

## LA ENSEÑANZA BASADA EN LA INDAGACIÓN CIENTÍFICA COMO PRÁCTICA EDUCATIVA DE LOS TALLERISTAS DEL PROGRAMA PAUTA

---

ANDONI GARRITZ-RUIZ / FLOR DE MARÍA REYES-CÁRDENAS  
Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

**RESUMEN:** El objetivo de esta investigación es caracterizar las prácticas de los talleristas del programa PAUTA que llevan a cabo actividades de ciencia para estudiantes de primaria en el contexto de la indagación científica. Primero, se aplicó un marco de “Representación del Contenido” basado en la propuesta de Loughran *et al.* (2004), con el que se categorizó una serie de siete actividades propias del trabajo de enseñanza a través de la indagación que encabezaron las preguntas del cuestionario para cada una de esas actividades (presentado en el X Congreso de investigación Educativa). Posteriormente se videograbó una actividad PAUTA llevada a cabo con niños de primaria en dos periodos (años 2008 y 2010). Estos videos sirvieron para construir “Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica”, siguiendo la misma propuesta de Loughran *et al.*, los que se analizaron con base en una guía de acciones para la

enseñanza basada en la indagación científica, empleada para categorizar la práctica docente.

Esta investigación muestra que los talleristas del programa PAUTA han evolucionado del año 2008 al 2010 en su pensamiento y acción pedagógicos desde una forma de intervenir más frecuente y más directiva, hacia una participación de guía y acompañamiento. Se puede apreciar por los resultados mostrados en el primer periodo (en el 2008) que los talleristas presentan un sesgo hacia una clase de carácter tradicional, que comienza a virar hacia una de corte más basado en la participación estudiantil con base en preguntas y argumentación, más propia de la indagación científica, hacia el 2010.

**PALABRAS CLAVE:** Profesores, Prácticas educativas, John Dewey, Enseñanza de las Ciencias, Educación básica.

### Introducción sobre la Indagación

La enseñanza a través de la indagación científica promueve que los estudiantes respondan preguntas, propongan y lleven a cabo actividades de investigación para comprobar sus ideas. Minner, Jurist y Century (2010), tras una síntesis de resultados entre 1984 y 2002 relativos al impacto de la enseñanza basada en la indagación en estudiantes entre 5 y 12 años, concluyen que: “*las estrategias de enseñanza que comprometen al estudiante activamente en el proceso de aprendizaje a través de investigaciones científicas, incre-*

*mentan la comprensión conceptual mejor que las estrategias que se basan en técnicas pasivas.”*

La indagación científica es un concepto que fue presentado por primera vez en 1910 por John Dewey, y desde entonces una diversidad de educadores e investigadores lo han utilizado. Joseph Schwab (1960) fue una voz influyente en establecer una visión de la educación científica mediante la indagación. Sugirió que los profesores la utilicen primero en el laboratorio, con experimentos, 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.

Parece natural entonces que a lo largo de un siglo se encuentren una variedad importante de interpretaciones y asociaciones de este concepto. Entre las recientes se encuentran la enseñanza de tipo “manos sobre...” (“*hands-on*”), y el posterior complemento “manos y cabezas sobre...” (“*hands-on and minds-on*”); el aprendizaje por descubrimiento; o el desarrollo de procesos y habilidades relacionadas con el método científico, entre otras.

En 1996 el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos de América (NRC 1996: 23) define la indagación como “*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*”. El contenido de los estándares para la indagación científica incluye tanto a las habilidades como la comprensión de la indagación (NAS, 2003: 13).

Allí mismo se menciona que en la indagación los profesores deben promover la curiosidad en sus estudiantes. ¿Pero cómo debe proceder un profesor para lograr esto? De acuerdo con Bybee (2004), se debe considerar los elementos esenciales de la indagación científica; cómo aprenden ciencia los estudiantes; y ser sintetizados en el currículo para comprometer al profesor en el aula.

Se espera que un profesor, para virar de la enseñanza tradicional a una enseñanza basada en la indagación científica, aliente a los estudiantes a preguntarse: ¿Qué datos desechamos y por qué? ¿Qué patrones encontramos en estos datos? ¿Qué explicaciones dan cuenta de estos patrones? En la justificación de sus decisiones los estudiantes deben presentar pruebas y herramientas analíticas.

En los últimos cincuenta años la Indagación científica ha sido un tema de interés en las investigaciones educativas, pero de acuerdo con MacNeill and Krajcik (2008), es poca la cantidad de investigaciones que revisan las prácticas de los profesores en las aulas en que se lleva a cabo la indagación científica. De aquí el interés de este trabajo.

El programa elegido para realizar esta investigación es el llamado ‘Adopte un Talento: PAUTA’, creado por la Academia Mexicana de Ciencias y por la Universidad Nacional Autónoma de México (actualmente es una Asociación Civil). Este programa provee talleres de enseñanza de la ciencia y las matemáticas a estudiantes de enseñanza elemental primaria dirigidos por académicos que llamaremos “talleristas”. Esta investigación tiene por objetivo caracterizar el razonamiento y acción pedagógicos (Shulman, 1987) que presentan en la práctica los talleristas del programa PAUTA, quienes llevan a cabo actividades de ciencia para estudiantes de primaria en contextos de indagación científica.

## Conocimiento Pedagógico del Contenido

El Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) es un concepto que ha recibido gran atención reciente (Gess-Newsome & Lederman, 1999; Abell, 2007, Kind, 2009). Shulman (1986), quien lo acuñó, nos dice “es el conocimiento que va más allá del tema de la materia *per sé* y que llega a la dimensión del conocimiento del tema de la materia *para* la enseñanza”.

Shulman (1987) menciona una serie de puntos que denomina ‘modelo de razonamiento y acción pedagógicos’ que es la forma como los profesores deben preparar y dar una clase. Este aspecto tiene que ver con la acción en el aula y pone en práctica el CPC del profesor (ver la figura 1). Vamos a ver en esta presentación cómo se acopla este esquema a la enseñanza a través de la indagación.

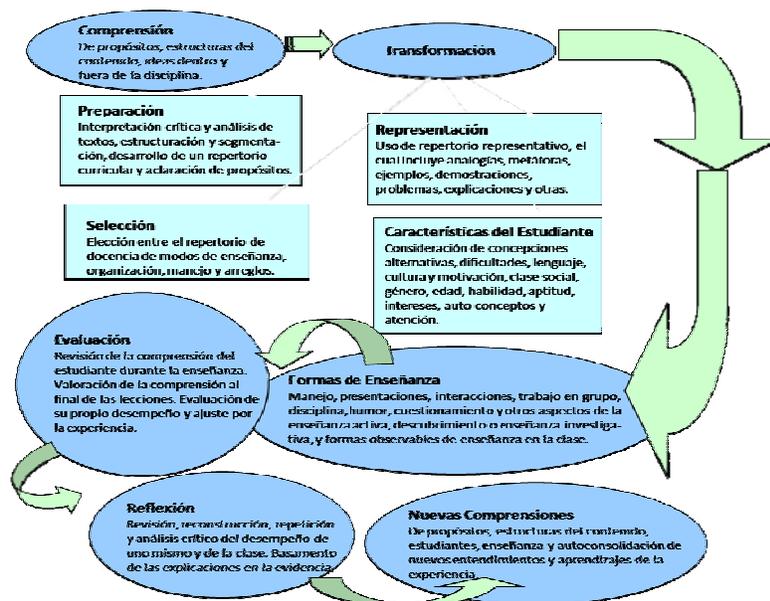


Figura 1. Un modelo de razonamiento y acción pedagógico (Shulman, 1987).

## Metodología

Para caracterizar las prácticas de los talleristas de PAUTA, primero se aplicó a nueve elementos un cuestionario basado en la propuesta de Loughran *et al.* (2004). Los resultados fueron presentados en el X Congreso de Investigación Educativa.

Tomando en cuenta que las actividades pedagógicas involucradas en el aula y el laboratorio son “*herramientas cruciales en las que el profesor introduce a los estudiantes la ciencia como indagación*” (Forbes & Davies, 2010), se videograbaron sesiones de cuatro talleristas con niños de primaria en el primer semestre de 2008 y en el segundo de 2010; para realizar un análisis posterior de las prácticas de indagación científica que realizaron.

El nombre del taller observado es “Flotando sí, flotando no”, el primero de una secuencia de tres talleres llamada “flotación”, que tiene como propósito que los niños exploren y experimenten con diferentes objetos para descubrir que el material es una de las variables que determina la posibilidad de flotación de un objeto y no solamente su tamaño o peso. Las actividades, como recomienda Schwab, son experimentales y permiten revisar conceptos científicos involucrados en un problema o pregunta específica en diferentes contextos.

## Resultados

De acuerdo con la Fundación Nacional de Ciencia de EEUU (NSF, 1999: p. 82) “*Un profesor para guiar una sesión basada en la indagación debe desarrollar una capacidad robusta de diseño pedagógico*”. Se espera que un profesor se aleje de una enseñanza transmisiva y directiva; y se involucre más con actividades como el modelaje, la guía, la facilitación y la evaluación continua del trabajo colaborativo. A partir de materiales creados por el *Exploratorium institute for inquiry* (2010), la *National Science Foundation* (NSF, 1999) adaptó tres guías que apoyan la caracterización de una sesión de indagación científica. La primera con acciones de los estudiantes, la segunda con las del profesor, y la tercera al ambiente de las sesiones. Mostramos la guía para el profesor en el anexo 1 de este trabajo, ya que ha sido empleada para categorizar y evaluar la indagación llevada a cabo por los talleristas de PAUTA.

Taller: Flotando sí, dotando no (T1 de 3) Grado: 1º a 3º	
<b>Los materiales</b>	<p>Material por equipo: 1 recipiente de plástico transparente con agua, tres cucharas del mismo tamaño (una de plástico, una de madera y una de metal), tres cilindros del mismo tamaño (uno de plástico, uno de madera y uno de metal), tres rondanas del mismo tamaño (una de plástico, una de madera y una de metal). Trapos o jergas para limpiar.</p> <p>Material por alumno: Cuaderno de registro</p>
<b>Organización del grupo</b>	<p>Divide al grupo en equipos y destina a cada uno un área de trabajo. Recuerda que es conveniente organizar los equipos en grupos mixtos (en género y grado), así como separar amistades que puedan distraer al grupo.</p>
<b>El problema o reto</b>	<p>Una vez organizados los equipos, presenta los materiales diciendo a los niños: En esta actividad se va a trabajar con un recipiente de plástico transparente, cucharas, cilindros y rondanas. Recuerda que no debes repartir los materiales a los equipos en este momento, sólo debes mostrarlos al grupo para no perder la atención de los niños.</p> <p>Pregunta a los niños: ¿Alguna vez han visto objetos flotando en el agua? ¿Qué han notado? ¿Han visto que algunos objetos flotan en el agua y otros se hundan? ¿Qué objetos han visto que flotan? ¿Por qué creen que flotan? ¿Qué objetos han visto que se hundan? ¿Por qué creen que se hundan? Recuerda que puedes hacer más preguntas que estén relacionadas con las experiencias de los niños y la flotación.</p> <p>Nuestro reto será averiguar: ¿De qué depende que unos objetos floten y otros se hundan?</p> <p>Antes de comenzar, pensemos en lo que pasará: A. ¿Qué sucede cuando metemos un objeto dentro del agua?</p>

Habilidades a promover con los estudiantes (en código de colores)

Descripción del contenido de cada fase con textos y cuestionamientos que se pueden realizar al conducir el taller.

Figura 2. Descripción de la organización y presentación del “guion” que apoya al tallerista en la impartición de la actividad.

Cada uno de los talleres cuenta con un material llamado “guion” que apoya al tallerista en la impartición de la actividad. Una muestra de la organización y presentación de este material se presenta en la Figura 2.

La implementación de estas actividades se inició en el año 2008 y se pudieron documentar en video los primeros trabajos de los talleristas. Se contó con un trabajo intensivo de formación durante los tres meses previos a la realización de los talleres, en el que se revisó literatura de constructivismo, enseñanza de la ciencia, documentos fundamentales del programa (García *et al*, 2010), técnicas didácticas, control y manejo de grupos.

Después de este periodo se formalizó el “programa de formación de talleristas” programándose una sesión semanal en la que se revisaron por un lado cuestiones teóricas y epistemológicas de los fundamentos del proyecto (constructivismo social y desarrollo de habilidades para la ciencia), así como contenidos científico-pedagógicos pertinentes para trabajar con niños; y por otro lado, se analizaron cuestiones operativas con los materiales específicos de las actividades que se llevaron a cabo, así como reflexiones de la labor del tallerista.

Se han encontrado diferencias significativas en los dos periodos (2008 y 2010). Con respecto a la primera actividad de evaluación “Los profesores modelan comportamientos y habilidades” (ver anexo 1), se puede observar que los talleristas en el 2010 proponen más

escenarios para promover que el estudiante tome el control y responsabilidad en sus acciones. Como ejemplo se puede revisar el taller “flotando si flotando no”, el material señalado en el guion no contiene una balanza, sin embargo en el 2010 además del material se coloca en el espacio de trabajo un par de balanzas para que los equipos decidan si las utilizan o no. Se puede observar en el video que, cuando las utilizan los estudiantes, los talleristas apoyan las acciones y además se acercan a cuestionar qué tipo de información buscan y para qué les puede servir.

Para la segunda actividad de evaluación “Los profesores apoyan en el aprendizaje de los contenidos” se encontró presente en todas las sesiones filmadas, pero no presentó diferencias significativas entre los dos periodos.

La tercera y cuarta actividades de evaluación (“Los profesores utilizan múltiples formas de evaluación” y “Los profesores como facilitadores”) presentan una marcada evolución del 2008 al 2010, evidenciada fundamentalmente en que para la segunda fase de filmación los talleristas escuchan más atentamente y un mayor número de veces, y hablan o dirigen mucho menos a los estudiantes; las conversaciones que se sostienen en el aula en el 2010 evidencian que los talleristas emplean lo que han escuchado como información base para expresarla siguiente idea o comentario.

Por ejemplo en la siguiente parte de la transcripción del 2010:

*N1 (Niño 1): Pesamos el cilindro de madera, el cilindro de madera flota, pero era menos pesado. Y la cuchara, es, la cuchara más bien es menos pesada que el cilindro. Pero el cilindro pues...*

*T1 (Tallerista 1): ¿qué cuál cilindro? [hay un cilindro de madera y uno de metal]*

*N2 (Niño 2): La cuchara de metal es más pesada, es un gramo más pesada que el cilindro de madera*

*N1: ¿pero el cilindro no era más pesado? ¿o sí? [N2 y N3 asienten, se entiende que aceptan que el cilindro era más pesado]*

*N1. El cilindro es más pesado que la cuchara, ese [el cilindro] no se hundió y la cuchara sí.*

*T1: Mira qué interesante ¿Qué pueden decir de esto?*

*N1: Pues yo creo que es el material.*

Se puede apreciar que las intervenciones del tallerista sirven para continuar y precisar la discusión que ya se lleva a cabo dentro del grupo.

En comparación con 2008, hay una variedad de intervenciones por parte del tallerista en las que es claro que éste no escuchó a los estudiantes antes de opinar, comentar o cuestionar. Incluso se puede observar alguna tendencia de imponer una pregunta particular a un grupo, diferente a los que los niños venían discutiendo, y con frecuencia esto coincide cuando el tallerista irrumpe en el grupo de trabajo y pregunta algo, sin haber escuchado previamente la discusión en curso en el grupo.

*T2: De los objetos que ustedes tienen ahí ¿cuáles consideran que se van a hundir?*

*N1: el de fierro*

*T2: Aja, el cilindro de metal*

*T2: ¿Qué otro?*

*T2: Por acá también dicen que el cilindro de madera se va a hundir ¿Por qué consideran que se va a hundir el cilindro de madera?*

*T2: ¿porque está pesada?, ¿no?*

En este párrafo se puede observar que el tallerista lleva la discusión a un material (el cilindro de madera) que no es mencionado en ese momento por los niños,

También se encontró que los talleristas en el 2010 comenzaron a sugerir nuevas cosas para tratar de promover un avance en la construcción tanto conceptual como de habilidades. Por ejemplo en el 2010, una vez que han resuelto el problema propuesto, los talleristas plantean un segundo reto (que no está en el guion del taller) a partir de las conclusiones a las que está llegando el equipo y que pueden dar más luz al fenómeno. Se encontró en el 2008 cómo los talleristas siguieron el guion del taller de forma más rígida que en 2010, donde actuaron de forma más flexible, adaptándose a la conversación de los grupos.

## Consideraciones finales

Esta investigación muestra que los talleristas PAUTA han evolucionado en su comportamiento y acciones desde una forma de intervenir más frecuente y más directiva, hacia una participación de guía y acompañamiento, que involucra sugerir cosas nuevas para tratar de hacer y pensar. En 2010 se acepta más la argumentación como un aspecto central de los talleres.

Las talleristas apoyados con materiales y las sesiones de formación en las que participan pueden producir un contexto de aprendizaje categorizado como enseñanza basada en la indagación mediante los indicadores utilizados para el profesor (NSF, 1999).

Se puede apreciar en las primeras implementaciones (en el 2008) que los talleristas presentan un sesgo hacia una clase de corte tradicional, que comienza a virar hacia una de corte basado en la indagación científica hacia el 2010.

Finalmente, todos los cambios involucran energía, trabajo y compromiso, particularmente si el cambio consiste en cambiar habilidades pedagógicas, cuestión indispensable si el objetivo es apoyar apropiadamente a los estudiantes, y proveerles experiencias de aprendizaje centradas en ellos.

## Agradecimientos

Agradecemos al programa PAUTA las facilidades para conducir la investigación; y a la Universidad Nacional Autónoma de México y al Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal por apoyar la realización de los estudios de grado de doctora de la segunda autora del presente estudio.

## Referencias

- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teaching Knowledge. (In Abell, S. K. & Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, (Chapter 36, pp. 1105-1149), Mahwah, NJ, USA: Erlbaum).
- Bybee, R. (2004), "Scientific inquiry and science teaching", Capítulo 1 en L. B. Flick and N. G. Lederman (eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science*, 301-317. Dodrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.
- Dewey, J. (1910). "Science as subject-matter and as method". *Science*, 31, pp. 121–127.

- Exploratorium Institute for Inquiry (2010) Consultado en la URL <http://www.exploratorium.edu/IFI/>, última consulta enero 16, 2011.
- Forbes, C. T. & Davis, E. A. (2010). "Curriculum Design for Inquiry: Preservice Elementary Teachers' Mobilization, and Adaptation of Science Curriculum Materials", *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), pp. 820-839.
- García, A., E., Hirsch, J., García, B., Flores, F. y Frank, A. "El programa PAUTA y el desarrollo de habilidades para la ciencia en la escuela primaria". *Anuario Educativo Mexicano*. (Aceptado para su publicación en Enero de 2010)
- Gess-Newsome, J. & Lederman, N. G. (1999, Eds.). *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education*. (Dordrecht: Kluwer).
- Kind, V. (2009). "Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress", *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.
- Loughran, J., Mulhall, P., & 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, 370-391.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). "Scientific explanations: characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning". *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 53-78.
- Martin-Hansen, L. (2002). "Defining inquiry". *The Science Teacher*, 69(2), pp. 34-37.
- Millar, R. y Driver, R. (1987). "Beyond process". *Studies in Science Education*, 14, p 33-62.
- Minner, D., Jurist L.; Century, J., (2010). "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.
- National Academy of Science (2003). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*, National Research Council, Washington DC, National Academies Press.
- NSF "National Science Foundation". (1999). *Inquiry: Thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom*. Volume 2 of Foundations. Washington DC: National Science Foundation.
- NRC "National Research Council" (1996). *The National Science Education Standards*, Washington DC: National Academies Press.
- Schwab, J. (1960). "What Do Scientists Do?" *Behavioral Science*, 5(1), 1-27.
- Shulman, L. S. (1986). "Those who understand: knowledge growth in teaching", *Educational Researcher*, vol. 15, pp.4-14.
- Shulman, L. S. (1987). "Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform", *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

## Anexos

Anexo 1: Guía de Indicadores de la indagación: Los profesores/profesoras (Traducida de NSF, 1999, p.82-83, Capítulo 10 por D. Ash & B. Kluger-Bell "Identifying Inquiry in the K-5 Classroom").

- 1) Los profesores modelan comportamientos y habilidades
  - a) Muestran a los niños cómo usar nuevos materiales o herramientas
  - b) Guían a los estudiantes en tomar mayor responsabilidad en investigaciones.
  - c) Ayudan a sus estudiantes a diseñar y llevar a cabo habilidades de registro, documentación y a elaborar conclusiones.
- 2) Los profesores apoyan en el aprendizaje de los contenidos
  - a) Ayudan a que los estudiantes formulen explicaciones tentativas mientras se mueven hacia la comprensión de los contenidos.
  - b) Introducen herramientas, materiales e ideas científicas apropiadas para el aprendizaje del contenido.
  - c) Usan terminología apropiada para los contenidos, así como también en un lenguaje matemático y científico.
- 3) Los profesores utilizan múltiples formas de evaluación
  - a) Son sensibles a lo que los niños están pensando y aprendiendo, e identifican las áreas en que los niños tienen dificultades.
  - b) Hablan con los niños, elaboran preguntas, hacen sugerencias, comparten e interactúan.
  - c) Se mueven por todo el salón y se mantienen disponibles para todos los estudiantes.
  - d) Ayudan a los niños a moverse al siguiente nivel de aprendizaje con sus propias pistas y sugerencias.

4) Los profesores como facilitadores

- a) Utilizan preguntas abiertas para promover investigación, observación y razonamiento.
- b) Escuchan cuidadosamente las ideas, comentarios y preguntas de los estudiantes para ayudarles a desarrollar sus procesos de habilidades y razonamiento.
- c) Sugieren nuevas cosas para mirar, intentar y alentar nuevas experimentaciones y razonamientos.
- d) Dirigen y alientan el dialogo de los estudiantes.