

---

## EL CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO DE LA INDAGACIÓN. UN INSTRUMENTO DE CAPTURA

---

ANDONI GARRITZ RUIZ / DIANA VERÓNICA LABASTIDA PIÑA / SILVIA ESPINOSA BUENO

### RESUMEN:

Presentamos el marco teórico de la indagación científica en el aula o el laboratorio de ciencias naturales mediante un análisis histórico que abarca a John Dewey, Joseph Schwab, los Estándares sobre la Enseñanza de la Ciencia de los Estados Unidos y algunas de las contribuciones más recientes sobre el tema. Conectaremos nuestro análisis con el concepto de Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) de Shulman, en la búsqueda de un marco que hemos llamado “Representación del Contenido de la Indagación” (ReCoi), de acuerdo con la nomenclatura que han dado John Loughran et al. a sus instrumentos para documentar el CPC. La idea es que dicho cuestionario nos permita capturar las actividades de indagación que algunos profesores de ciencias, en el bachillerato y en el primer semestre de la universidad, emplean como estrategia didáctica central para enseñar en sus clases. Esperamos tener capturados cuatro ReCoi s, las que serán comentadas durante la presentación, para analizar lo que conocen los profesores sobre los aprendices, las representaciones que emplean en sus clases y laboratorios para hacer comprensible el tema (analogías, metáforas, símiles, demostraciones, ejercicios, simulaciones, etc.), los aspectos curriculares que involucran y la forma de evaluar formativamente sus avances.

**PALABRAS CLAVE:** Indagación, Bachillerato, Enseñanza de las ciencias, Conocimiento pedagógico del contenido, Representación del contenido.

### INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

La inclusión de la indagación en el currículo de ciencias de la primaria y la secundaria fue recomendada por John Dewey (1910), quien en una época fue profesor de ciencias. Dewey consideraba que se daba demasiado énfasis a los hechos y no tanto al pensamiento científico y a la actitud mental

---

correspondiente. Él insistió en que los profesores utilizaran la indagación como una estrategia de enseñanza, aprovechando el método científico con sus seis pasos: detectar situaciones desconcertantes; aclarar el problema; formular una hipótesis tentativa; probar dicha hipótesis; revisarla a través de pruebas rigurosas y actuar sobre la solución. En el modelo de Dewey el estudiante es participativo y está involucrado activamente, mientras que el profesor es un guía y un facilitador.

Por su parte, Joseph Schwab (1966) creyó que los estudiantes habrían de ver la ciencia como toda una serie de estructuras conceptuales que deberían revisarse continuamente cuando fuera descubierta nueva información o evidencia. Años antes, Schwab (1960) había descrito dos tipos de indagación: la estable (un cuerpo de conocimientos creciente) y la emergente (invención de nuevas estructuras conceptuales que revolucionan la ciencia). Schwab consideró que la ciencia debería enseñarse de una forma consistente con la manera en la que opera la ciencia moderna. Estimulaba a los profesores de ciencia a emplear el laboratorio para ayudar a los alumnos a estudiar los conceptos científicos. Recomendaba que la ciencia se enseñara en un formato de indagación. Lateralmente al uso de la investigación de laboratorio para estudiar los conceptos científicos a través de la indagación, los estudiantes podrían leer informes o libros sobre investigaciones y tener discusiones sobre problemas relevantes, datos, el papel de la tecnología, la interpretación de los datos y alcanzar cualquier tipo de conclusión obtenida por los científicos. Schwab llamó a este proceso “indagación dentro de la indagación (enquiry into enquiry)” (Barrow, 2006).

### **UNA DEFINICIÓN DE INDAGACIÓN**

La indagación científica se refiere a las diversas formas en las cuales los científicos abordan el conocimiento de la naturaleza y proponen explicaciones

---

basadas en la evidencia derivada de su trabajo. La indagación también se refiere a las actividades estudiantiles en las cuales ellos desarrollan conocimiento y entendimiento de ideas científicas. La indagación es:

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 (NCR, 1996: 23).

La indagación requiere identificar suposiciones, el empleo del pensamiento crítico y lógico, así como considerar explicaciones alternas. Los estudiantes serán atraídos por los aspectos selectos de la indagación conforme aprenden la forma científica de conocer el mundo natural, pero igualmente desarrollarán la capacidad de llevar a cabo indagaciones completas.

Lisa Martin-Hansen (2002) define varios tipos indagación:

- Indagación abierta: 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.
- Indagación guiada: Donde el profesor guía y ayuda a los estudiantes a desarrollar investigaciones indagatorias en el salón o el laboratorio.
- Indagación acoplada: La cual acopla la indagación abierta y la guiada.
- Indagación estructurada: Es una indagación dirigida primordialmente por el profesor, para que los alumnos lleguen a puntos finales o productos específicos.

---

Como ejemplos de investigaciones recientes sobre el tema de la indagación, citaremos como relevantes las siguientes: (NCR, 2000; Eick, 2000; Bell *et al.*, 2003; Abd-El-Khalick *et al.* 2004; Bybee, 2004; Flick, 2004; Schwartz, Lederman y Crawford, 2004; Garritz, 2006; Barrow, 2006; Khan, 2007; Akerson, y Hanuscin, 2007).

### **EL CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DISCIPLINARIO Y LA REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO**

El Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) es un concepto que ha recibido gran atención recientemente, tanto en el campo de la investigación, como en el de la práctica (Gess-Newsome y Lederman, 1999; De Jong, Veal y Van Driel, 2002; Hashweh, 2005; Abell, 2007; Miller, 2007; Park y Oliver, 2008). Sobre él Lee S. 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: 9).

Talanquer (2004; p. 53) nos da una buena caracterización del CPC cuando nos dice:

Esta recreación del contenido demanda que el docente: identifique las ideas, conceptos y preguntas centrales asociados con un tema; reconozca las probables dificultades conceptuales que enfrentarán sus alumnos y su impacto en el aprendizaje; identifique preguntas, problemas o actividades que obliguen al estudiante a reconocer y cuestionar sus ideas previas; seleccione experimentos, problemas o proyectos que permitan que los estudiantes exploren conceptos e ideas centrales en la disciplina; construya explicaciones, analogías o metáforas que faciliten la comprensión de conceptos abstractos; diseñe actividades de evaluación que permitan la aplicación de lo aprendido en la resolución de problemas en contextos realistas y variados.

La metodología aplicada cotidianamente por los autores para documentar el CPC de los profesores es mediante dos herramientas complementarias: la

---

llamada representación del contenido (ReCo) y los repertorios de experiencia profesional y pedagógica (Re-PyP), propuestos ambos por un grupo australiano de investigación educativa (Loughran *et al*, 2001; Loughran, Mulhall y Berry, 2004).

La ReCo establece y discute el entendimiento de los profesores de ciencias sobre aspectos particulares del CPC, empezando por declarar las ideas centrales alrededor del tema específico; la importancia de que los alumnos las adquieran; el conocimiento de las concepciones alternativas de los estudiantes; los puntos conocidos de confusión en ellos; la secuenciación efectiva; las estrategias didácticas empleadas para presentar las ideas y las formas perspicaces de evaluar la comprensión de las mismas (Reyes y Garritz, 2006).

Recientemente, dos de los autores de este trabajo publicaron un artículo en un número especial del *International Journal of Science Education*, dedicado al «Pedagogical Content Knowledge» (Padilla, Ponce-de-León, Rembado, y Garritz, 2008).

### **EL DESARROLLO DEL CUESTIONARIO PARA CONSTRUIR LA RECOI**

Para construir el cuestionario equivalente a la Representación del Contenido de Loughran *et al.* (2004), partimos de la lectura del libro *Science, curriculum and liberal education* de Schwab (1978), donde este autor resume las capacidades que la actividad de indagación intenta construir en las mentes de los estudiantes. Nosotros agregamos las habilidades para indagar especificadas en NCR (1996) y que son:

- 1) Identificar preguntas y conceptos que guíen las investigaciones (los estudiantes formulan una hipótesis probable y un diseño experimental apropiado para ser utilizado);

- 
- 2) Diseñar y conducir investigaciones científicas (con el empleo de conceptos claros y bien definidos, el equipo apropiado, precauciones de seguridad, empleo de tecnologías, etc., los estudiantes deben buscar evidencias, aplicar la lógica, poner a prueba sus hipótesis y construir un argumento para las explicaciones propuestas);
  - 3) Utilizar las tecnologías más apropiadas y la matemática para mejorar las investigaciones y su comunicación;
  - 4) Formular y revisar las explicaciones y modelos científicos mediante el empleo de la lógica y la evidencia (la indagación estudiantil debiera resultar en una explicación o un modelo plausible o científico);
  - 5) Reconocer y analizar explicaciones y modelos alternativos (revisar el entendimiento científico actual y reunir evidencias para determinar cuáles explicaciones del modelo son las mejores);
  - 6) Comunicar y defender un argumento científico (los estudiantes deben refinar sus habilidades y reunir presentaciones orales y por escrito que involucren las respuestas a los comentarios críticos de sus pares).

Para aclarar lo dicho en 1996, el National Research Council (2001) publicó *Inquiry and the National Science Education Standards* se identificaron las siguientes cinco cuestiones esenciales de la indagación, independientes del nivel de estudios de los estudiantes, y que involucran:

- 1) El planteamiento de preguntas científicamente orientadas (PCO) que atraigan a los estudiantes,
- 2) Que la evidencia recabada por los alumnos que les permita desarrollar y evaluar sus explicaciones a las PCO,

- 
- 3) Plantear explicaciones desarrolladas por los estudiantes a partir de la evidencia reunida para encarar las PCO,
  - 4) Evaluar sus explicaciones, lo cual puede incluir explicaciones alternas que reflejen el entendimiento científico, y
  - 5) Comunicar y justificar las explicaciones propuestas.
  - 6)

Bybee (2004) nos presenta la siguiente tabla que contiene las habilidades requeridas para hacer indagación científica y las comprensiones derivadas de ese ejercicio:

Capacidades necesarias para realizar la indagación científica	Entendimientos acerca de la indagación científica
Identificar preguntas que puedan ser respondidas a través de la investigación científica	Diferentes tipos de preguntas sugieren diferentes clases de investigaciones científicas
Diseñar y conducir una investigación científica	El conocimiento científico actual y el entendimiento guían las investigaciones científicas
Usar herramientas apropiadas y técnicas para reunir, analizar e interpretar datos	Las matemáticas son importantes en todos los aspectos de la indagación científica
Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y modelos al utilizar las evidencias	La tecnología empleada para reunir los datos eleva la precisión y permite a los científicos analizar y cuantificar los resultados de la investigación
Pensar crítica y lógicamente para establecer la relación entre la evidencia y la explicación	Las explicaciones científicas hacen énfasis en la evidencia, poseen argumentos lógicamente consistentes y utilizan principios científicos, modelos y teorías
Reconocer y analizar explicaciones alternas y predicciones	La ciencia avanza debido al escepticismo legítimo
Comunicar procedimientos científicos y explicaciones	Las investigaciones científicas en ocasiones resultan en nuevas ideas y fenómenos dignos de estudio, generan nuevos métodos o procedimientos para investigar, o desarrollan nuevas técnicas para mejorar la recogida de datos
Usar matemáticas en todos los aspectos de la indagación científica	

---

Por su parte, Samia Khan (2007) plantea las siguientes actividades básicas de la indagación:

- Identificar un problema y reunir información;
- Hacer predicciones;
- Hacer sentido de las observaciones y buscar patrones en la información;
- Usar analogías e intuición física para conceptualizar los fenómenos;
- Analizar y representar datos;
- Postular factores causales potenciales;
- Trabajar con las evidencias para desarrollar y revisar las explicaciones;
- Generar relaciones hipotéticas entre las variables;
- Evaluar la consistencia empírica de la información;
- Formular y manipular modelos mentales o físicos (modelado);
- Coordinar los modelos teóricos con la información; y
- Compartir lo que se ha aprendido durante la indagación con otras personas.

En fin, a partir de toda esta recopilación de actividades para la indagación, y pensando en un cuestionario aplicable a profesores que en su ejercicio dedicaran su esfuerzo de enseñanza hacia actividades de indagación, decidimos construir la ReCo con cinco preguntas y siete actividades:

**Preguntas:**

- 1) Describa brevemente porqué considera importante el desarrollo de algunas de las actividades de indagación mencionadas (Responda usted solamente

---

para aquellas que utiliza en su labor docente tanto esta pregunta como las cuatro que siguen).

- 2) ¿A qué dificultades o limitaciones se enfrenta al implantar esta actividad?
- 3) ¿Cuáles considera que son las dificultades de los estudiantes cuando aborda esta actividad?
- 4) ¿Qué ejemplos y procedimientos emplea para llevar a cabo esta actividad?
- 5) ¿De qué manera evalúa si los estudiantes han entendido o se han confundido con esta actividad?

### **Actividades:**

- 1) Identificar y plantear preguntas que puedan ser respondidas mediante la indagación;
- 2) Definir y analizar bien el problema a resolver e identificar sus aspectos relevantes;
- 3) Reunir información bibliográfica para que sirva de evidencia;
- 4) Formular explicaciones al problema planteado, a partir de la evidencia;
- 5) Plantear problemas de la vida cotidiana y tocar aspectos históricos relevantes;
- 6) Diseñar y conducir trabajo de investigación a través de diversas acciones (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);

- 7) Compartir con otros mediante argumentación lo que ha sido aprendido a través de indagación.

### **DISCUSIÓN DE LOS CUESTIONARIOS DE LA RECOI**

El cuestionario que alcanzamos fue probado con dos profesoras, y reconstruido en función de la prueba. Al tenerlo listo, se aplicó a cuatro profesores y profesoras que emplean la indagación como estrategia didáctica para que sus alumnos aprendan. Ya tenemos la respuesta de la primera, una maestra de química de la Escuela Nacional Preparatoria, y está en camino la de la segunda, una profesora de física del primer semestre universitario de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Vamos a concluir la presentación de esta ponencia con el análisis acerca de lo que conocen los profesores sobre sus aprendices, las representaciones que emplean en sus clases y en el laboratorio para hacer comprensible el tema ante sus estudiantes (analogías, metáforas, símiles, ejemplos, demostraciones, ejercicios, prácticas, simulaciones, etc.), el abanico de los aspectos curriculares que involucran y la forma de evaluar formativamente sus avances. Pensamos que va a aparecer toda una gama variada de resultados de la cual podremos resaltar los aspectos más impactantes e innovadores involucrados por los profesores indagadores.

---

## REFERENCIAS

- Abd-El-Khalick, F.; Boujaoude, S.; Duschl, R.; Lederman, N. G.; Mamlok-Naaman, R.; Hofstein, A.; Niaz, M.; Treagust, D. y Tuan, H-L. (2004). "Inquiry in science education: international perspectives", *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Abell, S. K. (2007). "Research on Science Teaching Knowledge", en Abell, S. K. y Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, (cap. 36, pp. 1105-1149), Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Akerson, V. L. y Hanuscin, D. L. (2007). "Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-year professional development program", *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- Barrow, L. H. (2006). "A brief history of inquiry: from Dewey to standards", *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265-278.
- Bell, R. L.; Blair, L. M.; Crawford, B. A. y Lederman, N. G. (2003). "Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry", *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.
- Bybee, R. W. (2004). "Scientific inquiry and science teaching", en Flick, L. B. y Lederman, N. G. (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (cap. 1; pp. 1-14). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- De Jong, O.; Veal, W. R. y Van Driel, J. H. (2002). "Exploring chemistry teachers' knowledge base", en J. K. Gilbert y otros (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 369-390). Dordrecht: Kluwer.
- Dewey, J. (1910). "Science as subject-matter and as method", *Science*, 31, 121-127.
- Eick, C. J. (2000). "Inquiry, nature of science, and evolution: the need for a more complex pedagogical content knowledge in science teaching" *Electronic Journal of Science Education*, 4(3), [http://ejse.southwestern.edu/original%20site/manuscripts/v4n3/articles/art03\\_eick/eick.html](http://ejse.southwestern.edu/original%20site/manuscripts/v4n3/articles/art03_eick/eick.html).
- Flick, L. (2004). "Developing understanding of scientific inquiry in secondary students", en L. Flick y N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (cap. 8; pp. 157-172). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Garritz, A. (2006). "Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano", *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 127-152.

- 
- Gess-Newsome, J. y Lederman, N. G. (eds.) (1999). *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education*, Dordrecht: Kluwer.
- Hashweh, M. Z. (2005). "Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge", *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(3), 273-292.
- Khan, S. (2007). "Model-based inquiries in chemistry", *Science Education*, 91, 877-905.
- Loughran, J.; Milroy, P.; Berry, A.; Gunstone, R. y Mulhal, P. (2001). "Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs", *Research in Science Education*, 31(2), 289-307.
- 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.
- Martin-Hansen, L. (2002). "Defining inquiry", *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Miller, M. L. (2007). "Pedagogical content knowledge", en George M. Bodner y MaryKay Orgill (eds.) *Theoretical Frameworks for Research in Chemistry/Science Education*, (cap. 5, pp. 86-106) Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- NCR, National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: Academic Press.
- NCR, National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Padilla, K.; Ponce-de-León, A. M.; Rembado, F. M. y Garritz, A. (2008). "Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: The case of 'amount of substance'", *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389-1404.
- Park, S. y Oliver, J. S. (2008). "Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals", *Research in Science Education*, 38, 261-284.
- Reyes-C., F. y Garritz, A. (2006). "Conocimiento pedagógico del concepto de 'reacción química' en profesores universitarios mexicanos", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 11, núm. 31, pp. 1175-1205 (consultado: 1° de marzo de 2009 en <http://www.comie.org.mx/documentos/rmie/v11/n31/pdf/rmiev11n31scB02n01es.pdf>)
- Schwab, J. (1960). "Enquiry, the science teacher, and the educador", *The Science Teacher*, 27, 6-11.

- 
- Schwab, J. (1966). *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schwab, J. J. (1978). *Science, curriculum and liberal education*, Chicago, University of Chicago Press.
- Schwartz, R.; Lederman, N. G. y Crawford, B. A. (2004). "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(4), 610-645.
- 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.
- Talanquer, V. (2004). "Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química?", *Educ. Quim.* 15(1), 52-57.