

Aprendizaje y enseñanza de ciencias basados en la indagación

Wynne Harlen

Profesora visitante Universidad de Bristol, Inglaterra

Introducción

La enseñanza de ciencias basada en la indagación está siendo defendida en diferentes países de todo el mundo como la solución a los problemas, que enfrentan tanto países en desarrollo como desarrollados, los que han surgido de una disminución en el interés de los jóvenes por estudiar ciencia y tecnología. La consecuencia no sólo se ha remitido a un déficit en la cantidad de científicos e ingenieros, sino en una falta de comprensión del público en general acerca de los aspectos de la ciencia que son precisos para tomar decisiones informadas, como la preocupación por la salud personal y pública, el ambiente y la conservación de la energía. Se culpa a la forma en que se enseña ciencia en las escuelas por estos problemas (por ejemplo, European Commission, 2007) y se considera que aplicar una enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) es la solución. Una revisión reciente de un artículo de investigación (Minner *et al.*, 2010) halló evidencias de que era más posible que se produzca una mayor comprensión conceptual gracias a enfoques basados en la indagación que a formas menos activas de aprendizaje.

A pesar de las pruebas de este efecto, se debe tener cierta precaución en adoptar esta solución sin haber analizado cuidadosamente lo que significa para los profesores, las escuelas, la formación de profesores y el sistema educacional en su conjunto. La etiqueta “ECBI” se le da con mucha facilidad a prácticas que no necesariamente sostienen las intenciones detrás del sentido total del término. Debemos evitar el destino de otros términos en educación que con el tiempo se han vuelto “de moda” y que luego han caído en el desuso cuando se percibe que no están a la altura de las expectativas, sin que hayan sido aplicados apropiadamente. En consecuencia, es importante que tengamos claro lo que se busca y sus implicancias para los estudiantes, profesores y otros agentes en el sistema educacional.

Sin embargo, este artículo no comienza con una definición sino con la discusión de su práctica efectiva en la enseñanza de las ciencias, ya que es justamente lo que deberíamos buscar. De esta forma, podemos ubicar a ECBI en contexto del abanico de enfoques pedagógicos que son necesarios para que los estudiantes lleguen a las metas de la enseñanza de las ciencias. Por lo tanto, comenzamos discutiendo lo que se sabe sobre cómo aprenden los estudiantes; luego analizamos la concepción actual sobre qué deberían aprender los estudiantes en ciencias, lo que significa para las actividades en el aula y qué tipo de pedagogía se precisa para obtener el aprendizaje esperado.

El aprendizaje de las ciencias

Las ideas propias de los niños y niñas.

Algunas investigaciones sobre la comprensión que tienen los estudiantes sobre los fenómenos científicos a sus alrededores han revelado que estos se forman ideas sobre el mundo natural independientemente de que se las hayan enseñado en la clase de ciencias y que estas ideas con frecuencia están en conflicto con la visión científica de las cosas (Guesne,1973; Tiberghien y Delacote 1978; Driver 1983; Osborne y Freyberg 1985; SPACE, 1990-1998). Se hizo evidente que no se podía ignorar esas ideas. Los niños las creían, las habían trabajado por sí mismos y estas ideas pre existentes serían el punto de partida para el desarrollo de ideas más científicas. Este es el principio esencial del constructivismo, el que determina que el aprendizaje efectivo involucra la participación activa del aprendiz, lo que la diferencia de la visión de aprendizaje como la adquisición de más conocimientos y habilidades.

Dos características clave: el habla y la acción

A partir de la década de 1990 se ha evidenciado un cambio perceptible en la visión de que las ideas son concebidas por individuos aislados –es decir, de un, “constructivismo individual” a un “constructivismo sociocultural”– el que reconoce el efecto de las ideas del resto de la forma en que el aprendiz le da sentido a las cosas (Bransford *et al.*, 1999). Este cambio significa que se le da más realce que antes a la comunicación a través del lenguaje, a la influencia de los factores culturales y a conectarlo con la “comunidad de aprendices”.

Otra investigación confirma la importancia de que los niños pequeños aprendan acerca de la acción física directa sobre los objetos y con materiales. La experiencia con el objeto real lleva gradualmente a la construcción de ideas abstractas, un proceso en el que el lenguaje tiene un papel clave. El dar nombres a los objetos les permite describirlos y analizarlos en su ausencia; agrupar y clasificar según criterios lleva al desarrollo de conceptos; expresar causa y efecto requiere un uso cuidadoso de la conexión entre palabras y de los tiempos verbales. Los estudiantes también deben tener en cuenta que algunas palabras usadas en ciencias (“energía”, “trabajo”, “animal”, por ejemplo) tienen un significado particular en la ciencia, más preciso que el que se usa en el habla cotidiana. No es posible impedir el uso cotidiano, pero los estudiantes necesitan saber cuándo esas palabras se están usando estrictamente con su significado científico.

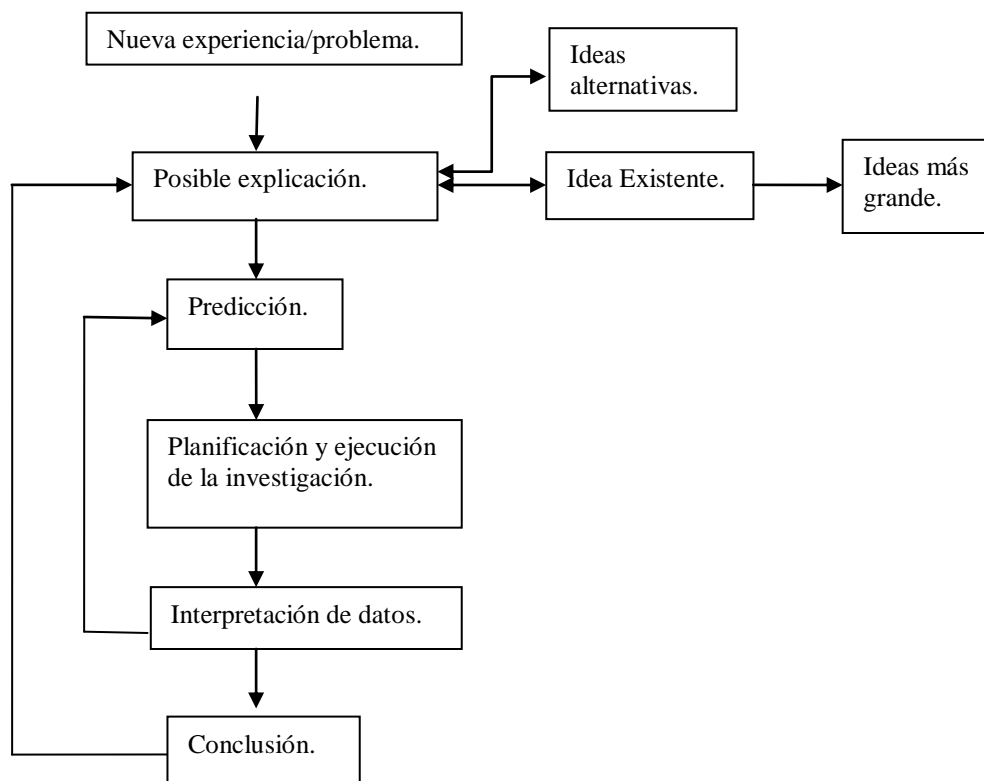
Entonces, el lenguaje y la experiencia práctica tienen papeles importantes en el aprendizaje, ¿pero cómo los estudiantes desarrollan, a partir de ideas pre-existentes y probablemente no científicas, ideas más científicas, y a partir de ideas relacionadas con el contexto, unas más generales que les ayudarán a entender una gama de fenómenos relacionados?

Un modelo de aprendizaje de las ciencias

Cuando a alguien se le enfrenta a una experiencia nueva, la primera cosa que

cualquiera –estudiante, adulto, científico– hace es usar una idea existente para tratar de entender lo que está sucediendo. La exposición inicial revela características que hacen recordar ideas previas que pueden llevar a posibles explicaciones (“*Creo que podría ser...*”, “*Vi algo así cuando...*”, “*Es un poco como...*”). Puede haber varias ideas sobre experiencias previas que podrían ser pertinentes y se elige una de éstas para dar la posible explicación. Para ver si esta idea “funciona”, entonces, los científicos y otros que trabajan científicamente proceden a ver cuán útiles son las ideas existentes haciendo predicciones basadas en la hipótesis. Si las ideas son realmente útiles van a ser capaces de explicar fenómenos relacionados y será posible usarlas para hacer predicciones. Para comprobar una predicción se recolectan nuevas pruebas sobre el fenómeno, luego se analiza y el resultado se compara con el resultado previsto. Para estar más seguros de una explicación, es aconsejable que se compruebe más de una predicción. A partir de los resultados se puede extraer una conclusión tentativa sobre cómo funciona la idea inicial. Si ofrece una buena explicación de un nuevo fenómeno, no solo se confirma sino que se vuelve más potente –más grande–, porque ahora explica una mayor cantidad de fenómenos. Si se descubre que la evidencia no comprueba las predicciones basadas en la idea sugerida, entonces se debe probar con otra idea. Sin embargo, saber que la idea existente no es adecuada también es útil. El proceso se modela en la Figura 1 (Adaptada a partir de Harlen, 2006 y reproducida en Fibonacci, de próxima publicación).

Figura 1: Proceso de aprendizaje basado en indagación.



Las nuevas ideas pueden provenir del profesor, de la discusión con los pares, de la consulta de otras fuentes, entre las que se cuentan libros e Internet. El modelar la construcción de la comprensión de esta manera ofrece una visión de cómo las ideas más

pequeñas (las que se aplican a observaciones o experiencias personales) van progresivamente transformándose en ideas grandes (que se aplican a una variedad de objetos y fenómenos relacionados). Al hacerlo, es importante reconocer las ideas que los estudiantes tienen y comenzar a partir de ellas, ya que si se dejan de lado los estudiantes van a seguir asiéndose a ellas, porque son ideas que ellos mismos han elaborado y que tienen sentido para ellos. A los estudiantes se les debe dar la oportunidad de ver por ellos mismos cuáles son las ideas que concuerdan más con las pruebas.

Sin embargo, hay que indicar que *esto es lo que sucede si el aprendiz está trabajando científicamente*. El desarrollo de una comprensión en esta forma depende de que los procesos que implica el hacer predicciones y recolectar pruebas para comprobarlas sean llevados a cabo de forma científica. Los estudiantes, en especial los niños pequeños, no realizan estos procesos rigurosos en forma espontánea. Puede que no comprueben sus primeras ideas y, cuando lo hacen, quizás no sea científicamente. Las ideas que ya tienen pueden influir en lo que “se observa” al concentrarse en ciertas observaciones que confirman sus ideas, y dejar de lado aquellas que podrían rebatirlas. A veces los estudiantes hacen “predicciones” que ya saben que son ciertas y que, por lo tanto, no comprueban una idea. Al realizar una prueba puede que no controlen las variables que deberían mantener constantes. Cuando estas cosas suceden las ideas que surgen no se corresponden con las pruebas; de ahí la importancia de ayudarlos a desarrollar las habilidades necesarias para la investigación científica (Harlen, 2006).

Al mismo tiempo, necesitamos tener cautela al pensar el aprendizaje de ciencias sólo con el desarrollo de habilidades, como sucede en ocasiones en que se interpreta la educación basada en la indagación en la práctica. Tal como vehementemente lo indican Millar y Driver (1987), no hay nada que caracterice específicamente a la ciencia en cuanto a los procesos de predecir, recolectar, interpretar datos y utilizarlos para comprobar hipótesis. Por ejemplo, estas habilidades pueden ser utilizadas en geografía o historia cuando es posible reunir pruebas que se puedan usar para evaluar posibles explicaciones. Lo que una visión de la indagación científica basada en las habilidades deja de lado, es que el propósito es buscar explicaciones, responder preguntas sobre el mundo natural, lo que no solo requiere que la actividad tenga que ver con contenidos de ciencias reconocibles, sino que lleve a ideas que desarrollen la comprensión científica y la apreciación del significado de la actividad científica. Esta concepción nos lleva a preguntarnos por la naturaleza de las ideas que son el propósito de una educación efectiva.

Los objetivos del aprendizaje de las ciencias

En un mundo en que el conocimiento científico y la tecnología que aplica este conocimiento cambian rápidamente, lo que los estudiantes necesitan saber son los conceptos científicos clave o “grandes ideas” en vez de tratar de acumular el conocimiento de hechos. Estas generalizaciones clave abarcan no sólo los principios, teorías y modelos que explican los fenómenos en el mundo natural, sino también ideas sobre los procesos para llegar a estas ideas clave. Al incluir ideas *sobre* ciencia entre

las metas, se reconoce que los estudiantes se encuentran con muchos hechos, ideas y enunciados que pretenden tener una base científica. Es importante que desarrollen la capacidad de evaluar la calidad de esta información, pues de otro modo, no van a tener la facultad de rebatir las aseveraciones basadas en pruebas falsas o no basadas en pruebas en lo absoluto. Esta evaluación exige una comprensión de las formas de recolectar, analizar e interpretar los datos para proporcionar pruebas y del papel de las pruebas para llegar a explicaciones científicas.

Por lo tanto, las ideas sobre cómo las ideas científicas se desarrollan y sobre sus fortalezas y limitaciones, es decir ideas *sobre* la ciencia, deben incluirse, al igual que las ideas *de* las ciencias. La evaluación de cómo se desarrolla el conocimiento científico debe ser producto, al menos en parte, de la experiencia de realizar indagaciones científicas de distintos tipos. Mediante estas actividades los estudiantes deberían desarrollar habilidades para enmarcar preguntas y hallar formas de recolectar datos mediante la observación y la medición para responderlas, analizar e interpretar datos y participar en la discusión sobre los hallazgos y el proceso para llegar a ellos. Además, las metas de aprendizaje en cualquier ámbito comprenden el desarrollo de actitudes.

Las ideas de la ciencia

Desde los primeros años escolares las experiencias de los niños deberían incluir el análisis y la investigación de las cosas que los rodean, para que disfruten el descubrir algo sobre el mundo natural y puedan comenzar su comprensión de las generalizaciones más amplias que les van a servir en la vida a futuro; la enseñanza de las ciencias temprana debería ser beneficiosa tanto para el presente como para el futuro. Es útil describir la relación entre las ideas que desarrollan los niños pequeños a partir de la exploración y observación de sus alrededores inmediatos y las generalizaciones más abstractas que permiten comprender una gran variedad de fenómenos en términos de ideas “pequeñas” y “grandes”. Por ejemplo, las ideas pequeñas son las que los niños forman mediante la exploración de las cosas vivas e inertes, sobre las características esenciales de los organismos. Estas ideas dan la base de una posterior comprensión de cómo las funciones de los organismos pueden explicarse en términos de su composición celular. Asimismo, el descubrir que presionar y tirar las cosas puede hacer que se muevan es una idea pequeña que hace un aporte a una comprensión más general sobre la relación entre el movimiento de los objetos y las fuerzas que actúan sobre ellos. No hay un número o naturaleza precisos para este tipo de grandes ideas de la ciencia; siempre habrá algo de arbitrariedad en la elección: si son muy pocos necesariamente serán muy abstractas; si son demasiadas van a llevar a que las experiencias se diluyan, lo que produce un aprendizaje fragmentado y un currículo sobrecargado.

A medida que los niños van creciendo y amplían sus experiencias, la enseñanza de las ciencias debería ayudarlos a usar y comprobar sus ideas, como se sugería anteriormente, formando gradualmente ideas más grandes en una progresión de

aprendizaje de lo particular a lo más general y abstracto. Este es un proceso de transformación de ideas, no de acumulación. En otras palabras, una idea grande no es una colección de ideas pequeñas, sino que se construye con ellas.

Las ideas sobre la ciencia

Al igual que con las ideas *de* la ciencia, hay ideas grandes y pequeñas *sobre* la ciencia. Por ejemplo, una idea grande sería que “la ciencia es una búsqueda de explicaciones que se ajusten a las pruebas existentes en un momento en particular pero que pueden cambiar si se produce un conflicto de pruebas convincente”. Este nivel de abstracción está fuera del alcance de los niños de enseñanza básica pero, al intentar explicar una observación, pueden ir avanzando hacia esta idea al darse cuenta de la diferencia entre, por un lado, una suposición sobre lo que causa cierto efecto y, por el otro, proponer una causa que esté respaldada por pruebas. En la práctica, la mejor forma de entender cómo funciona la ciencia es la participación, el que los niños realicen indagaciones científicas de distintos tipos en las que tienen que decidir qué observaciones o medidas son necesarias para responder una pregunta, recolectar y utilizar los datos pertinentes, discutir explicaciones posibles y luego reflexionar críticamente sobre los procesos que han llevado a cabo. De esta forma desarrollan una comprensión del papel de estas habilidades para proponer explicaciones para los eventos y fenómenos.

Las habilidades

El desarrollar ideas sobre la ciencia requiere conocimientos de las habilidades que implica la indagación científica, pero conocer las habilidades no es lo mismo que saber usarlas. Por lo tanto, otra meta de la enseñanza de las ciencias es complementar este conocimiento con la capacidad para usar las habilidades al realizar una investigación, es decir:

- Formular preguntas que puedan ser constatadas con la evidencia obtenida en una investigación.
- Plantear hipótesis sobre cómo se pueden explicar los eventos y las relaciones.
- Hacer predicciones basándose en las hipótesis.
- Utilizar la observación y la medición para reunir datos.
- Interpretar los datos y sacar conclusiones válidas a partir de las pruebas.
- Comunicar e informar los procedimientos y conclusiones, y reflexionar sobre los mismos.

Sin embargo, como ya se mencionó, la indagación científica implica desarrollar una comprensión de las ideas científicas, lo que requiere que el tema de investigación esté relacionado con algunos aspectos del mundo que nos rodea.

Si el tema de investigación es familiar, hay una progresión apreciable del desarrollo de las habilidades. Por ejemplo, es probable que los niños comiencen a “interpretar los datos y a sacar conclusiones válidas a partir de la evidencia” al comparar simplemente lo que encontraron con lo que esperaban o predecían. El proceso madura cuando se sacan conclusiones que concuerdan con las pruebas que se tiene y, finalmente, cuando se reconoce que todas las conclusiones son tentativas y que pueden cambiar con nuevas pruebas.

Actitudes

Las actitudes generalmente se consideran “determinantes del comportamiento potencialmente importantes, que describen el estado de estar preparado o dispuesto a actuar de una cierta manera en relación con objetos específicos” (Royal Society, 2010). Es útil hacer la distinción entre las actitudes que se aplican dentro de la actividad científica (actitudes científicas) y las que se aplican en relación con tomar parte de la actividad científica o a tener algún tipo de afinidad hacia la misma (actitudes hacia la ciencia). Entre el primer tipo de actitudes se cuentan el tener la mente abierta al recolectar e interpretar datos, estar preparado para cambiar o modificar ideas a la luz de nuevas pruebas y comportarse responsablemente al llevar a cabo investigaciones. Las afirmaciones sobre las actitudes del segundo tipo deben ser abordadas con cuidado ya que generalmente son el resultado de la autoproclamación de una afinidad por el tema o por actividades específicas, en vez de ser resultado de las observaciones del comportamiento durante las actividades científicas.

Además, hay pruebas de que una respuesta afectiva no está tan asociada al tema en total, sino más bien con temas o actividades específicos, mediada por el concepto que alguien tiene respecto a sí mismo, como de alguien que es bueno para las ciencias o no lo es (Russell *et al.*, 1988; Martín, 2010).

Ambos tipos de actitudes, hacia el tema y dentro del tema no se desarrollan de la misma forma que las ideas y las habilidades. Estas se hallan presentes en la forma en que la gente se comporta y se comunican en su mayor parte a través del comportamiento; son “captadas” más que “enseñadas”, lo que tiene implicancias para los profesores. El tipo de progresión para desarrollar una actitud tampoco es el mismo que se da en el caso de las ideas y habilidades. Los comportamientos indicativos de las actitudes se acumulan y dependen más de las experiencias que las fomentan que de la edad o etapa.

La enseñanza basada en la indagación: una definición

La enseñanza basada en las ciencias, como se ha discutido, es un enfoque que toma en

cuenta la forma en que los estudiantes aprenden y las metas de su aprendizaje. Es difícil expresar todos los aspectos en un simple enunciado, pero la siguiente definición combina las características clave. Ésta fue aprobada en una conferencia internacional sobre ECBI llevada a cabo en el 2010 por IAP:

La enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) significa que los estudiantes desarrollan progresivamente ideas científicas clave al aprender cómo investigar y construir su conocimiento y comprensión del mundo que los rodea. Utilizan habilidades que emplean los científicos, tales como formular preguntas, recolectar datos, razonar y analizar las pruebas a la luz de lo que ya se sabe, sacar conclusiones y discutir resultados. Este proceso de aprendizaje está completamente respaldado en una pedagogía basada en la indagación (IAP 2010).

Los puntos importantes que se deben destacar aquí son los expuestos a continuación:

- Que los estudiantes son los agentes en su desarrollo (ellos hacen el aprendizaje);
- Que el desarrollo es progresivo (de ideas pequeñas a ideas más grandes);
- Que lo central es construir la comprensión (la indagación lleva al aprendizaje conceptual);
- Los estudiantes están usando y desarrollando habilidades de investigación científica (pero usar sólo las habilidades no es suficiente para desarrollar ideas científicas);
- Que el proceso de aprendizaje implica recolectar pruebas (fundamentales para la actividad científica);
- Que el uso de las fuentes de información y la discusión son parte del proceso (y son fuentes importantes de otras ideas para que los estudiantes las comprueben, al igual que sus propias ideas).

Sin embargo, todavía hay que considerar a qué nos referimos con “una pedagogía basada en la indagación” ya que claramente no se puede esperar que este aprendizaje se produzca si no hay un apoyo del profesor.

Las implicancias de ECBI.

Las implicancias para los aprendices y las actividades de aprendizaje.

Es útil comenzar analizando las experiencias que los estudiantes requieren, durante un tiempo, para poder utilizar la indagación y desarrollar una nueva comprensión.

Estas serán actividades que involucren a los estudiantes en lo siguiente:

- Utilizar y desarrollar las habilidades de cuestionar, observar, medir, formular hipótesis, hacer predicciones, planificar investigaciones controladas, interpretar

datos, sacar conclusiones, informar hallazgos, hacer una reflexión autocrítica sobre los procedimientos;

- Hablar con otros, sus pares y parientes, y sus profesores sobre sus ideas y actividades;
- Trabajar en colaboración con otros, tomar en cuenta las ideas del resto y compartir las propias;
- Expresarse a sí mismos, tanto oralmente como de forma escrita, utilizar progresivamente términos y representaciones científicas apropiadas;
- Aplicar lo aprendido en contextos de la vida real.

Otras características de sus experiencias, que son necesarias si se quiere que los estudiantes desarrollen actitudes positivas hacia la ciencia y el aprendizaje de las ciencias, son que sus indagaciones tengan que ver con algo real en su experiencia y que los estudiantes consideren pertinentes y atractivas, y que se sumen a su experiencia y sus ideas pre-existentes. Las experiencias de aprendizaje deberían proponer desafíos dentro del alcance de los estudiantes para que aprender les sea placentero, y deberían involucrar sus emociones al hacer que el aprendizaje de las ciencias sea apasionante. Lo más importante es que sus indagaciones deben ser respecto a algo cuya respuesta los estudiantes desconocen. Con mucha frecuencia las actividades parecen aburridas porque la “indagación” es para “descubrir” algo que está predeterminado o que ya se sabe. Esta situación se produce usualmente porque el profesor impone las preguntas, quizás extraídas de materiales curriculares concebidos por externos, en vez de que los niños sean quienes hagan las preguntas. Estas actividades no pueden ser descritas como indagación.

Lo que se le exige al profesor, revisado más adelante, ya parece un obstáculo, por lo tanto quizás es importante decir en este punto que no se espera que todo lo que los estudiantes aprendan sobre ciencias sea a través de la indagación. Mencionamos anteriormente que la enseñanza de las ciencias tiene diferentes metas y que para alcanzarlas todo sugiere que se van a necesitar diferentes enfoques. Hay aspectos del aprendizaje de las ciencias para los que se necesita instrucción directa, por ejemplo aprender cómo usar equipos de forma segura y efectiva al recolectar la evidencia, aprender las convenciones para representar y comunicar las cosas de forma esquematizada, aprender palabras y símbolos utilizados en ciencias, etc. A medida que los estudiantes van progresando es probable que usen más modelos físicos y matemáticos para aprender conceptos. Por lo tanto, va a ser necesaria una serie de enfoques pedagógicos, entre ellos, la explicación de cómo las ideas que los estudiantes están desarrollando se aplican en la vida diaria. Sin embargo, cuando el objetivo es la *comprensión* conceptual, la indagación es el camino que se debe tomar. Aunque el estudiante quizás no vea la relación entre comprender las ideas pequeñas que desarrollan al investigar un evento o fenómeno en particular, el profesor debe estar al tanto de cómo estas contribuyen con las ideas más grandes que son la meta de la enseñanza de las ciencias.

Las implicancias para la enseñanza y los maestros.

El paso inicial para facilitar la “educación en ciencias basada en la indagación”- ECBI,

es realizar actividades que hagan participar a los estudiantes y que ellos consideren pertinentes e interesantes. Las actividades también deben representar un desafío para ellos, de modo que operen en un nivel más avanzado mientras se les apoya. En el caso del profesor, los temas de estudio serán seleccionados porque dan la oportunidad para desarrollar una comprensión sobre las ideas clave de la ciencia. También será necesario dar el tiempo suficiente para que los estudiantes estudien ciertos objetos o fenómenos en profundidad. Cuando las indagaciones se están llevando a cabo, el profesor puede apoyar el aprendizaje al:

- Asegurar el acceso de los estudiantes a una serie de fuentes de información e ideas relativas a sus actividades científicas;
- Utilizar el cuestionamiento para instarlos a usar las habilidades indagatorias en la comprobación de ideas;
- Hacer participar a los niños regularmente en grupos y en discusiones con todo el curso, en las que las ideas científicas y las ideas sobre la ciencia se comparten y analicen críticamente;
- Estimular la tolerancia, el respeto mutuo y la objetividad en las discusiones de curso;
- Modelar actitudes científicas tales como el respeto por la evidencia, la apertura de mente y la preocupación por los seres vivos y el medio-ambiente;
- Promover la expresión oral y escrita en un lenguaje claro y correcto, respetando la libertad de expresión de los estudiantes;
- Hacerles comentarios que reflejen y comuniquen los criterios del buen trabajo y que los ayuden a ver cómo mejorar o superar una etapa/pasar a otra etapa;
- Utilizar la información sobre el progreso actual y ajustar el ritmo y el desafío de las actividades;
- Dar oportunidades para que los niños reflexionen sobre sus procesos y resultados de aprendizaje;
- Determinar el progreso hacia las metas de aprendizaje tanto a corto como a largo plazo.

Otras implicancias

Lo que se les exige a los maestros, si es que van a crear oportunidades para aplicar ECBI y van a apoyarla, es bastante considerable y con frecuencia particularmente complejo para los de enseñanza básica que no confían en su propia comprensión de las ciencias. Para todos los maestros es probable que aplicar ECBI signifique cambiar su visión de educación de una recepción pasiva del conocimiento a una creación activa de la comprensión. Como lo indica Shavelson (2006), adquirir una habilidad de enseñanza indagatoria no es suficiente, porque “sin las creencias, las habilidades no dan abasto para una completa aplicación” (p. 64). El cómo realizar estos cambios supera los alcances de este artículo².

La experiencia demuestra que se necesita tiempo (Bransford *et al.*,1999) y que se requiere un desarrollo profesional *continuo* real, lo que, por supuesto, tiene implicancias para los recursos, las prácticas de formación docente y para las políticas

de educación centrales y locales. Actualmente se están acumulando pruebas de que su costo está totalmente justificado por el beneficio de ayudar a revertir la tendencia que se menciona al comienzo de este artículo. En un mundo cada vez más dependiente de los desarrollos científicos y tecnológicos no podemos darnos el lujo de no desarrollar una mejor comprensión de la ciencia, de sus aplicaciones y de la actividad científica. La incorporación de actividades basadas en la indagación en la enseñanza de las ciencias presenta una oportunidad para lograr la comprensión de todos los estudiantes y futuros ciudadanos.

La discusión acerca de la forma y el contenido del desarrollo profesional continuo puede hallarse en el informe del IAP en el equipo de trabajo sobre el desarrollo profesional docente en la enseñanza pre-secundaria ECBI (Working Group on Teacher Professional Development in pre-Secondary School ECBI) (IAP 2009).

Referencias

Bransford J, Brown A, Cocking R. (Eds.) (1999) *How People Learn*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Driver R. (1983). *The pupil as scientist?* Milton Keynes: Open University Press.

EC (European Commission) (2007). *Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe* The Rocard report Brussels: EC.

Guesne E. (1978). Lumière et vision des objets: un exemple de représentation des phénomènes physiques pré-existant à l'enseignement. In G. Delacôte (Ed) *Physics teaching in schools*, London: Taylor and Francis.

Fibonacci Project *IBSE Guideline (2011 forth coming)* www.fibonacci-project.eu

Harlen W. (2006). *Teaching, Learning and Assessing Science 5-12, 4th Edition*. London: Sage.

Harlen W. (Ed.) (2010). *Principles and Big ideas of Science Education*. Hatfield, UK: Association for Science Education.

IAP. (InterAcademy Panel on International Issues) (2010). *International Conference: Taking Inquiry-Based Science Education into the Secondary School*. Report available at: www.interacademies.net/File.aspx?id=15174

IAP. (2009). *Teacher Professional Development in Pre-Secondary School Inquiry-*

Based Science Education (IBSE) <http://www.interacademies.net/11294.aspx>

Martin A. (2010). *Building Classroom Success: Eliminating Academic Fear and Failure*. London: Continuum.

Millar R, Driver R. (1987) Beyond processes, *Studies in Science Education*, 14, 33-62.

Minner DD, Levy AJ, Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction –what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984-2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (4), 474-496.

Osborne RJ Freyberg P. (1985). *Learning in Science: the Implications of 'Children's Science'*. Auckland: Heinemann.

Royal Society (2010). *Science and mathematics education 5-14*. London: The Royal Society.

Russell T, Black P, Harlen W, Johnson S, Palacio D. (1988). *Science at Age 11. A review of APU Survey Findings 1980-84*. London: HMSO. Shavelson RJ. (2006) Research in Conjunction with IBSE Evaluations Appendix D en W. Harlen y J.E Allende (Eds.) *IAP Report of the Working Group on International Collaboration in the Evaluation of IBSE Programs*. Chile: Fundación para Estudios Biomédicos Avanzados de la Facultad de Medicina.

SPACE (Science Processes and Concepts Exploration) Research Reports. *Evaporation and Condensation* (1990), *Growth* (1990), *Light* (1990), *Sound* (1990), *Electricity* (1991), *Materials* (1991), *Processes of Life* (1992), *Earth in Space* (1992) *Rocks, Soil and Weather* (1992), *Forces* (1998). Liverpool: University Press.

Tiberghien A, Delacôte G. (1978). Conception de la chaleur chez les enfants de 1 à 12 ans. In G. Delacôte (Ed.) *Physics teaching in schools*, London: Taylor and Francis, 275-282.