
EL CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DE LA INDAGACIÓN CIENTÍFICA DEL PERSONAL GUÍA QUE IMPARTIRÁ ACTIVIDADES INDAGATORIAS DE CIENCIA A PROFESORES DE LA EDUCACIÓN BÁSICA

FLOR DE MARÍA REYES CÁRDENAS / ANDONI GARRITZ RUIZ

RESUMEN:

Este proyecto de investigación se encuentra en su primera etapa, en la cual se busca conocer el conocimiento pedagógico del contenido de los sujetos de investigación, que son los guías de formación de profesores para la enseñanza de la ciencia en la educación básica del proyecto PAUTA, que tienen como marco epistemológico al constructivismo y buscan el desarrollo de habilidades para la ciencia en contextos de indagación científica. Uno de los objetivos importantes en esta fase es comprender cómo ha sido el proceso de formación que han llevado hasta ahora y que los ha conducido a poseer un cierto conocimiento pedagógico de la indagación (CPI), así como documentar diferentes propuestas de enseñanza y formación que se plantean desde la misma indagación científica. El presente trabajo se centra en el análisis de lo que conocen pedagógicamente por indagación y lo que entienden los guías por actividades con esta característica así como el desarrollo de las habilidades que promueve.

PALABRAS CLAVE: indagación científica, enseñanza de la ciencia, formación de guías (profesores y talleristas), educación básica, conocimiento pedagógico del contenido.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos fundamentales de la enseñanza de la ciencia en la actualidad es la formación de alumnos que tengan la capacidad de responder a las necesidades de un mundo como el actual, en el que cada vez hay un mayor impacto de la ciencia y la tecnología, y en el que se requieren ciudadanos capaces de tomar decisiones informadas respecto a los diferentes aspectos que afectan su vida cotidiana, como el cuidado del ambiente y el uso de la

tecnología. La enseñanza de la ciencia en la educación básica ha dejado de tener el objetivo de formar futuros científicos, para proporcionar:

una formación científica básica que atienda las necesidades educativas de los adolescentes y dé respuesta a las demandas de la sociedad, impulsando a la vez vocaciones que habrán de contribuir al desarrollo científico y tecnológico del país (...) [se busca] fomentar el desarrollo cognitivo, afectivo, valoral y social de los alumnos ayudándoles a comprender más, a reflexionar mejor, a ejercer la curiosidad, la crítica y el escepticismo, a investigar, opinar de manera argumentada, decidir y actuar (SEP 2006).

Se busca que cada individuo aprenda a valorar la diversidad de formas de pensar, a discernir entre argumentos fundamentados en evidencias e ideas falsas y a tomar decisiones responsables e informadas, al mismo tiempo que fortalezcan la confianza en sí mismos y el respeto por su propia persona, por los demás y por la vida.

PISA (OCDE, 2006:39) define la competencia científica en referencia a las siguientes habilidades del individuo: Conocimiento científico y utilización de ese conocimiento para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y sacar conclusiones a partir de pruebas en problemas relacionados con las ciencias; Comprensión de los rasgos característicos de las ciencias como forma humana de conocimiento e investigación; Conciencia de cómo las ciencias y la tecnología dan forma a nuestros entornos materiales, intelectuales y culturales; Voluntad de involucrarse como ciudadano reflexivo en cuestiones relacionadas con las ciencias y con las ideas científicas.

Las evaluaciones más recientes que se han hecho alrededor de la competencia científica en alumnos mexicanos (Díaz *et al.* 2007) han dejado ver que existen deficiencias muy importantes que es urgente atender. Otras investigaciones llevadas a cabo con profesores de ciencia (Flores *et al.* 2007; García *et al.* 2006) también han mostrado que los docentes de ciencia tienen un dominio insuficiente de su disciplina y concepciones de la ciencia y el aprendizaje que no

son congruentes con las posiciones actuales sobre la construcción del conocimiento y el desarrollo de las competencias.

Frente a esto, es evidente que una enseñanza de la ciencia que tenga como único eje los contenidos científicos y que no considere de forma central el contexto y las capacidades de los alumnos difícilmente conseguirá los objetivos actuales de la enseñanza de las ciencias (Flores y Barahona 2003). Una visión transmitiva o *como conducto* (Osborne, 2007) en la enseñanza, como la que permea buena parte de la educación básica en nuestro país, no logrará el desarrollo de las competencias necesarias para que los ciudadanos puedan desempeñarse con éxito en el mundo globalizado.

INDAGACIÓN CIENTÍFICA

La indagación científica es un término que acuña Dewey (1910), es una propuesta que ha tenido varias modificaciones e interpretaciones durante el siglo XX (Barrow, 2006). El tipo de indagación científica en que basamos este proyecto de investigación parte de la necesidad de formar a los individuos para que: sean capaces de analizar un fenómeno; se puedan comprometer con un cuestionamiento de investigación; puedan recolectar y documentar evidencia durante la investigación; puedan analizar estos datos; puedan inferir resultados con ellos; puedan comparar estos resultados con otra información relevante al mismo tema o proporcionada por sus pares; y puedan comunicarse con otros individuos durante todo el proceso. Esta línea toma al individuo como constructor de su propio conocimiento, y aquí integramos una segunda epistemología que nos interesa enfatizar: el constructivismo. Es decir que el proceso de Indagación Científica al que nos referimos debe estructurarse de forma precisa por un guía de la actividad con el fin de asegurar que el alumno es llevado por su proceso de construcción.

Una propuesta muy específica para difusión en Estados Unidos de la indagación científica la presenta el National Research Council (NRC, 1996) en el que se expresa que los profesores pueden y deben mantener la curiosidad de los alumnos y apoyar el desarrollo de habilidades relacionadas con la indagación.

Se hace énfasis en que la educación debe otorgar a los alumnos tres formas de comprensión y de habilidades científicas: necesitan aprender los conceptos y principios básicos de ciencia, adquirir el razonamiento y las destrezas (habilidades) procedimentales de los científicos; y comprender la naturaleza de la ciencia como una forma particular del desarrollo humano (Hodson 1998).

Martin-Hansen (2002) define varios tipos indagación: Indagación abierta; Indagación guiada; Indagación acoplada e Indagación estructurada. Con relación a la primera nos dice “Tiene un enfoque centrado en el estudiante que empieza por una pregunta que se intenta responder mediante el diseño y conducción de una investigación o experimento y la comunicación de resultados”.

El contenido de los estándares para la indagación científica incluye tanto a las habilidades como la comprensión de la indagación. La comprensión se refiere a que los alumnos puedan entender que las investigaciones involucran preguntar y responder una pregunta y comparar la respuesta con lo que ya se sabe del mundo; que diferentes tipos de preguntas sugieren diferentes tipos de investigaciones científicas; que los científicos desarrollan explicaciones utilizando sus observaciones (evidencia) y lo que ya saben con respecto al mundo (conocimiento científico); que las matemáticas son importantes; que los instrumentos dan más información que la que se obtendría si sólo se utilizaran los sentidos; que las explicaciones científicas hacen énfasis en la evidencia, tienen consistencia lógica en sus argumentos, y utilizan principios, modelos y teorías científicos; y que los científicos hacen públicos los resultados de sus propias investigaciones y las describen de forma que permita a otro investigador repetir, revisar y formular preguntas acerca de la investigación.

Las habilidades de indagación requieren que los alumnos entremen estos procesos con el conocimiento científico y el pensamiento crítico para desarrollar su comprensión de la ciencia. En la tabla 1 se pueden observar las cinco habilidades guía. Así, enseñar a través de la indagación científica permite a los

alumnos conceptualizar una pregunta y a partir de esto buscar posibles explicaciones que respondan a la misma.

Se espera que un guía para virar de la enseñanza tradicional a la indagación científica promueva que los alumnos y profesores se formulen todo tipo de preguntas que permitan analizar mejor lo que están haciendo. La justificación de las decisiones de los alumnos es fundamental ya que deben presentar evidencia y herramientas analíticas para derivar una aseveración científica. Este proyecto de investigación se enfoca en los guías seleccionados para impartir actividades de ciencias naturales en contextos de indagación científica que promueven el desarrollo de habilidades en el nivel básico.

LOS SUJETOS DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación se eligió a sujetos inmersos en un programa que está enfocado a la enseñanza de las ciencias y el desarrollo de habilidades: el Programa Adopte un Talento (PAUTA) de la Academia Mexicana de Ciencias que pretende contribuir a la educación científica en México mediante la implementación de actividades que desarrollen la competencia científica en los alumnos. Estas actividades implican el desarrollo de habilidades para la ciencia, en relación con determinados contenidos y en contextos apropiados.

Se realizan actividades para el desarrollo de habilidades para las ciencias que las consideren de forma explícita, así cada actividad está determinada por tres momentos: 'Presentación', 'Desarrollo' y 'Dándole sentido' y en cada uno de ellos se hace una correlación directa con el desarrollo de cada una de las habilidades. En la tabla 1 se presenta la relación que plantea este proyecto de investigación entre las habilidades para la indagación científica propuestas por el "Consejo Nacional de Investigación" de los EUA (NRC, 2000) y las habilidades para la ciencia que las actividades PAUTA buscan desarrollar. Esta tabla es parte central de la investigación, en el sentido en que plantea cómo se articula el proyecto PAUTA con la indagación científica.

El personal guía que participa en el proyecto se denomina “tallerista”. Son éstos quienes guían, durante los procesos de formación, a los profesores con el fin de que ellos a su vez puedan impartir las actividades con sus alumnos. Los talleristas cuentan con una formación profesional de una carrera afín a las ciencias naturales o las matemáticas y tienen al menos 20 años cumplidos. De los doce talleristas: tres de ellos cuentan con 2 años en el proyecto, cinco con 1.5 años y cinco más con 11 meses.

Los facilitadores cuentan con diferentes espacios de formación. Se cuenta con un seminario semanal en el que se centran los contenidos en dos rubros, por un lado en cuestiones teóricas y epistemológicas de los fundamentos del proyecto (constructivismo y desarrollo de habilidades); y por otro lado se analizan cuestiones operativas con los materiales específicos de las actividades que se llevarán a cabo, así como reflexiones de la labor del tallerista. Otros espacios en los que el tallerista ejerce su actividad como guía, también pueden ser usados para su formación, al realizar al final un análisis.

El conocimiento de los profesores es clasificado en siete elementos por Shulman (1987), siendo uno de ellos el Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) que engloba y describe cómo un profesor se acercará pedagógicamente a enseñar un conocimiento específico, en este caso: la indagación (CPI). Para comprender lo que los talleristas conocen pedagógicamente por indagación, lo que entienden por actividades con esta característica, así como el desarrollo de las habilidades que promueve se utilizará un cuestionario de información basado en una propuesta de documentar la Representación del contenido (ReCo) (Loughran et al., 2004; Magnusson *et al.*, 1999), que es una herramienta útil para documentar el CPI, en la que los talleristas explicarán como promueven el desarrollo de habilidades en las actividades. En la indagación científica están las actividades de indagación (tabla 1) que se espera que los alumnos hagan, así como las actividades pedagógicas que el guía deberá promover. De este modo, se considera que las actividades pedagógicas asociadas con el proceso de

Indagación son las siguientes (tomadas esencialmente de la referencia de Bybee 2004):

- Identificar y plantear preguntas que puedan ser respondidas mediante la indagación;
- Definir y analizar bien el problema a resolver e identificar sus aspectos relevantes;
- Reunir información bibliográfica para que sirva de evidencia;
- Formular explicaciones al problema planteado, a partir de la evidencia;
- Plantear problemas de la vida cotidiana y tocar aspectos históricos relevantes;
- Diseñar y conducir trabajo de investigación a través de diversas acciones;
- Compartir con otros mediante argumentación lo que ha sido aprendido a través de indagación.

DISCUSIÓN

En la tabla 1 se observa que se encuentran similitudes entre las actividades de la indagación científica y las habilidades para PAUTA. Por ejemplo: que un alumno identifique los aspectos relevantes de un problema es una parte fundamental de que un estudiante se comprometa con un cuestionamiento científico; para que un estudiante le dé prioridad a la evidencia hay que obtenerla primero y en este sentido hay que identificar, recolectar, registrar y clasificar; para formular explicaciones hay que probar ideas, predicciones o explicaciones; para evaluar sus explicaciones se debe detallar la solución a un problema y evaluar los datos obtenidos para justificar las inferencias a la luz de los datos obtenidos; y finalmente los alumnos deben comunicar y justificar sus explicaciones mediante el lenguaje hablado escrito y visual.

Las actividades en las que los talleristas tienen un mayor reconocimiento de acción dentro de las actividades PAUTA son: Definir y analizar bien el problema

a resolver e identificar sus aspectos relevantes; Formular explicaciones al problema planteado, a partir de la evidencia; Diseñar y conducir trabajo de investigación a través de diversas acciones; y Compartir con otros mediante argumentación lo que ha sido aprendido a través de indagación. Para estos casos sus respuestas son incluso mucho más extensas se en el resto de las actividades.

Plantear problemas de la vida cotidiana y tocar aspectos históricos relevantes se reconoce como una actividad que se promueve en un 50% de los casos. Particularmente se observa la ausencia o rechazo de uso de los aspectos históricos.

Las que no se contestaron o en general no se identifican como acciones específicas dentro de la labor del tallerista se encuentran: Identificar y plantear preguntas que puedan ser respondidas mediante la indagación; Reunir información bibliográfica para que sirva de evidencia. En el caso de la pregunta a ser respondida, se menciona que los alumnos no plantean preguntas, sino que el problema ya está planteado, sin embargo que dentro de la búsqueda de la resolución del problema de plantean otras preguntas y hay una clara ausencia de la información bibliográfica para las actividades PAUTA, al menos en primaria, cosa diferente a los talleristas que mencionaron un piloto que se lleva a cabo con alumnos de secundaria.

Se aplicó un cuestionario (anexo 1) a los talleristas en el que explican qué entienden por cada una de las actividades mencionadas en la tabla 1 y resaltan algunos resultados como los siguientes: La pregunta 2 “¿A qué dificultades o limitaciones se enfrenta al implantarla?” resultó tener una gran variedad de respuestas comenzando por la necesidad de un buen manejo de grupo, seguido de la guía adecuada para lograr que los estudiantes puedan comprometerse con la actividad. En general se menciona que siguen un documento de apoyo para desarrollar la actividad en la que vienen descritas estrategias que ellos utilizan para promover que los estudiantes dese comprometan con las actividades, sin

embargo, que en la aplicación, el encontrar el criterio adecuado de en qué momento se utilizan estas estrategias no es del todo claro.

También se ve reflejado en la pregunta 5 que no es claro cómo se evalúa si un estudiante está o no desarrollando las habilidades mencionadas, a excepción del registro escrito en el cual se percibe un acuerdo generalizado de la posibilidad de evaluarlo.

CONCLUSIONES

Se encuentra que los guías reconocen claramente algunas de las actividades de la indagación científica y exponen ejemplos específicos, un segundo grupo de actividades se encuentra identificado por algunos talleristas y por otros no, y finalmente hay algunas actividades como la búsqueda bibliografía que no se reconoce como actividad que se promueva en este proyecto con chicos de primaria.

Se observa que hay una necesidad por encontrar el momento adecuado para utilizar una u otra estrategia, así como para saber cómo apoyar de mejor forma el desarrollo de estas habilidades. Sin embargo también hay talleristas que encuentran de forma muy clara y puntual el momento y la acción correspondiente. Se recomienda realizar entrevistas con estos sujetos con el fin de obtener información útil para el proceso de formación.

El formato de actividades PAUTA para primaria no contempla la búsqueda bibliográfica, sin embargo en el piloto que actualmente se lleva a cabo con secundaria es una parte fundamental del proceso. Es conveniente que se realice un análisis futuro de las necesidades del tallerista del producto de esta fase piloto.

Después de averiguar los antecedentes formativos de los guías del proyecto PAUTA y los elementos sustanciales de su conocimiento pedagógico de la indagación eso servirá como punto de partida para verificar si su CPI se transforma conforme transcurren los ciclos de formación de habilidades de

indagación científica. De esta manera se piensa confirmar que los talleres formativos de guías tienen sentido.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo deseamos agradecer a PAUTA por las facilidades para conducir la investigación; y al ICYTDDF por apoyar la realización de los estudios de grado de la primera autora y del presente proyecto.

REFERENCIAS

- Barrow, L. H. (2006). "A brief history of inquiry: From Dewey to standards", *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265-278.
- Bybee, R. (2004). "Scientific inquiry and science teaching", en L.B. Flick y N.G. Lederman (eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science*, (cap. 1, pp. 1-14.), The Netherlands: Springer.
- Dewey, J. (1910). "Science as subject-matter and as method", *Science*, 31, 121-127.
- Díaz Gutiérrez, M. A.; Flores Vázquez, G. y Martínez Rizo, F. (2007) *PISA 2006 en México*. México: INEE.
- Flores, F. y Barahona, A. (2003). "Currículo de educación básica: contenidos y prácticas pedagógicas", en G. Waldegg; A. Barahona; B. Macedo y A. Sánchez (Coords.) *Retos y perspectivas de las Ciencias Naturales en la escuela secundaria* (pp. 13) México: SEP.
- Flores-Camacho, F.; Gallegos-Cázares, L. y Reyes-Cárdenas, F. (2007) "Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores mexicanos de química", *Perfiles Educativos*, 116, pp. 60- 84.
- García-Franco, A.; Reyes-Cárdenas, F.; Gallegos-Cázares, L. y Flores-Camacho, F. (2006). "Conocimientos básicos de los profesores de química de secundaria", *Educación Química*, 17(3), pp. 379-387.
- Hodson, D. (1998). *Teaching and Learning Science*. Buckingham: Open University Press.
- Loughran, J.; Mulhall, P. y Berry, A. (2004). "In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice", *Journal of Research in Science Teaching* 41(4), 370-391.
- Magnusson, S.; Krajcik, J. y Borko, H. (1999). "Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching", en Gess-Newsome, J. y Lederman, N.G. (eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge*, pp. 95- 132. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

-
- Martin-Hansen, L. (2002). "Defining inquiry", *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- National Research Council (1996). *The National Science Education Standards*. Washington. National Academy Press
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards. A guide for teaching and learning*, Washington DC: National Academy Press.
- OCDE (2006). *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana*. Madrid: OCDE /Santillana.
- Osborne, J. (2007). "Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation", *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 7, núm. 1, en <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>.
- Osborne, J. (2009). "Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la argumentación", *Educación Química*, 20(2), 145-154.
- SEP (2006). *Educación Básica. Secundaria. Plan de Estudios 2006*, México: SEP.
- Shulman, L. S. (1987). "Knowledge and teaching: Foundations of the new reform", *Harvard Educational Review*, 57(1), pp. 1-22.

Tabla 1.

	Actividades para la indagación científica (NRC, 2000)	PAUTA
1	Los alumnos se comprometen con cuestionamientos científicos.	Presentación <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los aspectos relevantes del problema • Definir y analizar el problema • Elaborar predicciones y conjeturas
2	Los alumnos le dan prioridad a la evidencia, lo que permite que desarrollen y evalúen explicaciones que respondan al cuestionamiento original.	Desarrollo <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar predicciones y conjeturas • Identificar, recolectar y registrar datos • Identificar y clasificar • Probar ideas, predicciones o explicaciones • Identificar y controlar variables
3	Los alumnos formulan explicaciones a partir de la evidencia para responder la pregunta.	
4	Los alumnos evalúan sus explicaciones a la luz de diferentes tipos de ellas, particularmente aquellas que muestren una comprensión científica.	Dándole sentido <ul style="list-style-type: none"> • Detallar la solución para un problema • Evaluar los datos obtenidos • Identificar patrones y relaciones • Justificar • las inferencias a la luz de los datos obtenidos • Utilizar lenguaje: escrito, hablado y visual.
5	Los alumnos comunican y justifican sus explicaciones propuestas.	

Anexo 1. Cuestionario

QUESTIONARIO PARA TALLERISTAS PAUTA ENFOCADO A LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA.

Este cuestionario ha sido diseñado para tratar de documentar algunos conocimientos generales en los talleristas PAUTA. Sus respuestas nos ayudarán a mejorar los recursos y herramientas en la formación de talleristas.
Agradecemos su colaboración.

1. ¿Qué características tiene una actividad PAUTA? (Responda lo más ampliamente posible, por favor)

2. ¿Qué entiende por indagación? (Responda lo más ampliamente posible, por favor)

3. Por favor, seleccione y marque en la columna izquierda de la tabla 1 las actividades que más promueve al momento impartir actividades PAUTA.

Tabla 1: Actividades Pedagógicas asociadas con el proceso de Indagación

<input type="checkbox"/>	A	Identificar y plantear preguntas que puedan ser respondidas mediante la indagación
<input type="checkbox"/>	B	Definir y analizar bien el problema a resolver e identificar sus aspectos relevantes
<input type="checkbox"/>	C	Reunir información bibliográfica para que sirva de evidencia
<input type="checkbox"/>	D	Formular explicaciones al problema planteado a partir de la evidencia
<input type="checkbox"/>	E	Plantear problemas de la vida cotidiana y tocar aspectos históricos relevantes
<input type="checkbox"/>	F	Diseñar y conducir trabajo de investigación a través de diversas acciones, como las marcadas con un * en la tabla 2.
<input type="checkbox"/>	G	Compartir con otros mediante argumentación lo que ha sido aprendido a través de indagación

TABLA 2

* Reflexionar sobre las observaciones y fomentar la búsqueda de patrones en la información
* Generar relaciones hipotéticas y evidencias entre las variables
* Postular factores causales potenciales
* Evaluar la consistencia empírica de la información
* Hacer uso de analogías y/o de la intuición para ayudar a conceptualizar los fenómenos
* Formular y manipular modelos físicos y mentales
* Utilizar herramientas apropiadas y técnicas para reunir, analizar e interpretar datos
* Pensar crítica y lógicamente para desarrollar predicciones, explicaciones, y modelos empleando las evidencias
* Coordinar los modelos teóricos con la información
* Evaluar las explicaciones alcanzadas, con algún modelo científico
* Comunicar hechos y procedimientos científicos en la clase

4. Por favor, conteste lo más extensamente posible las siguientes cinco preguntas, para las actividades pedagógicas que ha marcado en la tabla 1 (incisos del "A" al "G")

- I. Describa brevemente porqué considera importante promover el desarrollo de esta actividad
- II. ¿A qué dificultades o limitaciones se enfrenta al tratar de fomentar que se realice esta actividad?
- III. ¿Cuáles considera que son las dificultades de los estudiantes cuando se busca que acerquen a realizar esta actividad?
- IV. ¿Qué ejemplos y procedimientos emplea para promover que los alumnos lleven a cabo esta actividad?
- V. ¿De qué manera evalúa si los estudiantes se encuentran desarrollando esta actividad?



Nombre	
Grado Académico	
Edad	
Experiencia Docente	

