas no tenían subtítulos), pero en cuanto a

contenido, comprendía sólo algunos de los aspectos que presentaba el otro reporte. La maestra pidió a los estudiantes que compararan ambos trabajos y que hicieran una lista con los aspectos positivos y deficientes de cada uno. Luego se les pidió que dijeran cuáles eran los elementos más importantes de un "buen" informe. Recopiló todas las ideas y agregó sus puntos de vista con los cuales los estudiantes estuvieron de acuerdo.

Lluvia de ideas

Se trata de una variante al uso de ejemplos, cuyo propósito es recoger las opiniones de los alumnos en cuanto a las características de un trabajo de buena calidad. Un maestro que pidió a sus estudiantes de doce años de edad que planificaran cómo probar sus ideas primero que nada discutió lo que implicaba planificar una investigación. ¿Cómo procedería un científico para probar una posible idea? Les presentó palabras como predicción, observación e interpretación, y todo el grupo tuvo una lluvia de ideas sobre lo que necesitaban considerar al momento de elaborar un plan: qué equipo utilizar, qué observar y cómo interpretar lo descubierto. Como resultado, el grupo elaboró una lista que ellos mismos podrían utilizar para preparar sus planes, así como para comentar los planes de los demás. Se puede invitar a los estudiantes a usar esa lista como herramienta de autoevaluación. De esta forma, no dependen del maestro ni de otros para juzgar su trabajo y, en cambio, asumen la responsabilidad de asegurarse de que cumple con los estándares requeridos en la medida de lo posible.

Discusión de lo que supone un trabajo óptimo

Esta estrategia puede usarse con estudiantes a partir del 3º grado. Se inicia con la selección de los estudiantes de sus "mejores" trabajos para colocarlos en un fólder o una bolsa. Una parte del tiempo dedicado a colocar en bolsas los trabajos deberá reservarse para que el maestro platique con cada estudiante sobre la razón por la cual se seleccionaron determinados trabajos. En esta discusión, se esclarecerá la forma en que los estudiantes están juzgando la calidad de sus trabajos. Para descubrir los criterios que los estudiantes aplican, el maestro puede formular las siguientes preguntas: "¿Qué fue lo que te gustó particularmente de este trabajo?" El maestro puede sugerir criterios alternativos o adicionales, si es necesario, por medio de comentarios sobre el trabajo, como: "Esa fue una buena forma de mostrar los resultados que obtuviste. De un vistazo, puedo ver cuál fue el mejor". "Me da gusto que consideraras que esta fue tu mejor investigación porque, aunque no obtuviste el resultado que esperabas, lo hiciste con mucho cuidado y te aseguraste de que el resultado fuera honesto". Los estudiantes de mayor edad pueden integrar un portafolio con trabajos que demuestren lo que son capaces de hacer. Una vez más, discutir las razones que motivaron sus elecciones reflejará su comprensión de lo que es un trabajo de "buena calidad".

Papel de los estudiantes en la toma de decisiones y su involucramiento en los pasos a seguir

Cuando los estudiantes tienen una opinión respecto de lo que deben hacer y cuán bien deberían hacerlo, están en una posición de poder tomar parte en la toma de decisiones sobre los pasos a seguir. Al utilizar la palabra "tomar parte", se reconoce que la responsabilidad de contribuir al aprendizaje de los alumnos recae, en última instancia, en el maestro. Sin embargo, "tomar parte" significa que los estudiantes entienden por qué se les pide hacer determinadas cosas y tienen una noción firme de lo que deben hacer. Además, es probable que su participación se traduzca en una mayor motivación por el trabajo.

La evaluación para el aprendizaje aporta a estudiantes y maestros, información comprensible que pueden utilizar inmediatamente para mejorar el desempeño. En este contexto, los estudiantes se convierten tanto en autoevaluadores como en usuarios de información de la evaluación. A medida que experimentan y comprenden sus propios avances a lo largo del tiempo, los educandos empiezan a sentir que el éxito está a su alcance si siguen intentándolo. Establecer discusiones regulares con los grupos sobre sus trabajos y los posibles pasos a seguir, es sumamente valioso para el maestro y los estudiantes. Como se describe en el cuadro 4.

PARTICIPACIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN LA DECISIÓN DE LOS PASOS A SEGUIR

Me doy el tiempo de sentarme con cada uno de los grupos después de una actividad para platicar sobre las dificultades con las que se toparon, en su opinión qué hicieron bien y qué podrían haber hecho mejor. Les pregunto si consideraron algún aspecto en particular en relación con los procesos y después, sobre cómo explican sus resultados. Esto es muy importante para mí porque quizás no haya seguido cada uno de los pasos de su investigación y me ayuda a identificar cuánto han avanzado desde su trabajo anterior y si han seguido los pasos que habíamos convenido previamente. Luego les hago preguntas que indican desde mi punto de vista lo que necesitan hacer, pero lo expreso en forma de preguntas, que en realidad les ayudan a identificar lo que van a hacer. Les hago preguntas como "¿qué puedes hacer en tu próxima investigación para verificar los resultados obtenidos?", "¿Conforme vas avanzando, qué tipo de notas podrías tomar que te brinden la información necesaria para preparar un reporte al final?" "¿Dónde podrías encontrar más información para explicar lo que descubriste?"

El tiempo que esto toma está más que bien invertido, puesto que reduce la necesidad de repetir explicaciones de lo que los estudiantes van a hacer, pues ya lo saben, al haber participado en la decisión. La maestra del ejemplo en el cuadro 4 trata al grupo como una unidad de aprendizaje y los alienta a ayudarse entre sí. Dado que el propósito de la evaluación es formativo y porque aprenden en grupo, las decisiones que se toman en conjunto revisten una gran importancia para su aprendizaje. Sin embargo, la maestra también considera el trabajo de cada estudiante en forma individual y se asegura de que reconozcan los pasos a seguir para el aprendizaje.

Otros maestros utilizan una forma de estrategia de "semáforo", derivada de los trabajos de Black et al. (2003) para implementar la evaluación formativa. Se reparten entre los alumnos tarjetas o etiquetas adhesivas de tres colores distintos, que mostrarán para registrar su autoevaluación del concepto o habilidad que están aprendiendo: las verdes corresponden a "entiendo esto muy bien"; las amarillas a "lo entiendo bastante bien, pero no estaría mal algo de ayuda"; y las rojas a "no lo entiendo. Necesito ayuda". Cuando los alumnos levantan sus tarjetas, el maestro tiene una panorámica de la autoevaluación de los alumnos y puede decidir si el grupo está listo para seguir adelante. También resulta de mucha utilidad poner en parejas a estudiantes "verdes" con aquellos que necesitan algo de ayuda "amarillos"; lo cual permite al maestro prestar más atención a aquellos con mayores dificultades (Keeley, 2008).

Evaluación entre pares

En este contexto, la evaluación entre pares significa que los estudiantes se ayudan entre sí en su aprendizaje al sugerir los pasos a seguir para mejorar su trabajo. Poner a trabajar a los estudiantes en parejas para que platiquen entre sí sobre sus respectivos trabajos les exige repasar lo realizado y encontrar las palabras adecuadas para describirlo sin la presión que genera la relación desigual entre los estudiantes (principiantes) y el maestro (experto). Esto también guarda consonancia con entender el aprendizaje como la generación de ideas a partir de la interacción social, al igual que de la interacción con los materiales, y puede ayudar a los alumnos a respetar las respectivas fortalezas, sobre todo si se cambian las parejas en distintas ocasiones.

Las habilidades necesarias tanto para la autoevaluación como para la evaluación entre pares deben aprenderse. La discusión en parejas deberá ser estructurada, al menos cuando es nueva para los estudiantes. Por ejemplo, puede pedirse a los estudiantes que intercambien trabajos y luego piensen en dos o tres preguntas que reflejen los criterios de calidad de los mismos: "¿La conclusión ayuda a responder la pregunta que se estaba investigando?", "¿qué ayudaría a hacer más claro lo que pasó (un diagrama o series de dibujos)?" Después de sostener una discusión así, una alumna expresó lo siguiente respecto de la evaluación que otro estudiante hizo de su trabajo:

"Dijo que había sido difícil entender mi investigación, así que le pregunté qué cosa habría yo podido poner para que la pudiera entender. La próxima vez, me aseguraré de describir las cosas con mayor claridad."

Cabe mencionar una advertencia importante: la evaluación entre pares requiere claramente una atmósfera en el grupo donde se fomenten la cooperación y colaboración, más que la competencia. Si no se utiliza con sensibilidad e intenciones positivas, el proceso puede ser desmotivador para algunos estudiantes.

EN CONCLUSIÓN

En este capítulo se han presentado argumentos a favor de que la evaluación formativa forme parte integral de la enseñanza, con una función particular en la educación científica basada en la indagación. El papel del maestro radica en facilitar el aprendizaje, al garantizar que las actividades suponen el grado correcto de desafíos para generar ideas y fomentar habilidades. Esto significa conocer en qué punto se encuentran los estudiantes en su desarrollo y saber cómo impulsarlos para que avancen. Una parte importante de este proceso es ayudar a los estudiantes a reconocer los objetivos de una actividad y cómo formarse una opinión respecto de la consecución de esos objetivos, permitiendo a los estudiantes encauzar sus esfuerzos productivamente. Emplear la evaluación de esta manera es una práctica continua; no es algo que suceda después del aprendizaje, como en el caso de la evaluación sumativa y, por ello, deberá incorporarse a los programas y guías que utilizan los maestros.

Entre los puntos fundamentales que efectúan los maestros al momento de aplicar la evaluación formativa destacan los siguientes:

- Asegurar que los estudiantes conocen con claridad cuáles son los objetivos de aprendizaje de actividades específicas.
- Verificar que los estudiantes saben qué están tratando de hacer o aprender, durante las actividades.
- Utilizar la información recopilada durante las actividades para decidir:
 - en qué punto se encuentran los estudiantes respecto de los objetivos de la lección o el tema;
 - los pasos a seguir, y
 - qué ayuda requieren para seguir dichos pasos.
- Ayudar a los estudiantes a identificar los estándares que aspirarán alcanzar en su trabajo.
- Apoyar a los estudiantes mediante una retroalimentación que no emita juicios e indique los pasos a seguir para mejorar o avanzar en su aprendizaje.
- Brindar oportunidades para que los estudiantes puedan evaluar su comprensión y sus habilidades y en caso de ser necesario pidan ayuda.

REFERENCIAS

- Black, P. y C. Harrison, C. (2004), *Science Inside the Black Box*, Londres, GL Assessment.
- Black, P., C. Harrison, C. Lee, B. Marshall y D. Wiliam (2003), *Assessment for Learning: Putting It into Practice*, Maidenhead, Reino Unido, Open University Press.
- Black, P. y D. Wiliam (1998a), "Assessment and Classroom Learning", en: *Assessment in Education* 5(1), pp. 7-74.
- Black, P. y D. Wiliam (1998b), *Inside the Black Box*, Londres, GL Assessment.
- Budd Rowe, M. (1974), "Relation of Wait-Time and Rewards to the Development of Language, Logic and Fate Control: Part II", en: *Journal of Research in Science Teaching* 11(4), pp. 291-308.
- Dweck, C. S. (2000), *Self-Theories: Their Role in Motivation, Personality, and Development*, Filadelfia, Psychology Press.
- Earl, L. M. (2003), *Assessment as Learning Using Classroom Assessment to Maximize Student Learning*, Thousand Oaks, California, Corwin Press.
- Harlen, W. (2001), *Primary Science: Taking the Plunge*, 2a. edición, Portsmouth, Nuevo Hampshire, Heinemann.
- Harlen, W. (2006), *Teaching, Learning, and Assessing Science 5-12*, 4a. edición, Londres, Sage.
- Harlen, W., ed. (2010), *Principles and Big Ideas of Science Education*, Hatfield, Hertfordshire, Association for Science Education.
- Harlen, W. (2013), *Assessment and Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*, Trieste, Italia, Global Network of Science Academies (IAP).
- Harlen, W. y A. Qualter (2014), *The Teaching of Primary Science*, 6a. edición, Londres, Routledge.
- Keeley, P. (2008), *Science Formation Assessment: 75 Practical Strategies for Linking Assessment, Instruction and Learning*, publicación conjunta con la National Science Teachers Association (NSTA) [Asociación Nacional de Maestros de Ciencias], Thousand Oaks, California, Corwin Press.
- Stiggins, R. J. (2007), "Assessment Through the Student's Eyes", en: *Educational Leadership* 64(8), pp. 22-26.

MARÍA FIGUEROA

Se formó como Bióloga en la Universidad de los Andes y obtuvo la Maestría en Educación en Ciencias del Teacher's College por parte de la Universidad de Columbia. Tiene un Doctorado en Educación con énfasis en Evaluación de la Universidad de Stanford. Desde el 2001 hasta 2006 se desempeñó como coordinadora de la formación de profesores del Proyecto Pequeños Científicos en Colombia.

Actualmente es Decana de Educación de la Universidad Externado de Colombia y brinda asesoría al Instituto de Evaluación de Colombia en varios proyectos.



LA EVALUACIÓN SUMATIVA Y LA MEDICIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES EN CIENCIAS



La enseñanza de las ciencias ha cambiado de una aproximación basada en textos a una enfocada en actividades (enfoque práctico). Esto ha generado un aumento en la investigación y desarrollo de distintos tipos de evaluaciones. La evaluación del aprendizaje de ciencias requiere instrumentos y técnicas que están alineadas con la metodología utilizada y con la profundidad y complejidad de lo que los estudiantes entienden y pueden hacer en esta disciplina. Por lo tanto, las evaluaciones deben incluir un amplio rango de tipos de pruebas, formatos e instrumentos. Este estudio compara los resultados de los estudiantes de 5º grado, utilizando tres tipos de instrumentos diferentes después de estudiar una unidad en circuitos eléctricos usando un enfoque basado en la indagación. El aprendizaje de los estudiantes fue evaluado mediante una prueba de opción múltiple, una prueba de desempeño y una prueba de desempeño basada en computadora. Teniendo en cuenta los cambios en la forma en que se enseña ciencia, la comparación de estos tres instrumentos ofrece información útil acerca de la viabilidad, factibilidad y funcionalidad de utilizar diferentes pruebas para medir el conocimiento y las habilidades de los estudiantes en ciencias. Un análisis adicional es realizado comparando la inter-cambiabilidad de los dos tipos de pruebas de desempeño, con implicaciones en el salón de clases y la implementación a gran escala de estas pruebas.

PALABRAS CLAVE

Pruebas en ciencias
Pruebas de desempeño
Simulación por computadora
Pruebas de opción múltiple
Circuitos eléctricos

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La enseñanza en ciencias ha ido cambiando de una aproximación basada en textos a una basada en actividades o en indagación (enfoque práctico). Debido a que las metodologías utilizadas para enseñar ciencias han variado, la forma en que evaluamos lo que los estudiantes están aprendiendo también necesita ser modificada. Los distintos enfoques en metodología y en la evaluación de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias han generado un aumento en la investigación y en el desarrollo de diferentes tipos de evaluaciones (Ayala, Shavelson, Lin and Shultz, 2002; Haertl, 1999; Shavelson, Baxter and Pine, 1992). Algunas de estas pruebas incluyen pruebas de opción múltiple, preguntas abiertas y pruebas de desempeño. Entender si estas pruebas se pueden correlacionar puede ofrecer información adicional acerca de la investigación de la evaluación de ciencias.

Este estudio mide el conocimiento de los estudiantes utilizando dos tipos distintos de pruebas: una es un examen de preguntas de opción múltiple que incluye preguntas abiertas y la otra es una prueba de desempeño que tiene dos formatos (práctica y en computadora).

Los beneficios de las pruebas de desempeño han sido bien documentados: Ayala (2002) menciona que las pruebas de desempeño de ciencias pueden medir distintos tipos de conocimientos incluyendo declarativo, procedimental y esquemático. Ruiz-Primo y Shavelson (1996) argumentan que este tipo de pruebas producen altos niveles de procesos de razonamiento, ya que están estrechamente relacionadas con lo que los estudiantes y científicos hacen en el laboratorio. Haertel (1999) explica que estas pruebas no solo muestran cómo aprenden los estudiantes, sino también, que los estudiantes muestran un mayor compromiso con el aprendizaje. Elliot (1995) establece que las pruebas de desempeño ofrecen evidencia de lo que saben y pueden hacer los estudiantes. Quellmatz (1999) dice que la evidencia recolectada durante el desempeño, ofrece perspectivas acerca de la forma de pensar de los estudiantes y al mismo tiempo introduce a los estudiantes a problemas auténticos del mundo real, lo cual les permite mostrar cómo pueden aplicar el conocimiento académico a situaciones prácticas. Por las razones mencionadas anteriormente, las pruebas de desempeño son alternativas para medir el conocimiento de los estudiantes en circuitos eléctricos.

La comparación de resultados en dos tipos de pruebas de desempeño y la prueba de opción múltiple pueden ofrecer información relacionada con los usos de estos tipos de instrumentos y su factibilidad de aplicarlos e intercambiarlos en un esfuerzo por evaluar el conocimiento de los estudiantes en ciencias.

MÉTODOS

Participantes y Contexto de la Escuela

Los participantes del estudio eran estudiantes de 5º grado de cuatro escuelas públicas colombianas. Estas escuelas están ubicadas en barrios de muy bajo estrato socio-económico (SES por sus siglas en inglés) en Bogotá, Colombia. Cada escuela tiene

aproximadamente 1,200 estudiantes de K-11, con un promedio de 40 estudiantes en cada salón de clases. Las comunidades que componen el cuerpo estudiantil de estas escuelas tienen varios problemas incluyendo mala nutrición, violencia inter-familiar, abuso sexual, uso de drogas y una baja motivación para el estudio. Las edades de los estudiantes que participaron en el estudio están en un rango entre los 10 y 12 años de edad. Dos clases fueron seleccionadas en cada escuela. Cada una de estas clases tiene el mismo profesor, ya que solo hay un profesor de ciencias en 5º grado en cada escuela.

Descripción de los Instrumentos Utilizados

Instrumento 1. Preguntas de Opción Múltiple y Preguntas Abiertas

La construcción de las pruebas de lápiz y papel fue organizada en varios pasos:

1) desarrollo de reactivos; 2) realización de pilotos de los ítems (reactivos) y validación mediante sesiones de pensamiento en voz alta; y 3) revisión de los reactivos.

Desarrollo de reactivos

Los reactivos utilizados en esta evaluación vienen de distintas fuentes. Algunas de las preguntas fueron desarrolladas durante un taller de seis días con los profesores, científicos y educadores de ciencias. Los participantes del taller fueron guiados para desarrollar dos tipos de preguntas: algunas que estuvieran cerca al módulo de circuitos eléctricos (proximales) y otras que coincidieran con los estándares de educación nacional en Colombia (distales).

Los participantes también fueron dirigidos a desarrollar reactivos que le apuntaran a tres tipos de conocimiento: 1) conocimiento declarativo (conocimiento factual y conceptual) o "saber qué" (ej. ¿Qué materiales conducen la electricidad?); 2) conocimiento procedimental (investigaciones paso a paso) o "saber cómo" (ej. cómo interpretar una gráfica); y 3) conocimiento esquemático (conocimiento utilizado para razonar acerca de) o "saber por qué" (ej. explicar ¿por qué un bombillo (foco) en un circuito puede apagar todos los otros bombillos en el mismo circuito?)

Otros reactivos distales fueron proporcionados por el ICFES, el Instituto Colombiano que lleva a cabo todas las pruebas estandarizadas en el país.

Pruebas piloto y sesiones de pensamiento en voz alta

Los reactivos fueron evaluados en diferentes estudios pilotos incluyendo uno en Panamá que ofreció información acerca de la dificultad de las preguntas; otro en una ciudad cercana a Bogotá, un tercero en la ciudad de Cali y el cuarto en Bogotá. Las preguntas usadas en cada piloto fueron analizadas utilizando el software estadístico Iteman (Item Analysis) con el propósito de identificar reactivos que no estuvieran trabajando lo suficientemente bien, como también la confiabilidad de los puntajes. A través de Iteman se obtuvo información sobre el nivel de dificultad de los reactivos, es decir qué porcentaje de estudiantes contestaba correctamente una pregunta.

Revisión de reactivos

La información recolectada en los estudios pilotos y en las sesiones de pensamiento en voz alta, permitieron una selección final y mejora de las preguntas y su clasificación. El instrumento final consistía en una prueba de papel y lápiz compuesta de 33 preguntas, 31 de opción múltiple y 2 preguntas abiertas. Con el fin de contrarrestar el efecto del orden de las preguntas, se elaboraron tres cuadernillos. La confiabilidad de los resultados de esta prueba fue de 0.72.

Administración de la prueba y recolección de datos

Cuatro estudiantes de Maestría en Educación fueron entrenados para la implementación de esta prueba. Todos los encargados de administrar la prueba participaron en una capacitación de cuatro horas donde recibieron y leyeron un manual de implementación de la prueba y se les entregó información logística y técnica acerca de la recolección de datos. La capacitación y el manual tenían como objetivo estandarizar la administración del examen y unificar las instrucciones y el protocolo. Todas las pruebas fueron realizadas bajo condiciones estandarizadas de evaluación, lo que implica que en cada salón había dos administradores de la prueba que seguían las instrucciones del manual de aplicación. Además en caso de presentarse alguna irregularidad durante la implementación del Instrumento 1 (Preguntas de Opción Múltiple y Preguntas Abiertas), la reportaban en el formato específico para irregularidades.

Instrumento 2. Prueba de Desempeño Práctica

Descripción del instrumento

La prueba de desempeño de circuitos eléctricos fue tomada de la página web del Laboratorio de Evaluación de Educación de Stanford (<http://www.stanford.edu/dept/SUSE/SEAL/Assessments>) y traducida al español. En general una prueba de desempeño incluye un reto, una respuesta y un sistema de calificación. En este caso, el reto consistía en que el estudiante identificara el elemento (pila, foco, cable o dos pilas) guardado dentro de una caja negra. Para identificar que contenía cada caja el alumno tenía diferentes materiales tales como cables, focos y pilas, para realizar diferentes circuitos con la caja e inferir su contenido. Los estudiantes no tenían ninguna especificación de los pasos a seguir, así que dependía tanto de sus habilidades y de sus conocimientos la resolución de la prueba de desempeño. Las respuestas eran registradas en un cuaderno y recolectadas después al final de la aplicación.

Pruebas piloto y sesiones de pensamiento en voz alta

Con el propósito de revisar la claridad del lenguaje, el cual pudo haber sido afectado durante la traducción, la prueba de desempeño fue piloteada con estudiantes de 6º grado. Les solicitamos a los estudiantes expresar en voz alta lo que pensaban mientras completaban la prueba.

Administración de la prueba y recolección de datos

Se seleccionaron estudiantes después de haber respondido a la prueba de papel y lápiz. De cada escuela se seleccionaron los diez estudiantes con el desempeño más alto y los diez con el desempeño más bajo para que participaran en las pruebas de desempeño. De esta manera se obtenía información sobre estudiantes con desempeños que abarcan un abanico de posibilidades. Los estudiantes fueron asignados al azar para comenzar con la prueba práctica o la simulación en computadora.

Instrumento 3. Prueba de Desempeño: Simulación en Computadora

Descripción del instrumento

La prueba de desempeño de simulación en computadora fue desarrollada con base en la prueba de desempeño práctica. El desarrollo tomó aproximadamente cuatro meses, incluyendo revisiones y pruebas piloto. Los programadores trabajaron directamente con nosotros para replicar la prueba de desempeño práctica de circuitos eléctricos lo más fielmente posible. Sin embargo, las etiquetas en las cajas de la simulación en computadora eran diferentes que las etiquetas en la prueba de desempeño práctica (ej. Caja D en la simulación de computadora era equivalente a la Caja A en la prueba práctica) para evitar que los estudiantes contestaran según lo recordado en una u otra prueba. La prueba es en español y tiene audio para ayudar a los estudiantes a seguir las instrucciones. Una imagen de la pantalla de la simulación de computadora se presenta en la Figura 1.

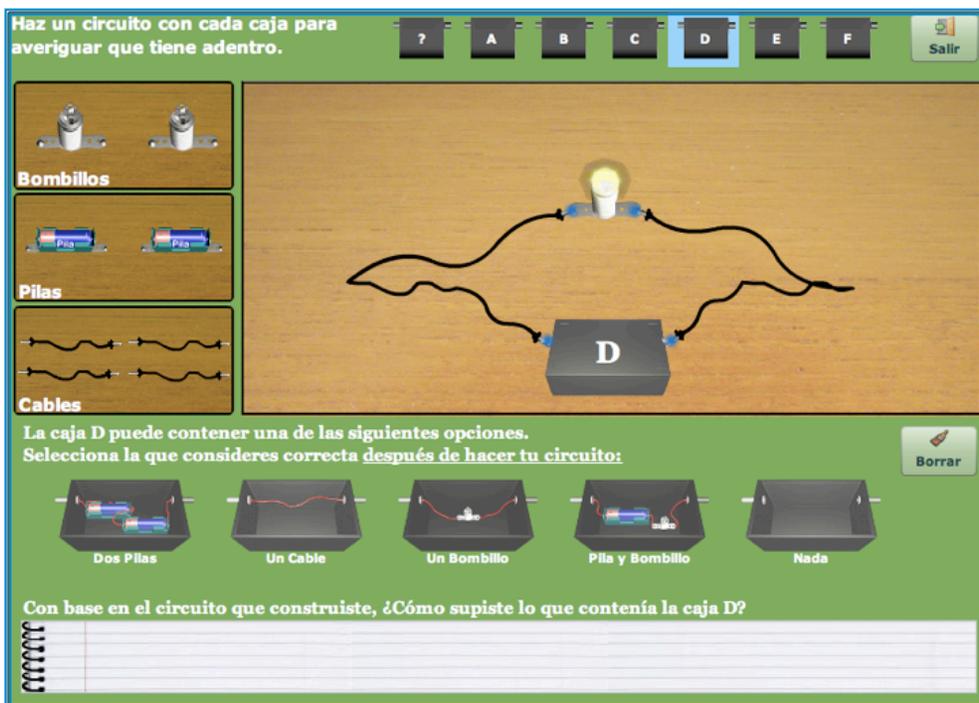


Figura 1. Imagen de Pantalla de la Prueba de Desempeño de Simulación en Computadora

Pruebas Pilotos

La prueba fue piloteada con estudiantes de sexto grado. Después de los pilotos se les solicitó a los estudiantes que proporcionaran retroalimentación en una entrevista, la cual fue grabada. La información fue entonces utilizada para afinar la prueba.

Análisis de datos

Para analizar la información se usaron los resultados de los estudiantes en las tres pruebas mencionadas anteriormente. Se hicieron correlaciones para ver que tan asociados estaban los diferentes instrumentos entre sí, buscando si por ejemplo, las pruebas de desempeño estaban estrechamente relacionadas entre ellas. Como se tenía información gracias a la validación sobre el tipo de conocimiento (declarativo, procedimental y esquemático) que le apuntaba a cada pregunta del instrumento 1 se pudieron también realizar correlaciones entre los tipos de conocimiento y las pruebas de desempeño al cruzarlas con la prueba de selección múltiple y preguntas abiertas.

Resultados

Se compararon los puntajes totales de los tres instrumentos: prueba de opción múltiple, pruebas de desempeño práctica y de simulación en computadora. Un análisis de los puntajes generales reveló una asociación estadísticamente significativa entre la prueba de selección múltiple y la de simulación en computadora ($r=.535$, $p=.000$), como también entre la prueba de opción múltiple y la prueba de desempeño práctica ($r=.415$, $p=.000$). También encontramos una asociación estadísticamente significativa entre las dos pruebas de desempeño ($r=.398$, $p=.001$).

En este estudio, la versión práctica y la simulación en computadora de las pruebas de Cajas Eléctricas Misteriosas fueron administradas a los mismos estudiantes en dos ocasiones diferentes (ocasión 1, ocasión 2). Existe una correlación positiva entre la opción múltiple y ambos métodos de prueba de desempeño en ocasión 1 ($r=.468$, $p=.000$) y ocasión 2 ($r=.495$, $p=.000$). En las dos ocasiones, las correlaciones son estadísticamente significativas.

Al realizar una correlación entre los diferentes tipos de conocimientos en la prueba de lápiz y papel y cada prueba de desempeño, se encontró correlación positiva entre las pruebas y los tipos de conocimiento (Tabla 1).

	Declarativo	Procedimental	Esquemático
Práctica	$r = 0.40^*$	$r = 0.33^*$	$r = 0.40^*$
Simulación de Computadora	$r = 0.50^*$	$r = 0.37^*$	$r = 0.61^*$

Tabla 1. Correlación entre pruebas de desempeño y tipos de conocimiento

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Encontramos una correlación positiva significativa entre los tres tipos de pruebas. Esto significa que los resultados de las pruebas son buenos indicadores de lo que saben y pueden hacer los estudiantes y que una variedad de instrumentos ofrecen más información acerca de los estudiantes y los tipos de conocimientos que tienen en ciencias. Independientemente de cual prueba de desempeño se administre primero, en ambas ocasiones las pruebas de desempeño están altamente asociadas con la prueba de opción múltiple. Por lo tanto se están midiendo en tres ocasiones y de manera consistente constructos sobre electricidad.

Es posible diseñar y administrar instrumentos en pruebas de ciencias que reflejan de mejor manera lo que sucede en el salón de clases. Durante la implementación de las pruebas, los estudiantes mencionaron que estaban mucho más comprometidos con la prueba de desempeño que con la prueba de opción múltiple. Las pruebas de desempeño fueron utilizadas en esta ocasión como una forma de evaluación sumativa, pero también podrían ser utilizadas exitosamente de manera formativa en las clases de ciencias.

Cuando se compara la prueba de opción múltiple con las pruebas de desempeño y tomando en cuenta el tiempo de implementación (prueba de opción múltiple vs. práctica primero + computadora segundo, o prueba de opción múltiple vs. práctica segunda + computadora primero), obtuvimos correlaciones altas. Con estos datos, tenemos evidencia inicial que tanto las pruebas de desempeño de simulación en computadora y la práctica pueden ser inter-cambiables.

Las pruebas de desempeño están asociadas con los diferentes tipos de conocimientos en ciencias. Parece haber una fuerte asociación entre conocimiento esquemático y tareas de desempeño ($r = 0.61^*$). En efecto, era de esperar que las tareas de desempeño midieran el conocimiento esquemático. Las preguntas de opción múltiple median todos los tipos de conocimiento, sin embargo, es más fácil desarrollar preguntas de selección que le apunten a conocimiento declarativo. Aquellos reactivos que involucran el conocimiento esquemático son más complejos y difíciles de desarrollar. Por lo tanto tener simulaciones en computadora que puedan ser implementadas en una prueba de gran escala, es una oportunidad para obtener mejores medidas del conocimiento de los estudiantes y habilidades en ciencias.

La información recolectada durante este estudio, ofrece datos preliminares acerca de la inter-cambiabilidad de las pruebas de ciencias. Se deben realizar análisis adicionales con el fin de comparar el desempeño de los estudiantes de acuerdo a la proximidad (cercana o distante) de las preguntas. También se pueden realizar investigaciones adicionales con el fin de conocer más acerca la inter-cambiabilidad de estas pruebas. Estudiantes en la misma condición (práctica o simulación en computadora) pueden ser evaluados

con un intervalo de tiempo de dos meses. Por lo tanto, podemos conocer más acerca del aprendizaje por la prueba y la inter-cambiabilidad de las tareas de desempeño.

REFERENCIAS

Ayala, C. A., Shavelson, R. J., Yin, Y., & Schultz, S. (2002). Reasoning Dimensions Underlying Science Achievement: The case of Performance Assessment. *Educational Assessment*, 8(2), 101-122.

Brualdy, Amy (1988). Implementing Performance Assessment in the Classroom. ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, University of Maryland.

Elliott, Stephen (1995). Creating Meaningful Performance Assessments. ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, University of Maryland

Haertel, Edward (1999). Performance Assessment and Education Reform. *PHI DELTA KAPPAN*, mayo 1999, 662-666.

Quellmalz, Edys, Patricia Schank & Thomas Hinojosa & Christine Padilla (1999). Performance assessment links in science. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 6(10).

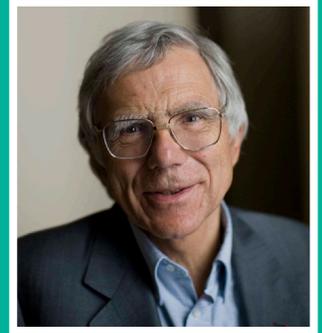
Ruiz-Primo, Maria; Shavelson, Richard (1996). Rethoric and Reality in Science Performance Assessment: And Update. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1045-1063

Shavelson, Richard; Baxter, Gail; and Jerry Pine. (1992). Performance Assessment, Political Rhetoric and Measurement Reality. *Research News and Comments*, mayo 1992, 22-27.

U.S. Congress, Office of Technology Assessment. (1992, February). Testing in American schools: Asking the right questions. (OTA-SET-519). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

PIERRE LÉNA

Miembro de la Academia de Ciencias de Francia, el Dr. Léna es un astrofísico destacado, involucrado en temas de educación. Su interés en la enseñanza de la ciencia basada en la indagación lo llevaron a ser Presidente del Instituto Nacional de Investigación Pedagógica y cofundador del programa de educación científica *La main à la pâte*. Ha desempeñado diversos cargos importantes, entre ellos fue Coordinador Global del Programa de Enseñanza de la Ciencia de la actual Red Mundial de Academias de Ciencia (IAP, por sus siglas en inglés). Es autor de más de 100 artículos científicos, varios libros de astrofísica, de enseñanza de la ciencia, libros de divulgación y series de televisión.



LA EDUCACIÓN EN LA CIENCIA: SUS VALORES Y EL PAPEL DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA¹

.....

Desde hace más de una década, se ha venido generando un enorme interés en la esfera internacional en torno a la enseñanza de la ciencia para todos los estudiantes, desde una edad temprana en la escuela primaria. La comunidad científica ha desempeñado un papel sumamente activo en la reestructuración de esta enseñanza, tanto en términos conceptuales como prácticos. El Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU, por sus siglas en inglés), por medio de su programa *Desarrollo de Capacidades*, instrumentado a finales de la década de 1990, junto con la Red Mundial de Academias de Ciencia (IAP, por sus siglas en inglés), con su programa de *Enseñanza de la Ciencia*, así como numerosas academias de ciencias y científicos destacados, han coadyuvado a poner en marcha proyectos piloto e intercambios a nivel mundial. Este movimiento, que aboga fervientemente porque todos los estudiantes tengan acceso a la ciencia desde una edad temprana (en la escuela primaria), está cobrando impulso en el contexto general de la globalización.

PALABRAS CLAVE

Enseñanza de la ciencia
Indagación
Valores en el aprendizaje de la ciencia

¹ La versión original de este artículo fue publicado en inglés por Springer: Rendicoti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, Vol.23, p.13-16, (2012). Para consulta de su versión electrónica: <http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article&id=d oi:10.1007/s12210-012-0195-z>
Agradecemos a su autor Pierre Léna y a la editorial haber aceptado su traducción y publicación en español.

INTERÉS MUNDIAL EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

En los últimos años, en numerosos informes nacionales o internacionales se ha exhortado a generar interés y fomentar el conocimiento de contenido científico básico en la educación escolar. En el presente, se entenderá por ciencia básicamente las ciencias naturales, aunque las matemáticas no pueden quedar al margen de este análisis. Es preciso realizar mejoras profundas al contenido y los métodos de la enseñanza de la ciencia impartida a todos los estudiantes, desde etapas tan tempranas como la educación primaria, (véanse, por ejemplo, NSF, 1997; China, 2006; Rocard, 2007; OCDE, 2008; Osborne y Dillon 2008; Royal Society, 2010; UNESCO, 2010; ICSU, 2011). Este considerable aumento de interés se basa en la idea de que una sociedad moderna, sobre todo cuando es democrática, debe ofrecer a todos sus futuros ciudadanos (lo mismo niños que jóvenes) una comprensión clara de los principales avances de la ciencia y tecnología modernas, así como del proceso científico mismo. En otras palabras: ¿De qué trata la ciencia? ¿Qué significa la ciencia misma? ¿Qué relación guarda la ciencia con la sociedad? Los ministerios de educación, y de manera más generalizada, los políticos y la opinión pública van aceptando lentamente esta inquietud y poco a poco respaldan estudios, proyectos piloto y, finalmente, revisiones a los programas de estudio, junto con nuevas perspectivas en cuanto a la capacitación de los maestros, tanto en forma previa a la prestación del servicio como estando en servicio (McKinsey, 2011). Estudios de evaluación internacionales que han sido objeto de una amplia difusión, como el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, por sus siglas en inglés) de la OCDE o el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS, por sus siglas en inglés), han reforzado la idea de que un país debe obtener una calificación alta en estos estudios para considerarse “moderno” y preparar adecuadamente a sus alumnos para su vida adulta. Curiosamente, este movimiento se inició en la década de 1990 con la petición de algunas personalidades eminentes de la comunidad científica que abogaban por cambios radicales, entre las que destacan premios Nobel como Leon Lederman, Georges Charpak, Mario Molina y Claude Cohen-Tannoudji. A pesar del hecho de que tradicionalmente la participación de los científicos o incluso el interés en la educación estaba más bien confinado a la finalización de la escuela secundaria o a la educación superior, las academias de ciencias y otros órganos de esta comunidad ahora manifiestan un enorme interés y participación en la enseñanza temprana de la ciencia a todos los estudiantes desde muy pequeños (Allende, 2008; Alberts, 2009; Léna, 2009).

POSIBLES METAS DE UNA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA PARA TODOS

Con la intención de respaldar una enseñanza de la ciencia sólida y a temprana edad para todos los estudiantes, se plantean distintos argumentos (la mayoría de los cuales puede consultarse en los informes citados anteriormente). Estos argumentos merecen un análisis minucioso, puesto que la comprensión y receptividad que de ellos tengan el público y los políticos pueden variar considerablemente. Por ejemplo, sin el propósito de ser exhaustivos, pueden encontrarse los siguientes argumentos: (I) En un mundo de

competencia global, existe una estrecha relación entre la calidad de la fuerza de trabajo científica y técnica, por un lado, y el poder económico o militar de una nación, o un grupo de naciones como Europa, por el otro. (II) En una democracia, los ciudadanos deberán estar preparados para poder entender y discernir con buenos argumentos sobre asuntos críticos y complejos que las sociedades ya enfrentan actualmente y que lo serán aún más en el futuro, como salud, energía, demografía, clima y agua, entre otros. (III) La ciudadanía deberá entender y respaldar la investigación y las carreras en el ámbito científico, por el bien y la salud de la investigación científica misma, considerada un "bien" indisputable en su búsqueda de la verdad y el progreso. (IV) Existe una necesidad apremiante de impulsar la aceptación de nuevas tecnologías (por ejemplo, la energía nuclear y las nanotecnologías) que contribuyen al progreso de la sociedad, con base en estrategias de comunicación pertinentes, a fin de contrarrestar las agudas críticas de algunos movimientos radicales. (V) El objetivo de forjar en el público en general la capacidad de lograr un pensamiento racional, el cual está íntimamente conectado con la naturaleza misma de la ciencia, frente a mentes "irracionales" u "oscurantistas": En ocasiones, esto conlleva a confrontaciones directas con actitudes religiosas, como se expresan en las distintas tradiciones espirituales, y posiblemente implantadas en la educación. (VI) Un anhelo de justicia, dado que una comprensión, aunque sea elemental, de los magníficos logros y beneficios de la ciencia, así como de la tecnología, deberá compartirse con todos los seres humanos, y no reservarse únicamente a los especialistas o a la población con altos niveles de educación.

De hecho, podrían añadirse a esta lista algunos aspectos más pragmáticos, que desde hace mucho tiempo han estado presentes para justificar la enseñanza de la ciencia, como el fomento de habilidades básicas y conocimientos útiles para la vida diaria.

GRANDES IDEAS DE LA CIENCIA, GRANDES IDEAS ACERCA DE LA CIENCIA

Puede ser que todos estos argumentos sean pertinentes y es evidente que todos ellos comportan un contenido valioso, por lo que merecen un análisis significativo. La ciencia, en sí misma, no puede decidir internamente sobre la legitimidad de ninguno de ellos. Incluso podría sospecharse que sirven a los científicos como argumentos de "cabildeo" simplemente para establecer con mayor firmeza su estatus y poder, o aumentar sus recursos, como lo hacen numerosos grupos sociales, o incluso ocultar las perversiones de los usos que se le da a la ciencia en la guerra.

La primera tarea dentro de la comunidad científica, en relación con otros órganos de la sociedad, estriba, por consiguiente, en esclarecer los objetivos que han de asignarse a los programas de estudio escolares que contemplan *la ciencia para todos* (que van desde el jardín de niños hasta el término de la educación obligatoria, aproximadamente los grados K-9 o equivalentes). Tal como sugiere la lista de argumentos señalada, esta iniciativa no puede limitarse a una simple enumeración de conocimiento solicitado (ideas *de* la ciencia), sino que habrá de incluir cierta visión de lo que es la ciencia en

sí (ideas *acerca* de la ciencia) y sus usos sociales. La expresión "grandes ideas", tan a menudo usada en la actualidad, designa este conocimiento básico *de* la ciencia y *acerca* de la misma (Harlen, 2010).

Las grandes ideas se van forjando progresivamente en el curso de los años, desde el jardín de niños hasta el término de la educación obligatoria. El aprendizaje se logra mediante la recopilación e interpretación de las evidencias que podrían obtenerse por medio de una investigación de primera mano o recurriendo a fuentes secundarias. Los estudiantes progresivamente amplían las pequeñas ideas que generaron a partir de evidencias limitadas para convertirlas en ideas integrales más amplias y de mayor alcance, que luego podrán aplicarse en una amplia diversidad de situaciones en su vida. De esta forma, los estudiantes transitarán de las evidencias más directas a las menos directas; de conceptos concretos y menos abstractos a más abstractos; de relaciones de causa-efecto simples a una causalidad multifactorial más elaborada; de observaciones cualitativas a otras más cuantitativas y, por último, a formulaciones matemáticas o simbólicas (por ejemplo, en química o genética).

CALIDAD DE LOS MAESTROS DE CIENCIAS

La segunda tarea de la comunidad científica y sus instituciones representativas (academias, sociedades eruditas, agrupaciones internacionales, universidades, laboratorios de investigación públicos e industriales) consiste en contribuir con la calidad de los maestros de escuelas primarias y secundarias. Por tradición, dada la formación inicial recibida antes de prestar el servicio, los maestros de primaria han experimentado una exposición muy limitada a la ciencia, y en consecuencia la ciencia que ofrecen a los estudiantes pocas veces va más allá de un conjunto de hechos que deben aprenderse, en ocasiones sin que los entiendan plenamente (Sjöberg, 2011).

Respecto a los maestros de secundaria, quienes generalmente cuentan con una mejor educación científica, la conexión que guardan con la vida científica activa del momento, así como con sus actores, es muchas veces remota, si es que se presenta. También en este caso, la enseñanza que imparten se basa en hechos y no transmite el gozo, el entusiasmo, ni los aspectos sociales de la ciencia y tecnología contemporáneas, como tampoco la comprensión del proceso científico, donde la verdad realmente existe pero siempre con una validez limitada y disputable.

Para que las lecciones de los programas de estudio escolares que contemplan *la ciencia para todos* sean eficaces y no disuasivas, la pedagogía requiere cambios profundos que, a su vez, implican cambios en la relación de los maestros con la comunidad científica (Allende, 2009). Uno de los problemas principales reside en las cifras: en un país como Francia, hay más de 300,000 maestros de escuelas primarias y más de 50,000 maestros de ciencias de educación media de distintas disciplinas, dispersos en todo el país.

La tarea pudiera parecer imposible para el número relativamente reducido de científicos e ingenieros, todos ellos con excesivas cargas de deberes profesionales. Por fortuna, las herramientas modernas de comunicación permiten reconsiderar las estrategias de comunicación entre estos dos grupos y planear la formación de maestros en servicio con efecto de diseminación en cascada, como los proyectos piloto que se llevan a cabo en Europa a escala nacional (por ejemplo, en Francia con *La main à la pâte*, Sarmant et al., 2010) o regional (como lo demuestra el proyecto *Fibonacci* de la Unión Europea, Fibonacci, 2011). En otros continentes se llevan a cabo esfuerzos similares (por ejemplo, en Latinoamérica, con el sitio web *Indagala*, Indagala, 2011). Solamente al asumir este costo podrá reducirse la brecha que prevalece entre la ciencia moderna y las fuerzas educativas, con miras a alcanzar algunos o todos los objetivos planteados anteriormente.

De hecho, sería inadecuado e injusto sostener que la comunidad científica sola puede transformar el magisterio. Existe una comunidad para la enseñanza de la ciencia, que es bastante desigual en términos de calidad e impacto, dependiendo del país del que se trate y el contexto académico de cada uno. En algunos casos, los educadores y didácticos de la ciencia se encuentran a la vanguardia de la renovación, mientras que en otros los aportes de la investigación se han mantenido sin un impacto verdadero en la práctica (Boilevin, 2013).

PEDAGOGÍA INDAGATORIA

Un profundo análisis se llevó a cabo en torno a qué pedagogía aplicar en esta enseñanza temprana de la ciencia. Por consenso, se determinó que *la enseñanza de la ciencia basada en la indagación* constituye el método más adecuado a utilizar (Harlen y Allende, 2008) y un número elevado de proyectos piloto realizados en la última década ya ha demostrado generar cambios profundos en el salón de clases y tener un impacto considerable en los maestros (IAP, 2012). Sin embargo, todavía quedan muchas preguntas que la investigación debe abordar, entre las cuales se incluye la eficiencia de esta pedagogía (Wellcome Trust, 2012), las herramientas de evaluación a utilizar (Harlen y Allende, 2008) y la situación relativa que guarda la enseñanza de la ciencia y la tecnología (de Vries et al., 2011).

EL ICSU Y LA IAP

En la década de los noventa, con el impulso de Leon Lederman (Estados Unidos) y otros interesados, el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU, por sus siglas en inglés) emprendió un sólido programa para impulsar el desarrollo de capacidades, con un impacto significativo en numerosos países, entre ellos China con Wei Yu. A finales de esta década, la enseñanza perdió prioridad dentro de las acciones del ICSU, pero el Panel Interacadémico (hoy bajo el nuevo nombre de Red Mundial de Academias de Ciencia o IAP, por sus siglas en inglés), tomó la estafeta con un programa de enseñanza de la ciencia que en el 2004 inició Jorge Allende (Academia Chilena de Ciencias), y que

recibió un fuerte respaldo de Yves Quéré (copresidente de la IAP, Francia). Actualmente este programa se encuentra en marcha en numerosos países (Allende, 2008; IAP, 2012).

La iniciativa mundial en materia educativa se reforzaría en gran medida, si el ICSU, quizá en coordinación con la IAP, encausara hacia el mismo objetivo las fortalezas y los contenidos científicos de sus asociaciones miembros. Es claro que el éxito de las acciones emprendidas en 2009 con motivo del Año Internacional de Astronomía por la Unión Astronómica Internacional (Valls-Gabaud y Boksenberg, 2011), o por aquellas emprendidas por otras asociaciones para los correspondientes años de Física, Química o Geociencias, demuestra el enorme potencial que poseen estas instituciones para abordar asuntos educativos. A lo largo del presente siglo, estos temas seguirán siendo fundamentales para el futuro de la niñez en todo el mundo y, en nuestro carácter de científicos, requieren de toda nuestra atención.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo se basa en extensas colaboraciones realizadas al interior de la *Académie des sciences* de Francia, en particular de Yves Quéré y Jean-François Bach, así como del equipo completo de *La main à la pâte*. El trabajo del *Programa Global de Educación* de la IAP ha sido el marco para numerosas reuniones y discusiones sobre *la enseñanza de la ciencia basada en la indagación* (Inquiry Based Science Education, IBSE) en distintos países. El agradecimiento del autor se dirige especialmente a Patricia Rowell (Canadá), Jorge Allende (Chile), Wei Yu (China), Wynne Harlen (Reino Unido), Hubert Dyasi (Estados Unidos) y muchos otros.

REFERENCIAS

- Alberts, B. (2009), "Redefining science education", *Science* núm. 323, p. 437.
- Allende, J. (2008), "Academies active in education", *Science* núm. 321, p. 1133.
- Allende, J. W. (ed.) (2009), *Teacher professional development in pre- secondary school inquiry-based science education (IBSE)*, informe de InterAcademyPanel, disponible en: <http://www.iap.org>.
- Boilevin J. M., (2013), "Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants", en: De Boeck, *Habilitation à diriger des recherches*, Universidad de Provence, 2011 (en imprenta).
- China (2006), 2006-2010-2020 A Program to convey scientific culture to the whole people, Oficina del Primer Ministro, Beijing.
- De Vries, M., H. van Keulen, S. Peters, W. van der Molen (eds.) (2011), *Professional development for primary teachers in science and technology; the Dutch VTB Project in an international perspective*, Sense Publishers, Róterdam y Taipei.

Fibonacci Project Scientific Committee (2011), Learning through inquiry, disponible en: <http://www.fibonacci-project.eu>.

Harlen, W. (ed.) (2010), "Principles and big ideas of science education", Association for Science Education, Hatfield, Reino Unido, "Dix notions clés pour enseigner les sciences", Le Pommier, Paris (en francés), disponible en: <http://www.cspbooks.com.cn/xinshukuailan/kexuepuji/kexuejiaoyu/2011/1013/350.html> (en chino). <http://www.innovec.org.mx/PDF/GrandesIdeasdeLaCienciaEsp.pdf> (en español).

Harlen W, J. Allende (eds.) (2008), Report of the Working Group on the international collaboration for the assessment of IBSE, IAP Science Education Programme.

IAP (2012), Science education program, IAP, The global network of science academies, disponible en: <http://www.iap.org>.

ICSU (2011), Report of the ad-hoc ICSU Panel on Science education, Johnson R. (presidente), disponible en: http://www.icsu.org/publications/@category_search?path=6Subject:list=Education.

Indagala (2011), disponible en: <http://www.indagala.org>.

Léna, P. (2009), "Europe rethinks education", en: Science núm. 326, p. 501.

McKinsey Foundation (2011), "How the world's most improved school systems keep getting better", disponible en: http://www.mckinsey.com/client-service/social_sector/our_practices/education/knowledge_highlights/best_performing_school.aspx.

National Science Foundation (1997), "The challenge and promise of K-8 science education reform. Foundations I", NSF, Arlington.

OCDE (2008), "Encouraging student interest in science and technology studies", Foro Global de la Ciencia, París.

Osborne J. y J. Dillon (2008), Science education in Europe: critical reflections, The Nuffield Foundation, Londres.

Rocard, M. (2007), Science education now: for a renewed pedagogy, informe presentado a la Comisión Europea.

Royal Society (2010), Primary science and mathematics: getting the basics right, reporte extraído del informe sobre el estado de la nación en materia de enseñanza de la ciencia y las matemáticas en los grados 5-14 en el Reino Unido, Londres.

Sarmant, J. P. et al., (2010), "La main à la pâte: implementing a plan for science education reform in France", en: GE De Boer (ed.), The role of public policy in K-12 science education, Information Age Publishing, Charlotte, Carolina del Norte.

Sjöberg, S. (2011), "How do young people feel about science and technology", The ROSE Project, Universidad de Oslo, disponible en: <http://roseproject.no>.

UNESCO (2010), Current challenges in basic science education, Education sector, París.

Valls-Gabaud D. y A. Boksenberg (eds.) (2011), The role of astronomy in education and culture, Cambridge University Press, Cambridge.

Wellcome Trust (2012), Perspectives in education: inquiry-based-learning, disponible en: <http://wellcome.ac.uk>.

PATRICIA LÓPEZ STEWART

Es maestra en Educación por la Universidad de Chile, se ha dedicado al diseño y la evaluación curricular de metodologías para la enseñanza de la ciencia, así como al desarrollo profesional de docentes en ciencias. Por diez años se desempeñó como responsable de los Programas de Educación en Ciencias Basadas en la Indagación del Ministerio de Educación en Chile.

Actualmente es Directora de Pedagogía y Ciencias Naturales, especialidad en indagación, en la Facultad de Educación de la Universidad Alberto Hurtado en Santiago de Chile.



EL CUADERNO DE CIENCIAS EN LA CLASE INDAGATORIA

.....
"Mi cuaderno de ciencias es mi mejor compañero que me acompaña todo el año"
Felipe, 6º grado, escuela comuna de Cerro Navia, Santiago-Chile.

El modelo pedagógico de la *enseñanza de la ciencia basada en la indagación* es una formulación didáctica que acoge enfoques teóricos socio constructivistas del aprendizaje y los conjuga en lineamientos metódicos para la enseñanza y el aprendizaje de contenidos científicos. Se trata de transformar en modelo de aprendizaje la etapa infantil de los "por qué" y orientar la curiosidad de los estudiantes hacia elementos, situaciones o problemas propios del currículo y de su vida cotidiana, cuya respuesta más adecuada y los procedimientos para alcanzarla implican una aproximación al quehacer propio de la ciencia. La transferencia de la indagación hacia un modelo de enseñanza y aprendizaje es la formulación teórica de una capacidad humana presente desde los primeros días de vida: la indagación que potencia la curiosidad e incentiva el preguntarse más allá de sólo aprender y memorizar respuestas.

Característica fundamental de la indagación científica en el aula es transformar en insumo didáctico las preguntas y cuestionamientos generados desde las experiencias de los estudiantes, tanto en el ámbito formal escolar como en su vida cotidiana. Dado el origen de estas preguntas y cuestionamientos, resulta más adecuado que su tratamiento pedagógico y didáctico permanezca centrado en los estudiantes y que se valore decididamente su participación en el trabajo de búsqueda tras respuestas y soluciones. "Los estudiantes necesitan para construir su propio conocimiento personal de las preguntas que plantean, la planificación de las investigaciones, la realización de sus propios experimentos, y analizar y comunicar su hallazgos" (Jarrett, 1997, p 2).

La orientación de este modelo de enseñanza otorga esencial importancia a la participación activa de niñas, niños y jóvenes en la construcción de los conocimientos previstos en el currículo y al desarrollo de habilidades propias de un modelo que enfatiza el trabajo colaborativo, la discusión y el intercambio de ideas entre los estudiantes. Esta orientación social y participativa del modelo pedagógico indagatorio confiere un carácter democrático al trabajo en el aula: todos los integrantes del grupo pueden y deben participar respetando a sus pares como personas, considerando sus aportes y tomando conciencia de su responsabilidad individual en el esfuerzo colectivo en pos de alcanzar logros.

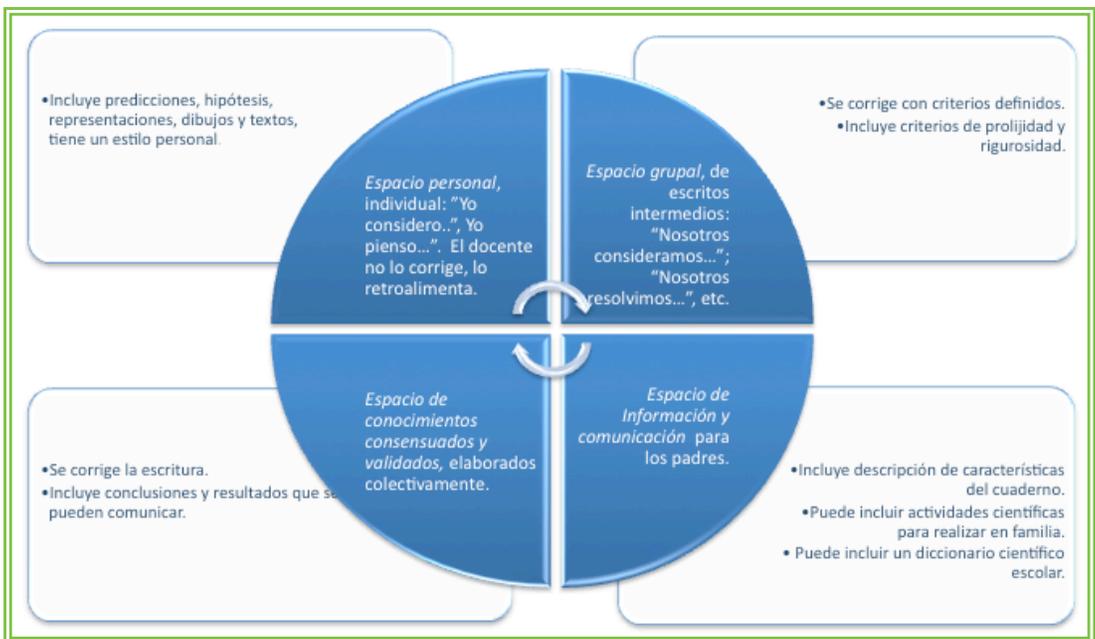
EL CUADERNO DE CIENCIAS

El Cuaderno de Ciencias es un instrumento de importancia primordial en las clases de ciencias organizadas según el modelo pedagógico de la indagación. Su utilización facilita que niños y niñas se involucren dinámicamente en las actividades de la clase por medio de "formulación de preguntas, conducción de investigaciones científicas, interpretación de datos, comunicación de resultados y formulación de conclusiones" (Schmidt, 2003, p.27). Puesto que los niños escriben en sus Cuadernos de Ciencias con sus propias palabras y desde su experiencia y subjetividad, el cuaderno se convierte en un promotor singular del desarrollo del pensamiento y del lenguaje, ya que, siguiendo a Vygotski (2000): "...La escritura debería poseer un cierto significado para los niños, debería despertar en ellos una inquietud intrínseca y ser incorporada a una tarea importante y básica para la vida. Sólo entonces podremos estar seguros de que se desarrollará no como una habilidad que se ejecuta con las manos y los dedos sino como una forma de lenguaje realmente nueva y compleja" (p.177).

Esta orientación conceptual del Cuaderno de Ciencias se distancia del cuaderno tradicional para copiar o escribir dictados y ciertamente de los libros de texto con "espacios para completar" contenidos preestructurados. En contraposición a tales usos estandarizados y por ende despersonalizados, el Cuaderno de Ciencias promueve la elaboración autónoma de producciones escritas y gráficas por parte de niños y niñas, favoreciendo así la construcción de significados: "Deseamos que (los niños) sean capaces de construir los significados esenciales en sus propias palabras y en las diferentes palabras que la situación requiera. Las palabras fijas son inútiles, el estilo debe cambiar flexiblemente de acuerdo a las necesidades del argumento, del problema, uso o aplicación del momento" (Lemke, 1997, p.182). Así lo confirman también Fulton y Campbell (2004) al plantear que con el uso del Cuaderno de Ciencias los estudiantes pueden desarrollar habilidades superiores de pensamiento al involucrarse en investigaciones de significación.

En cuanto a objeto, el Cuaderno de Ciencias es un cuaderno o portafolio simple, de tamaño y características adecuadas a la edad de niños y niñas en los diferentes niveles de la escuela. En este cuaderno los escolares anotarán sus registros de la actividad

propuesta por el docente, tanto durante el desarrollo de la clase como en la posterior reflexión en torno al tema que se esté trabajando. Con sus páginas numeradas, el cuaderno debe ofrecer la posibilidad de fácil escritura y de incluir dibujos u otros elementos gráficos. Las primeras páginas del cuaderno deben quedar inicialmente en blanco con el propósito de incorporar, al finalizar un ciclo de trabajo, un índice de los contenidos. Igualmente, desde el inicio se debe destinar una cierta cantidad de páginas para los diferentes "espacios" del cuaderno: un espacio personal en el que niñas y niños consignarán sus "yo pienso que..."; "yo creo que..."; "yo opino que..."; para el trabajo en equipo se reservará un segundo espacio en el cual el nosotros reemplaza al yo del espacio personal: "nosotros proponemos..."; "discutimos en torno a..."; un tercer espacio se destinará a la validación de los conocimientos y saberes alcanzados en cada fase del ciclo de aprendizajes. Por último, un cuarto espacio para los padres de los estudiantes en el cual se les explica el uso y el propósito del Cuaderno de Ciencias y ellos, por su parte, podrán escribir sus observaciones o aportar con sugerencias en torno al trabajo del grupo.



APRENDER CIENCIAS

Para que niños, niñas y jóvenes comprendan la ciencia se requiere que "logren integrar una compleja estructura de distintos tipos de conocimiento, incluyendo las ideas de la ciencia, las relaciones entre las ideas, los motivos de estas relaciones, las formas de utilizar las ideas para explicar y predecir otros fenómenos naturales y la manera de aplicarlos a muchos eventos" (National Research Council, 1996, p. 23). Uno de los objetivos de la educación científica basada en la indagación en la escuela es el desarrollo

de conocimientos conceptuales por sobre las definiciones aisladas, priorizando la comprensión de sistemas de conceptos vinculados y las estructuras de conocimiento interconectadas (Lehrer & Schauble, 2006). El enfoque indagatorio que elaboramos se manifiesta también en la importancia que se concede en el aula a la consideración contextual e integradora en el tratamiento de las situaciones o fenómenos. Esta orientación integradora busca destacar la indisoluble participación de diferentes elementos en la generación y consecuencias de fenómenos que, tradicionalmente, se estudian separados. Tal artificiosa parcelación en estancos de saber de fenómenos físicos, químicos, biológicos y matemáticos desdibuja el mundo natural, dificultando su comprensión por parte de niños y niñas, singularmente en los primeros años de la escuela.

La utilización del Cuaderno de Ciencias implica una aproximación a formas de trabajo propias del quehacer de científicos al replicar en el aula el registro riguroso de las situaciones y los eventos suscitados en la búsqueda de respuestas o soluciones a un problema planteado, considerando sus variables contextuales. La introducción de éste y otros usos metódicos del quehacer científico en las clases de ciencias, sustento esencial del modelo indagatorio, posibilita el desarrollo de las competencias necesarias para alcanzar aprendizajes consistentes y la comprensión suficiente para proyectarlos e incorporarlos a su haber de saberes activos. Esta aproximación de la clase de ciencias a formas del trabajo científico, por cierto adecuadas al nivel escolar, otorga a la curiosidad un espacio en el aula. Se trata de incentivar la reflexión y el cuestionamiento, revitalizando en una dimensión pedagógica la etapa infantil de búsqueda del qué de las cosas y del porqué de los procesos.

Una clase indagatoria se desarrolla a partir de preguntas motivadoras en torno a las cuales niños, niñas y jóvenes, formulan predicciones, establecen relaciones con sus conocimientos previos y sus observaciones vivenciales y diseñan estrategias que les permitan obtener información en torno a los problemas planteados. Para este proceso el grupo se organiza en equipos cuyo estilo de trabajo interactivo puede recurrir al análisis, a la observación, a la inferencia, al debate organizado, a la argumentación respaldada por evidencias. Niñas y niños registran en su Cuaderno de Ciencias los procesos indagatorios empleados y las conclusiones alcanzadas, incluyendo tanto las dificultades encontradas, como las dudas que persistan y los intentos indagatorios que resultaron inconducentes. Posteriormente, los protocolos de cada equipo condensan los aportes individuales y son presentados al grupo, instancia en que los registros serán analizados, contrastados y debatidos hasta alcanzar conclusiones que resuman los resultados, respaldados por el conocimiento acumulado y validados por el docente. Mediante el debate en torno a las diferentes posiciones y visiones consignadas en los protocolos, se aproxima a los estudiantes a una cultura de intercambio de ideas, de argumentación fundamentada y a la valoración del diálogo como camino para identificar el respaldo y vigencia de posiciones contrapuestas.

Esta dimensión metódica del modelo contribuye en forma decididamente efectiva al mejor uso del lenguaje oral y en la redacción de sus planteamientos puede, además, entenderse como una aproximación al ejercicio de una ciudadanía responsable, colaborativa y respetuosa para con sus conciudadanos. El grupo confiere atención a la claridad y precisión de los argumentos expuestos e incentiva a los estudiantes a replantearse la forma de expresar sus ideas en sus registros personales, de manera que éstos sean comprensibles para todos los integrantes del grupo y no sólo para sí mismos. Con el replanteamiento del estilo de registro, niñas, niños y jóvenes se abocan a un ejercicio complejo que debe conducir a la formulación completa de sus ideas y a la descripción analítica de la secuencia que condujo a una u otra conclusión. En este proceso, el Cuaderno de Ciencias ocupa un lugar preponderante en cuanto los estudiantes registrarán sus ideas, sus percepciones, los datos recabados, sus explicaciones tentativas (hipótesis), sus preguntas, los procedimientos utilizados, entre otros.

En la clase indagatoria el docente incentiva a cada niño y niña para que utilice sus propias palabras para comunicar su visión u opinión sobre el trabajo realizado y comparta sus anotaciones con los integrantes de su equipo de trabajo. Según Reid-Griffin, Nesbit y Rogers (2004), el cuaderno de ciencias: "Permite a los estudiantes trabajar como científicos compartiendo lo que han aprendido a través de su cuaderno de ciencias y de sus grupos de trabajo. El uso del cuaderno de ciencias en las clases de ciencias de las escuelas básicas le da a los estudiantes una oportunidad para compartir con otros sus investigaciones, descubrimientos y conclusiones" (p. 4). El equipo cooperativo de trabajo se ve estimulado a crear colectivamente un escrito que sea comprensible para sus compañeros, transformándose así el Cuaderno de Ciencias en una herramienta de comunicación entre los estudiantes, profesores y su familia. El cuaderno llega a ser instrumento mediador que promueve las interacciones sociales entre el alumno y el profesor, de los alumnos entre sí y de éstos con sus padres. En ese marco, la interacción y colectivización de las predicciones, los análisis, las interpretaciones y las explicaciones, etc., permiten a nivel individual que cada niño o niña elabore textos y dibujos originales con la perspectiva que aquellos serán compartidos con otros. En este proceso de universalización de sus pensamientos, niñas y niños avanzan en su camino hacia su participación en el espacio público al tomar consciencia que sus escritos serán "publicados", es decir, se someterán al escrutinio de otros, serán aceptados o criticados y, en alguna dimensión, contribuirán a "formar opinión" entre sus lectores. La certeza de que al publicar sus elaboraciones éstas serán sometidas a evaluación, niñas y niños se esforzarán por buscar formas más precisas y unívocas para referirse a situaciones o sucesos inherentes al trabajo común. Esta búsqueda implica reflexión y cuestionamiento hasta conseguir cierta estructuración lógica de su pensamiento y del estilo para comunicarlo, como forma de planificar y regular la actividad cognitiva (Vygotski, 1988).

UTILIDADES, USOS

El Cuaderno de Ciencias resultará una bitácora o compilación de los aprendizajes alcanzados por cada niño y niña, por los equipos colaborativos y por todo el grupo, incluyendo los procesos y estrategias empleadas para lograrlos. Esta compilación les será de utilidad para decidir cuáles experiencias consignadas en el Cuaderno pueden replicarse o adecuarse para enfrentar nuevos desafíos. Los datos o estrategias registradas pueden servir de punto de partida para plantear nuevas hipótesis basadas en evidencias anteriormente recabadas por ellos mismos. El Cuaderno de Ciencias será un archivo en el cual se compila el proceso que condujo al logro de aprendizajes, sin excluir los errores o tentativas inconducentes. Este archivo facilitará la construcción de argumentos pertinentes en nuevas discusiones, la consolidación de los aprendizajes alcanzados y la formulación de nuevas estrategias para enfrentar y formular nuevas preguntas. Esta suerte de aproximación a un "discurso científico" indica que para enfrentar un nuevo desafío no existe un camino único y que es necesario ensayar, tomando en cuenta los saberes validados, aceptando como necesario el riesgo de equivocarse, cuya mayor sanción sólo consistirá en empezar de nuevo, explorando estrategias y supuestos diferentes. Los registros del Cuaderno indicarán con nitidez a niños y niñas que la progresión de sus saberes es posible a partir de la base ofrecida por saberes previos, susceptibles de cuestionar, contextualizar y perfeccionar introduciendo otros puntos de vista, otros parámetros y otras estrategias, emprendimiento colectivo en el que la participación de sus pares y el docente tiene un rol determinante. Adicionalmente, el registro de estos procesos dejará en claro que la construcción de nuevos saberes es una producción social en la que los aportes y cuestionamientos de los integrantes del equipo son determinantes para ampliar las perspectivas y desechar supuestos sin respaldo de evidencia. Es decir, en el aula se introduce una concepción de quehacer científico riguroso y eminentemente social y cuyos resultados son puestos a constante revisión, complementación y perfeccionamiento.

Otra utilidad destacable del Cuaderno de Ciencias consiste en favorecer la autoevaluación y la metacognición en niñas y niños. El registro de su trabajo histórico les permite tomar cabal conciencia de sus logros y dificultades y comprender cómo aprendieron lo que aprendieron y, especialmente, la aplicabilidad de sus aprendizajes, tanto en el trabajo escolar formal como en su vida cotidiana. Saber usar los saberes en nuevas situaciones es un incentivo para emprender la búsqueda de respuestas a nuevos desafíos, preguntas o problemas. El registro de las tareas realizadas les demostrará, además, que las formas de comunicación a utilizar son perfectibles, al constatar la paulatina complejización de sus propios registros. Las nuevas formas de consignar y publicar sus hallazgos será cada vez más cercana al uso científico y adquirirá mayor significado al percibir que, por ejemplo, el uso de gráficos tiene por sentido comunicar ciertos resultados y no un simple ejercicio de "dibujar gráficos".

La clase indagatoria introduce, además, una nueva visión en torno a la evaluación. En esta visión, el Cuaderno de Ciencias ocupa un espacio preponderante y otorga a los docentes un instrumento apropiado para la evaluación formativa y la interacción personalizada con los estudiantes orientada a promover los aprendizajes. Esta concepción de “evaluación para aprender” preconiza de manera esencial que el docente detecte, primordialmente, los aprendizajes y logros alcanzados por niños y niñas, los destaque y los proyecte hacia una progresión de los mismos. En esta concepción de evaluación la detección de aquello que los estudiantes no aprendieron sirve para identificar los obstáculos que dificultaron el aprendizaje y reorientar o reformular actividades para superarlos, siempre bajo el convencimiento de que todos los niños “pueden” aprender.

REFERENCIAS

- Fulton, L., and Campbell, B. (2004). Student-centered notebooks. *Science and Children*, 42(3), 26-29.
- Jarrett, D. (1997). Inquiry strategies for science and mathematics learning: It's just good teaching. Office of Educational Research and Improvement. Washington, DC. (ERIC) Document Reproduction Service No. ED413188)
- Lehrer, R. & Schauble, L. (2006). Scientific thinking and scientific literacy: Supporting development in learning contexts. In K. A. Renninger & I. Sigel (Eds.) *Handbook of Child Psychology* (Vol. 4)
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: PAIDOS.
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Reid-Griffin, A., Nesbit, C-R. and Rogers, C.A. (2004) *Science Notebooks: An inquiry endeavor?* (Draft). Wilmington: University of North Carolina at Wilmington
- Schmidt, S. M. (2003). Learning by doing: Teaching the process of inquiry. *Science Scope*, 27-30.
- Vygotski, L. (2000). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, Barcelona: Crítica.
- <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11914/quest-ce-que-le-cahier-dexp-riences>

.....
La Enseñanza de la Ciencia en la Educación Básica

Antología sobre Indagación

La versión impresa se terminó de imprimir el 7 de julio de 2015 en Comersia Impresiones S.A. de C.V., Insurgentes Sur No. 1793 int. 207. Col. Guadalupe Inn. Del. Álvaro Obregón. C.P. 01020. México, D.F.

El tiraje constó de 500 ejemplares.



San Francisco 1626 int. 205
Col. Del Valle, C.P.03100
Del. Benito Juárez. México, D.F.
Tel. (55) 5200 0585

www.innovec.org.mx

ISBN: 978-607-96833-2-0 (Obra completa)

ISBN: 978-607-96833-3-7 (Volumen 1)