

# La indagación y la enseñanza de las ciencias

Flor Reyes-Cárdenas,<sup>1,2</sup> Kira Padilla<sup>2</sup>

## ABSTRACT (Inquiry and Science Teaching)

This paper presents an overview of what is understood by inquiry. We started with a brief historical introduction and then a short review of what is found in literature of what inquiry is. Next, we presented some teaching-learning strategies based on inquiry that have been developed and worked. Finally, it is shown where and who is doing inquiry in Mexico.

**KEYWORDS:** inquiry, inquiry review, teaching-learning strategies based on inquiry, inquiry in Mexico

## Introducción

La indagación es un concepto que fue presentado por primera vez en 1910 por John Dewey, en respuesta a que el aprendizaje de la ciencia tenía un énfasis en la acumulación de información en lugar del desarrollo de actitudes y habilidades necesarias para la ciencia (NRC, 2000). Desde entonces una diversidad de educadores e investigadores lo han utilizado. Según Barrow (2006) no existe una definición clara de lo que es indagación y tampoco se ha alcanzado un acuerdo sobre cómo definirla. De la misma forma menciona que algunas de las concepciones que se tienen sobre indagación son: la primera y más difundida es fomentar el cuestionamiento, otra es el desarrollo de estrategias de enseñanza para motivar el aprendizaje, una tercera y también bastante conocida es manos a la obra-mentes trabajando y finalmente el fomentar las habilidades experimentales.

Estas dificultades para definir la indagación vienen desde que uno de los primeros formadores en ciencias en los Estados Unidos de América (EUA), John Dewey (1859-1952), recomendó la inclusión de la indagación en el curriculum de ciencias K-12 (pre-escolar a secundaria), además de recomendar que se empezara a formar a los nuevos maestros en indagación. Algunas de las recomendaciones que Dewey hizo son:

- Se debe partir de alguna experiencia actual y real del niño.
- Se debe identificar algún problema o dificultad suscitados a partir de esa experiencia.
- Se deben inspeccionar los datos disponibles, así como generar la búsqueda de soluciones viables.
- Se debe formular la hipótesis de solución.
- Se debe comprobar la hipótesis por la acción.

Así pues, de acuerdo con Dewey (1916) los problemas estudiados deben tener una relación directa con la experiencia de los estudiantes y deben estar dentro de su nivel intelectual y académico para, de esta forma, fomentar que los estudiantes se conviertan en aprendices activos en busca de sus propias respuestas.

En 1966, Joseph Schwab consideró que los estudiantes deberían ver a la ciencia como una serie de estructuras conceptuales que les permitieran revisar, de forma continua, cuándo se descubre nueva información o pruebas. De esta forma considera que la ciencia tiene que ser enseñada desde una perspectiva que sea consistente con la forma como opera la ciencia moderna. En este sentido considera de suma importancia fomentar el uso del laboratorio para ayudar a los estudiantes en el estudio de los conceptos científicos.

Así pues, Schwab (1966) dice que el proceso de indagación está comprendido por lo siguiente: hacer uso de laboratorio, lectura y uso de reportes de investigación, discusión de problemas y datos, interpretación de datos, interpretación y discusión del papel de la tecnología y llegar a conclusiones alcanzadas por científicos; de esta forma establece una visión de la educación científica mediante la indagación y sigue que los profesores la utilicen primero al realizar experimentos en el laboratorio, en lugar de empezar por una clase teórica; es decir, que presenten la ciencia como indagación y que los estudiantes la utilicen para aprender conocimientos de ciencia.

En 1996 el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos de América (NRC, 1996: 23) presenta la siguiente definición:

*Indagación:* "Las diversas formas en las que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo. La indagación también se refiere a las actividades de los estudiantes en la que ellos desarrollan conocimiento y comprensión de las ideas científicas".

Martin-Hansen (2002) reafirma esta perspectiva al expresar

<sup>1</sup> Universidad Pedagógica Nacional. Carretera al Ajusco No. 24. Col. Héroes de Padierna, Delegación Tlalpan, 14200 México, D.F.

**Correo electrónico:** freyes@upn.mx

<sup>2</sup> Facultad de Química, UNAM. Circuito Escolar S/N Ciudad Universitaria., 04510 México, D.F.

**Correo electrónico:** kira@unam.mx

que “la indagación se refiere o al trabajo que realiza el investigador para estudiar el mundo natural o a las actividades de los estudiantes que ‘imitan’ lo que los científicos hacen.”

Hasta ahora quienes han definido la indagación se han enfocado en lo que debe hacer un estudiante, dejando de lado lo que se espera de los docentes. En este sentido, Anderson (2007) hace una especificación relevante que ha de incorporar explícitamente otra mirada: la enseñanza basada en la indagación. En este mismo artículo, Anderson resalta tres formas diferentes en que la NRC utiliza la palabra indagación en sus documentos: la conocida como “indagación científica” (*scientific inquiry*, las diversas formas en que los científicos estudian el mundo), la enseñanza a través de la indagación y el aprendizaje basado en la indagación.

De acuerdo con Schwartz *et al.* (2004:612) la indagación científica se refiere a los métodos y a las actividades que llevan al desarrollo del conocimiento científico.

Así de acuerdo con Anderson (2007), desde nuestra perspectiva vale la pena señalar que existen, al menos, tres visiones de lo que es la indagación: i) lo que hacen los científicos; ii) lo que hacen y aprenden los estudiantes, y iii) lo que saben y saben hacer los profesores en el aula.

### **Enseñanza y aprendizaje basada en la indagación**

De acuerdo con Novak (1964), “La indagación es una serie de comportamientos involucrados en los seres humanos para encontrar explicaciones razonables de un fenómeno acerca del cual se quiere saber algo”.

Por otro lado, Bybee (2000) considera la indagación como un proceso, el cual estará completo, cuando: “sabemos algo que no sabíamos cuando empezamos [la investigación]. Incluso cuando nuestra investigación falla en encontrar la respuesta; al menos la indagación nos permitirá tener un mayor entendimiento sobre los factores involucrados en alcanzar la solución”.

Asimismo, Rutherford (1964) señala que la indagación “se alcanza cuando el contenido y los conceptos son comprendidos en el contexto de cómo fueron descubiertos y que permitan puedan ocurrir futuras indagaciones.” De esta forma comenta la importancia de que los profesores de ciencias tengan antecedentes en historia y filosofía de la ciencia, por lo que, desde nuestra perspectiva, la enseñanza basada en la indagación involucra que la educación en ciencias incluya en su currículo la Naturaleza de la Ciencia (NdC).

Bybee (2004) explica que la enseñanza y el aprendizaje basados en la indagación deben integrar tres componentes: 1) habilidades de indagación (lo que deben hacer los estudiantes); 2) el conocimiento acerca de la indagación (lo que se debe comprender de la naturaleza de la indagación), y 3) una aproximación pedagógica para la enseñanza de los contenidos científicos (lo que deben hacer los docentes). En cuanto a la aproximación pedagógica, Schwartz (2004:612) opina que se debe incluir explícitamente como contenido de

conocimiento científico la NdC. Asimismo, Garritz (2006:147) dice que la indagación debe ser tanto un medio —la indagación como enfoque instruccional— como un fin de la enseñanza —la indagación como finalidad del aprendizaje.

En el 2004, Lederman (2004) recomendó integrar al currículo tanto a la naturaleza de la ciencia como a la indagación, dado que ambas son contextos importantes. Esto se puede hacer en tres posibles enfoques de la enseñanza basada en la indagación y con énfasis en la naturaleza de la ciencia: implícito, histórico y explícito.

El énfasis de la indagación como pedagogía no es nuevo, afirma Reneé Schwartz *et al.* (2004:614), ya que explica que desde 1938 ya se centraban esfuerzos por enfatizar las habilidades procedimentales de los científicos.

### **Diferentes aproximaciones de enseñanza y el aprendizaje basado en indagación**

Parece natural, entonces, que a lo largo de un siglo se encuentren una variedad importante de interpretaciones y asociaciones del concepto de indagación. La enseñanza de la ciencia basada en la indagación científica se ha comprendido de diversas formas a través de los años (Duschl y Grandy, 2005; Abd-El-Khalick *et al.*, 2004), y se ha promovido desde una variedad importante de perspectivas. De acuerdo con David Haury (1993), algunas perspectivas han hecho énfasis en la naturaleza activa del estudiante, como indicaba Dewey, asociando indagación con la enseñanza de tipo “manos en la masa” y el posterior complemento “manos en la masa y mente trabajando” (Hofstein, *et al.*, 2005; Arango *et al.*, 2002), mientras otras han relacionado indagación con una aproximación de descubrimiento o con el desarrollo de procesos y habilidades relacionadas con el métodos de hacer investigación científica (propuesta original de Schwab).

Por ejemplo, Uno (1990:841) define la indagación como: “Un método pedagógico que combina actividades de manos en la masa con **discusiones centradas en los estudiantes y el descubrimiento de conceptos.**” Oliveira (2009:804) se suma a esta visión diciendo que “la enseñanza basada en la indagación es comúnmente definida como un modo instruccional en el que **el profesor de ciencia renuncia, al menos parcialmente, a su papel de experto en ciencia al ceder derechos instruccionales como proveer respuestas correctas, decir a los estudiantes qué hacer y evaluar las ideas de los estudiantes.**” Estas ideas marcadas en negritas empiezan a cobrar fundamental importancia dentro de un proceso constructivista de indagación, dado que la educación deja de ser centrada en el docente para pasar a ser centrada en el estudiante y dejando al profesor como el facilitador o el guía dentro del proceso de construcción del aprendizaje. Esta idea se acota con las propuestas originales de indagación, ya que en éstas no se especifica el tipo de enfoque pedagógico que lo sustente.

Minner *et al.* (2010) comentan que en EUA, Australia, Inglaterra y la Comunidad Europea, desde su política educativa han impulsado la enseñanza basada en la indagación

como medio para mejorar la comprensión de los estudiantes en conceptos y procedimientos científicos. De acuerdo con John Bencze (2009:862), los nuevos enfoques que se han utilizado en los últimos años dentro del currículo de los diversos países han sido influenciados por los estándares nacionales para la educación en ciencias de los Estados Unidos de América (NRC, 1996, 2000) los cuales, como se mencionó previamente, incluyeron la indagación (pensar como un científico) desde la recomendación de Dewey y en todas las disciplinas científicas en la década de los 60. En este sentido, la NRC dice:

“El aprendizaje de la ciencias es algo que los alumnos hacen, no algo que se les hace a ellos... la indagación es central para el aprendizaje de las ciencias. Al comprometerse en la indagación, los estudiantes describen objetos y fenómenos, elaboran preguntas, construyen explicaciones, prueban estas explicaciones contra lo que se sabe del conocimiento científico, y comunican sus ideas a otros. Los estudiantes identifican sus suposiciones, utilizan el pensamiento crítico y lógico, y consideran explicaciones alternativas. De esta forma, los estudiantes desarrollan activamente su comprensión de la ciencia al combinar el conocimiento científico con las habilidades de razonamiento y pensamiento.” (NRC, 1996:2)

Daphne Minner, Abigail Jurist Levy y Jeanne Century (Minner, 2010) realizaron una síntesis de los resultados encontrados entre los años 1984 y 2002 que se refieren al impacto de la enseñanza de ciencias basada en la indagación en estudiantes desde los cinco hasta los 12 años (K-12). Entre los 138 estudios analizados, varios de ellos indican una tendencia positiva para las prácticas basadas en la indagación, particularmente las que hacen énfasis en el pensamiento activo y en las que los estudiantes obtienen conclusiones de los datos. Una de sus conclusiones más relevantes es que:

“las estrategias de enseñanza que comprometen al estudiante activamente en el proceso de aprendizaje a través de investigaciones científicas incrementan la comprensión conceptual mejor que las estrategias que se basan en técnicas pasivas.” (Minner *et al.*, 2010:474)

De acuerdo con Minner *et al.*, la enseñanza a través de la indagación científica promueve que, para probar sus ideas, los estudiantes propongan y lleven a cabo actividades de investigación y al hacerlo también investiguen sobre la naturaleza de la ciencia.

### **Tipos enseñanza basada en la indagación**

Martin-Hansen (2002) basada en los documentos de la NRC explica los cuatro diferentes tipos de indagación, los cuales están basados en los tipos de actividades que se espera realicen los estudiantes.

**Indagación abierta:** Se espera que el estudiante diseñe todo el protocolo de investigación, partiendo de su pregunta

de investigación y seguido el procedimiento para alcanzar una respuesta. También se incluye el planteamiento de hipótesis, análisis y comunicación de resultados.

**Indagación guiada:** Se espera que el profesor apoye al estudiante para resolver la pregunta de investigación que previamente le fue asignada. Los materiales pueden ser seleccionados con antelación y en algunas ocasiones se les proporciona a los estudiantes una serie de cuestionamientos que les permiten guiar su investigación.

**Indagación acoplada:** Se considera una combinación entre la indagación abierta y la guiada, donde el profesor selecciona la pregunta a investigar, pero se le deja al estudiante tomar decisiones para alcanzar la solución o respuesta. En general, para este tipo de indagación se propone un ciclo que consiste en los siguientes puntos:

- i) invitación a la indagación, el cual consiste en presentar un fenómeno y se les pide que lo expliquen con base en lo que saben;
- ii) indagación guiada, los estudiantes repiten el fenómeno realizado por el profesor, pero se les pide que hagan modificaciones viables al fenómeno;
- iii) indagación abierta, los estudiantes discuten los resultados del paso anterior y elaboran preguntas para las cuales hacen una predicción de lo que sucederá, planean cómo coleccionarán los datos y llevan a cabo la investigación correspondiente. Finalmente, los estudiantes, con base en sus resultados, deben proponer una “generalización” y dar una explicación que la sustente;
- iv) Resolución de la indagación, los grupos de estudiantes comparten sus resultados y generalizaciones. Se proporciona información bibliográfica adicional y se les pide que verifiquen la coherencia entre sus resultados y lo reportado en la literatura;
- v) Evaluación: el profesor plantea un problema que debe resolverse haciendo uso del conocimiento adquirido.

**Indagación estructurada:** Esta indagación es dirigida por el profesor, que puede ser como una lección en pasos. El compromiso de los estudiantes es limitado ya que deben seguir las indicaciones, por lo que es posible pensar que esto no tiene mucho de indagación; por ello, es importante darles a los estudiantes la libertad de expresar sus ideas y de, en su caso, tomar decisiones relacionadas con la investigación.

### **Algunos acuerdos en la educación basada en la indagación**

De acuerdo con Donald French y Connie Russell (2002) aunque existe una variación en el aprendizaje basado en la indagación (por ejemplo: abiertas, guiadas, etc.) se encuentran en ellas la mayoría de las siguientes características:

- 1) Hay un énfasis en los estudiantes como científicos.
- 2) Es responsabilidad (al menos parcial) de los estudiantes el hacer hipótesis, diseñar experimentos, hacer predicciones, escoger variables dependientes e independientes,

decir como analizará los resultados, identificar suposiciones, entre otras.

- 3) Se espera que los estudiantes comuniquen sus resultados y presenten sus conclusiones apoyadas en los datos que han colectado.
- 4) Los conceptos detrás de un experimento deben poder ser deducidos por los estudiantes dentro de la sesión.
- 5) Los resultados pueden ser predichos por los estudiantes aunque no los deben conocer de antemano.
- 6) Los resultados que no sean congruentes con la hipótesis no se consideran como fracaso, sino como una oportunidad de repensar su razonamiento.

Lo anterior es congruente con lo que ya se dijo anteriormente y con la afirmación que presentan Suparna Chatterjee *et al.* (2009): “Las bases teóricas de la enseñanza basada en la indagación residen en el constructivismo”. Es decir, confirma lo propuesto tanto por Dewey como por Schwab en el sentido de que el estudiante es un sujeto activo, añadiendo que es responsable de su aprendizaje.

Para alcanzar las características enunciadas, John Bencze (2009) menciona que en una clase con actividades de indagación, comúnmente cada profesor comienza con una discusión del tema a explorar con todos los alumnos, se incluyen posibles preguntas a ser respondidas durante la sesión y la clase continúa con actividades de indagación en pequeños grupos, para culminar la clase con una discusión plenaria para revisar los hallazgos. Vale la pena resaltar que este autor propone el trabajo en equipos para la realización de las actividades. En cambio, Schwartz (2004) dice que en un salón de clases, la indagación científica involucra proyectos centrados en el estudiante, con estudiantes comprometidos en procesos de indagación y construcción de significados, con la guía de un profesor para lograr una comprensión significativa de las ideas científicamente aceptadas seleccionadas para su currículo, sin hacer explícita la idea del trabajo colaborativo.

### Habilidades para el pensamiento y para la indagación científica

En los National Science Education Standards (NRC, 1996) de EUA, la indagación se presenta como: “Una actividad polifacética que implica hacer observaciones; plantear preguntas; examinar libros y otras fuentes de información para ver qué es lo ya conocido; planificar investigaciones; revisar lo conocido hoy en día a la luz de las pruebas experimentales; utilizar instrumentos para reunir, analizar e interpretar datos; proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y comunicar los resultados”.

Debido a que estos estándares están pensados para apoyar a los docentes en la enseñanza de las ciencias naturales, el enfoque de las actividades específicas a realizar está en los estudiantes. A continuación se retoma una tabla propuesta por la NRC y retomada por Bybee (2004) en donde se definen las habilidades para hacer y las comprensiones adquiridas cuando se hace indagación.

Habilidades necesarias para hacer indagación	Comprensiones acerca de la indagación
Identificar preguntas que puedan ser respondidas mediante una investigación científica.	Diferentes tipos de preguntas sugieren diferentes tipos de investigaciones científicas.
Diseñar y conducir investigaciones científicas	El conocimiento científico actual y su comprensión guían las investigaciones científicas
Usar herramientas y técnicas apropiadas para recabar, analizar e interpretar datos.	Tecnologías utilizadas para recabar datos mejoran la precisión y permiten a los científicos analizar y cuantificar los resultados de la investigación
Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y hacer uso de modelos utilizando las pruebas obtenidas.	Explicaciones científicas enfatizan las pruebas obtenidas, presentan consistencia lógica en sus argumentos y utilizan principios, modelos y teorías científicas.
Pensar crítica y lógicamente para elaborar relaciones entre las pruebas obtenidas y la explicación.	La ciencia avanza a través de un escepticismo legítimo.
Reconocer y analizar explicaciones y predicciones alternativas.	Las investigaciones científicas, a veces, resultan en nuevas ideas y fenómenos para estudiar, generan nuevos métodos o procedimientos para investigación o desarrollan nuevas técnicas para mejorar la recolección de datos.
Comunicar procedimientos y explicaciones científicas.	
Usar matemáticas en todos los aspectos de la indagación.	Las matemáticas son importantes en todos los aspectos de la indagación.

De acuerdo con el National Research Council (NRC, 1996) los profesores deben apoyar el desarrollo de habilidades en sus estudiantes, relacionadas con la indagación, y a su vez se promueve que los estudiantes propongan y lleven a cabo actividades de investigación para probar sus ideas. De acuerdo con la National Academy of Science (NAS, 2003) en este tipo de actividades los estudiantes presentan un mayor éxito en comprender conceptos.

### Algunas propuestas educativas basadas en la indagación

Hay una variedad de herramientas instruccionales basadas en la indagación en la enseñanza de la ciencia, dos de ellas son: MORE y POGIL:

POGIL (Process-Oriented Guided Inquiry Learning) POGIL (POGIL 2012a, Trout *et al.*, 2008) se origina como método para apoyo para la enseñanza y el aprendizaje de la química; sin embargo, hoy en día se encuentra en una variedad de disciplinas científicas. Las actividades POGIL (Hanson, 2006) no sólo pretenden desarrollar las habilidades

procedimentales en el contenido a través de la construcción y comprensión de los estudiantes, sino que también se espera resaltar la importancia de lo que ellos llaman aprendizaje de destrezas como: el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la evaluación (Trout *et al.*, 2008).

En POGIL los estudiantes trabajan en grupos pequeños, la función del instructor es ser un facilitador, dejando que los estudiantes sean responsables de su propio aprendizaje. Los estudiantes reflexionan en lo que aprenden y cómo lo aprenden al trabajar en actividades que han sido diseñadas específicamente y basadas en el “ciclo de aprendizaje”. Éste consiste en que, a través de preguntas (preguntas de pensamiento crítico) cuidadosamente diseñadas, el facilitador conduce una sesión por estas etapas: i) inicia con una pregunta; ii) utiliza la observación o la recolección de datos para desarrollar conceptos en lugar de confirmarlos; iii) se guía a los estudiantes a una conclusión apropiada (se proporcionan preguntas guía que promueven que los estudiantes revisen los datos individuales y en grupo para construir la comprensión del concepto central), y iv) se refuerza el concepto desarrollado a través de una aplicación (POGIL, 2012b).

### **MORE estructura de pensamiento Modelo-Observo-Reflexiono-Explico**

MORE (Carrillo *et al.*, 2005) fue diseñada originalmente para apoyar a los estudiantes en sesiones de laboratorio (Trout *et al.*, 2008:35). Esta estrategia de enseñanza se basa en la construcción y la refinación de su modelo a la luz de los datos obtenidos.

**Modelo.** Se pide que describan su modelo inicial (a través de un breve texto o dibujos), éste se discute entre los compañeros de equipo para hacer evidente que existen diferentes explicaciones.

**Observo.** Los estudiantes reúnen pruebas, típicamente desde la observación y medición en la realización de un experimento.

**Reflexiono.** Los estudiantes monitorean el progreso de sus experimentos, buscan comprender qué ha ocurrido, y consideran las implicaciones de las pruebas colectadas en relación con sus modelos iniciales.

**Explico.** Finalmente los estudiantes utilizan las pruebas recabadas para construir una explicación científica que explique por qué ha cambiado o no su modelo. Esta explicación se presenta ante el profesor o ante el grupo.

### **La indagación en México**

#### **Sistemas de Enseñanza Vivencial e Indagatoria de la Ciencia (SEVIC)**

En 1999, Innovación en la Enseñanza de la Ciencia (asociación civil consolidada en el 2002) con el fin de promover la enseñanza de las ciencias en la educación básica comienza a trabajar con los Sistemas de Enseñanza Vivencial e Indagatoria de la Ciencia (SEVIC). Este sistema promueve contenidos curriculares que están basados en los Programas Ciencia y

Tecnología para Niños (CTN) y Conceptos de Ciencia y Tecnología para Secundaria (CCTS), desarrollados por el Centro Nacional de Recursos para la Ciencia de EUA. El Programa CTN fue traducido y adaptado con el respaldo de la Secretaría de Educación Pública (SEP) y la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), gracias al acuerdo de la AMC con las Academias de Ciencias de EUA.

Así pues, los SEVIC están basados en la indagación y el desarrollo de las unidades SEVIC están diseñadas para dar al niño la oportunidad de comprender conceptos, desarrollar habilidades apropiadas a su edad, así como de adquirir habilidades y actitudes científicas. Este sistema utiliza un ciclo de aprendizaje que denomina “enfocar-explorar-reflexionar-aplicar”, y que se fundamenta en los resultados obtenidos en diversas investigaciones acerca del aprendizaje de los niños (INNOVEC, 2012).

Los resultados que se reportan indican que el conocimiento se construye activamente y que los niños aprenden mejor la ciencia en un entorno donde pueden manipular, explorar y realizar sus propios descubrimientos, resultados que no son novedosos ya que esto se viene reportando desde la década de los años 60. Lo que indican es que para aplicar sus unidades es indispensable la adquisición del equipo desarrollado por ellos, además de entrenar a los docentes en su aplicación.

#### **PAUTA**

El Programa Adopte un Talento (PAUTA, 2012) se establece en febrero de 2007 como un programa ideado y creado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y por la AMC; pretende contribuir a la educación científica en México mediante la implementación de acciones que promuevan el desarrollo de habilidades para la ciencia en estudiantes de primaria y secundaria. Se realizan actividades que consideren de manera explícita la construcción de los contenidos de ciencias naturales y el desarrollo de habilidades para la ciencia, así, cada actividad se conforma por cuatro momentos: ‘Presentación’, ‘Desarrollo’, ‘Dándole sentido’ y ‘Relación con lo cotidiano’.

Es importante mencionar que aunque PAUTA no se pronuncia como un programa basado en la indagación, es nuestra convicción que es así y que trabaja con indagación guiada. Primero, porque que guarda relación estrecha entre las habilidades para la ciencia y las que se requieren en la indagación; segundo, porque centra la acción educativa en el estudiante como responsable de su aprendizaje; tercero, porque plantea la acción del guía como un facilitador, y cuarto, porque las etapas de una actividad PAUTA se parecen en gran medida a una de POGIL.

#### **Secretaría de Educación Pública (SEP)**

Desde el 2006 la Secretaría de Educación Pública (SEP) se ha propuesto reformar los planes y programas de estudio de la educación básica (RIEB). La nueva propuesta se basa en la enseñanza por competencias, específicamente las “competencias para la vida”. Para conseguir este objetivo se busca que los

profesores, primero aprendan a identificar las competencias y segundo que haya un cambio en el enfoque de enseñanza que asegure que los alumnos, al terminar la educación básica (primaria y secundaria), hayan alcanzado todas las competencias que se proponen. En el 2011 se realizó una nueva modificación al currículo. En esta nueva modificación se plantea, de forma explícita, la necesidad de fomentar el trabajo en equipo y la indagación en la enseñanza de las ciencias (SEP, 2011):

“Para el desarrollo de las actividades de indagación es importante que los alumnos aprendan a trabajar tanto de forma individual como colaborativa...”. (p. 111)

No obstante, es importante mencionar que, además de un cambio curricular, es de fundamental importancia estimular la formación docente, tanto en ciencias como en otras áreas del conocimiento. “En este proceso de generar preguntas, plantear hipótesis y desarrollar propuestas experimentales es importante que los estudiantes cuenten con la guía del docente a través de preguntas que les permitan seguir avanzando en el proceso de indagación” (p. 116). Dado que se podrá tener el mejor currículo, pero si no se da una buena formación docente y se les estimula para cambiar sus enfoques de enseñanza, el currículo se quedará en una buena propuesta sin posibilidad real de implementación.

### Postura de las autoras en relación a la indagación

Desde la perspectiva de las autoras de este artículo, la indagación es una postura filosófica y un enfoque didáctico para la enseñanza y el aprendizaje. Es una postura filosófica porque presenta ideas específicas acerca de la naturaleza de los procesos de enseñanza y aprendizaje, y de la naturaleza de la investigación científica. Y es una estrategia porque provee metodologías y estructuras que son consistentes con la forma en que las personas hacen y aprenden ciencia. En este sentido, nuestro enfoque didáctico se centra en el constructivismo haciendo uso del trabajo colaborativo y enfatizando el papel del estudiante como sujeto activo y responsable de su aprendizaje.

Es importante decir que, desde nuestra perspectiva, si el proceso de indagación está bien llevado a cabo, permite el desarrollo de competencias científicas, entendiendo las competencias como la amalgama de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que se requieren para resolver y enfrentar diferentes situaciones problemáticas. Para conseguirlo es fundamental que, como ya se mencionó, se proporcione a los profesores de todos los niveles educativos espacios de formación como parte de su desarrollo profesional.

### Referencias

Abd-El-Khalick, F., Boujaude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., Hoftein, A., Niaz, M., Treagust, D. y Yuan, H., Inquiry in Science Education: International Perspectives, *Science Education*, **88**, 397-419, 2004.  
Anderson, R. D., Inquiry as an organizing theme for science curricula. En: Abell, S. K., Lederman, N. G. (eds.), *Hand-*

*book of Research on Science Education*, pp. 808-830. New York: Routledge, 2007.

- Anderson, R. A., Consolidation and appraisal of science meta-analyses, *Journal of Research in Science Teaching*, **20**(5), 497-509, 1983.  
Arango, N., Chavez, M., Feinsinger, P., *Enseñanza de ecología en el patio de la escuela EEPE. Guía Metodológica para la enseñanza de Ecología en el Patio de la Escuela*. Nueva York: National Audubon Society, 2002.  
Barrow, L. H., A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards, *Journal of Science Teacher Education*, **17**, 265-278, 2006.  
Bence, J., Polite directiveness in science inquiry: A contradiction in terms?, *Cultural Studies of Science Education*, **4**, 855-864, 2009.  
Brown, P., Abell, S., Demir, A. y Schmidt, F., College science teachers' views of classrooms inquiry, *Science Education*, **90**(5), 784-802, 2006.  
Buck, L., Bretz, S. y Towns, M. Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory, *Journal of College Science Teaching*, **38**(4), 52-56, 2008.  
Bybee, R., Teaching science as inquiry. En: J. Minstrell, & E. van Zee (eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, pp. 20-46. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 2000.  
Bybee, R. Scientific Inquiry and Science Teaching. En: Flick, L. y Lederman N. (eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*, pp. 1-14. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2004.  
Carillo, L., Lee, C., y Rickey, D., Enhancing science teaching by doing MORE: A framework to guide chemistry students' thinking in the laboratory, *The Science Teacher*, **72**(10), 60-64, 2005.  
Chatterjee, S., Williamson, V., McCann, K. y Peck, L. Surveying students' attitudes and perceptions toward guided-inquiry and open-inquiry laboratories, *Journal of Chemical Education*, **86**(12), 1427-1432, 2009.  
Dewey, J., Method in science teaching, *The Science Quarterly*, **1**, 3-9, 1916.  
Dewey, J., The school and society. En: M. Dworkin (ed.), *Dewey on education*. New York: Teachers College Press, 1938.  
Duschl, R. y Grandi, R. *Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Framing the Debates*. Plenary paper for Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda. New Brunswick, NJ: 2005.  
French, D. y Russell, C. Do graduate teaching assistants benefit from teaching inquiry-based laboratories?, *Bioscience*, **52**(11), 1036-1041, 2002.  
Garritz, A., Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano, *Revista Iberoamericana de Educación*, **42**, 127-152, 2006.  
Hanson, D., *Instructor's Guide To Process-Oriented Guided-Inquiry Learning*, Ed. Pacific Crest, 2006.

- Haury, D., Teaching science through inquiry. ERIC CSMEEDigest, 1993.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., Mamlok-Naaman, R., Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions, *Journal of Research in Science Teaching*, **42**(7), 791–806, 2005.
- INNOVEC (2012). *Innovación en la Enseñanza de la Ciencia*, disponible en las URLs:  
<http://www.innovec.org.mx/nosotros.htm>, último acceso 7 de julio de 2012, y  
<http://www.innovec.org.mx/curriculum.htm>, último acceso 7 de julio de 2012
- Lederman, N., Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. En: Flick, L. y Lederman, N. (eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Chapter 14, pp. 301–317. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- Martin-Hansen, L., Defining Inquiry, *The Science Teacher*, **69**(2), 34–37, 2002.
- McNeill, K. y Krajcik, J., Scientific explanations: characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning, *Journal of Research in Science Teaching*, **45**, 53–78, 2008.
- Minner, D., Levy, A., y Century, J., Inquiry-Based Science Instruction — What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002, *Journal of Research in Science Teaching*, **47**(4), 474–496, 2010.
- NAS, National Academy of Science, *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academies Press, 2003.
- Novak, A., Scientific inquiry, *Bioscience*, **14**, 25–28, 1964.
- NRC, National Research Council, *National Science Educational Standards*. Washington. National Academy Press, 1996.
- NRC, National Research Council, *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, D.C. National Academy Press, 2000.
- Oliveira, A., “Kindergarten, can I have your eyes and ears?” politeness and teacher directive choices in inquiry-based science classrooms, *Cultural studies of Science Education*, **4**, 803–846, 2009.
- PAUTA, disponible en la URL: <http://www.pauta.org.mx>, última consulta 10 de julio de 2012.
- POGIL, Process Oriented Guides Inquiry learning, disponible en la URL: <http://www.pogil.org/>, última consulta 7 de julio de 2012. (2012a).
- POGIL, Required Criteria Process Oriented Guides Inquiry learning, disponible en la URL: [http://www.pogil.org/uploads/media\\_items/required-criteria-for-pogil-experiments-2pp.original.pdf](http://www.pogil.org/uploads/media_items/required-criteria-for-pogil-experiments-2pp.original.pdf) Última consulta 7 de julio de 2012. (2012b).
- Rutherford, F. J. The role of inquiry in science teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, **2**, 80–84, 1964.
- Schwab, J., *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966.
- Schwartz, R., Lederman, N., y Crawford, B., Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry, *Science Education*, **88**, 610–645, 2004.
- SEP, *Programas de Estudio 2011 / Guía para el Maestro. Educación Básica: Secundaria Ciencias*, 2011.
- Trout, L., Lee, C., Moog, R. and Rickey, D., Inquiry Learning: What is it? How do you do it? En: Lowery Bretz, Stacey (ed.), *Chemistry in the National Science Education Standards: Models for Meaningful Learning in the High School Chemistry Classroom*, Chapter 4, pp. 29–45. 2<sup>nd</sup> ed., American Chemical Society, 2008.
- Uno, G., Inquiry in the classroom, *BioScience*, **40**(11), 841–843, 1990.