



Módulos didácticos

CIENCIAS NATURALES

Marco referencial

MINISTERIO DE EDUCACIÓN
NIVEL DE EDUCACIÓN BÁSICA

2013



ÍNDICE

1.	¿Por qué enseñar ciencia?	4
2.	Pero ¿qué es la ciencia?	5
	2.1. La ciencia como forma de conocimiento	6
	2.2. La ciencia como grupo de métodos o procedimientos	8
3.	¿Cómo enseñar ciencia?	14
	3.1. ¿Qué estrategias debemos utilizar para enseñar ciencia?	17
	3.2. La indagación científica como una estrategia de enseñanza	19
	3.3. ¿Cómo planificar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación?	20
4.	Módulos didácticos; una propuesta para la indagación en el aula	23

1. ¿Por qué enseñar ciencia?

La discusión sobre el porqué se debe enseñar ciencias conduce actualmente, de un modo inevitable, a abordar el concepto de alfabetización científica. Es decir, profesoras y profesores estamos llamados a enseñar ciencia para que todos los estudiantes se conviertan en ciudadanos informados en términos científicos, que puedan tener opinión y participar en la toma de decisiones con base científica¹. Esta nueva visión implica una enseñanza de la asignatura más democrática que se traduce en una ciencia para la diversidad, que no deja atrás a ningún estudiante y ofrece oportunidades de aprendizaje para todos².

Aunque existen diversos autores y diferentes documentos curriculares de educación científica alrededor del mundo que han descrito qué es la alfabetización científica, al respecto, hay consenso en afirmar que estar alfabetizado no implica solamente el manejo de contenidos científicos, sino también la adquisición de diferentes habilidades y actitudes relacionadas con la ciencia. Así, por ejemplo, según la Asociación de Profesores de Ciencia de Norteamérica (NSTA), un estudiante alfabetizado científicamente debería mostrar que:

- Comprende conceptos centrales, hipótesis y teorías científicas, y es capaz de usarlas.
- Utiliza conceptos científicos, habilidades procedimentales y valores para adoptar decisiones responsables en el diario vivir.
- Comprende que la ciencia y la tecnología influyen en la sociedad y que ésta también influye en ellas.
- Comprende que el conocimiento científico es provisorio y que está sujeto a cambio de acuerdo a la generación de nuevas evidencias.
- Distingue entre evidencia científica y opinión personal, entre otras cosas.

En síntesis, la enseñanza de la ciencia no busca únicamente que los estudiantes aprendan contenidos científicos, sino también que desarrollen actitudes tales como el escepticismo y la valoración del mundo natural, que adquieran y refuercen habilidades como la creatividad, la capacidad de argumentación en base a la evidencia, el pensamiento lógico, la inferencia y el hacerse preguntas científicas, comprendiendo, finalmente, que el conocimiento científico se genera a través de la investigación que realizan personas comunes y corrientes como son los científicos³.

1. Lederman, N. J. Lederman & R. Bell (2004). *Constructing Science in Elementary Classrooms*. Pearson Education, Inc.; Bybee, R. W., J. C. Powell, & L. W. Trowbridge (2008). *Teaching secondary school science*. Pearson Education, Inc.; Ward, H., J. Roden, C. Hewlett & J. Foreman (2008). *Teaching science in the primary classroom*. SAGE Publications Inc.

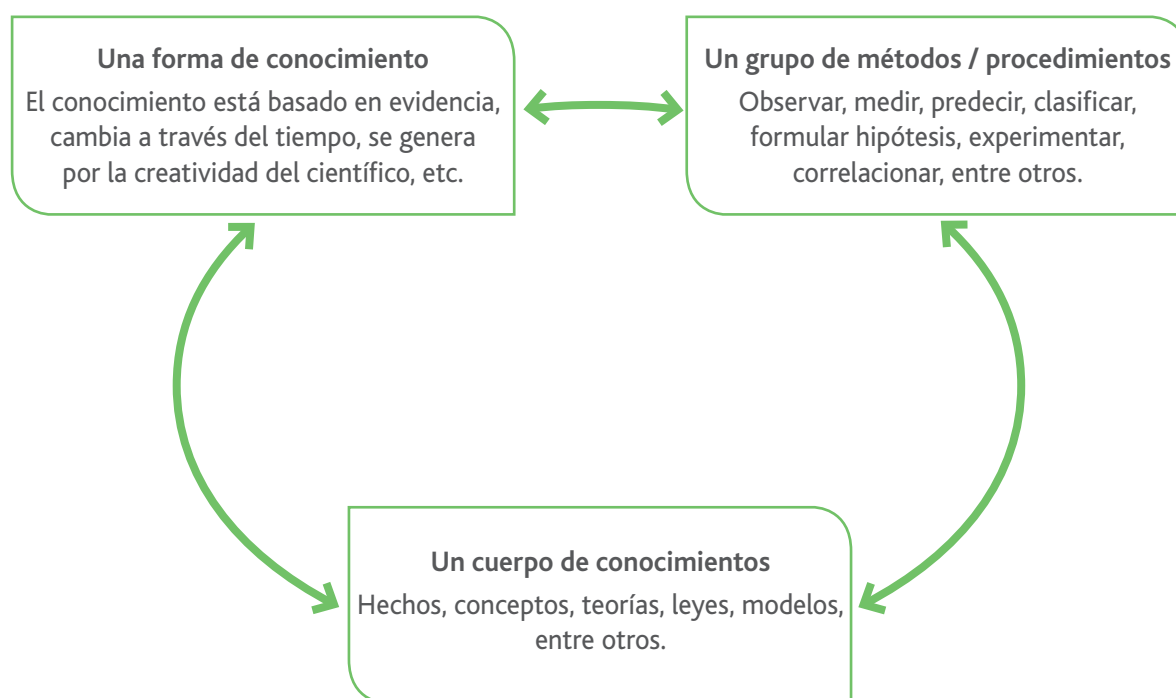
2. Settlage J. & S. Southerland (2012). *Teaching Science to Every Child*. Routledge, USA.

3. Settlage J. & S. Southerland (2012), *op. cit.*

2. Pero ¿qué es la ciencia?

En términos prácticos, y sin desmerecer los aspectos filosóficos o epistemológicos que podrían abordarse al definir qué es la ciencia, para la educación científica la ciencia está formada por tres dominios (Fig. 1): el conocimiento científico, que incluye teorías, modelos, leyes y conceptos de diferentes disciplinas como la biología, la física, la química, la geología y la astronomía, entre otras; la indagación o investigación científica, que incluye la forma, los métodos o los procedimientos a través de los cuales se genera este conocimiento científico; y las características o la naturaleza de este conocimiento⁴.

Figura 1. Dominios de la ciencia para la educación científica⁵.



4. Bell, R. (2009). Teaching the nature of science. Recuperado el 29 de junio de 2012 desde: <http://pactiss.org/wp-content/uploads/2011/08/Teaching-the-Nature-of-Science1.pdf>

5. Modificado de Bell, R. (2009), op. cit.

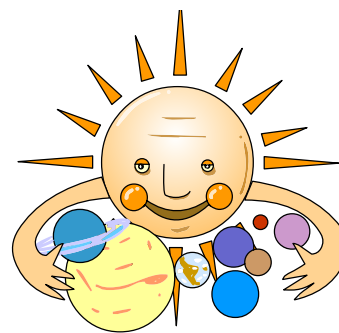
2.1 La ciencia como forma de conocimiento

La naturaleza de la ciencia o también llamada naturaleza del conocimiento científico indica que las características del conocimiento científico se relacionan directamente con la forma en que éste se produce⁶. Existen, además, otras definiciones más amplias que lo describen simplemente como el "conocer cómo trabaja la ciencia"⁷.

Dentro de la literatura de educación científica se han señalado más de veinte características como propias de la naturaleza de la ciencia⁸, que incluyen tanto aspectos del conocimiento generado como de la metodología que usan los científicos para generar este conocimiento, y se pueden sintetizar en las siguientes⁹:

- a. El conocimiento científico es provisorio o tentativo. Las proposiciones científicas cambian cuando se obtiene nueva evidencia, o cuando la evidencia anterior es reinterpretada por los científicos.
- b. Al menos parcialmente, el conocimiento científico está basado en, y/o se deriva de observaciones del mundo natural (empírico).
- c. La ciencia incluye la creatividad y la imaginación en todas las etapas de la investigación.
- d. El conocimiento científico se genera a través de diferentes métodos y no existe solo un procedimiento con pasos predefinidos.
- e. El conocimiento científico se organiza en hipótesis, predicciones, modelos, teorías, leyes, entre otros diferentes tipos de explicaciones de fenómenos observables.

Dibujo que ilustra el carácter tentativo y provisorio del conocimiento científico y el hecho de que son las comunidades científicas las que generan este conocimiento desde un aceptado como oficial. Solo en años recientes (2006) Plutón dejó de ser considerado como planeta por la comunidad astronómica internacional, estatus que mantuvo por más de 70 años.



Los extraño amigos

6. Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En: S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 831–879.
7. Wellington, J., & Ireson, G (2008). Science Teaching, Science Learning, London: Routledge.
8. Lederman, N. G. (2007), op. cit.
9. Tomado de Cofré, H. (2012). La enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia en Chile: del currículo a la sala de clases. Revista Chilena de Educación Científica, 11, 12–21.

- f. El conocimiento científico se genera a través de la suma de los datos y la inferencia de los científicos.
- g. Los científicos utilizan su experiencia, sus creencias y su intuición al generar el conocimiento científico, por lo que su resultado nunca es totalmente objetivo.
- h. El conocimiento científico es el resultado del trabajo de comunidades científicas con mayor o menor grado de colaboración.
- i. La ciencia, como cualquier empresa humana, se practica en un contexto de una cultura mayor y sus practicantes (los científicos) son el producto de esa cultura.
- j. La ciencia y la tecnología son campos que se impactan mutuamente, pero no son lo mismo.

La comprensión de la naturaleza del conocimiento científico ha sido reconocida, desde hace varias décadas, como una parte fundamental de la alfabetización científica en diferentes documentos oficiales alrededor del mundo¹⁰. En el caso de Chile¹¹, las Bases Curriculares de Ciencias Naturales estiman necesario el acercamiento de los estudiantes a los principios y grandes ideas de la ciencia¹². Ello debe incluir no solo la aproximación a ideas **de** la ciencia, sino también ideas **sobre** ella, como que: no hay solamente un método científico para generar y probar las explicaciones científicas; las explicaciones propuestas deben basarse en evidencia obtenida a partir de observaciones y experimentos; cualquier teoría o modelo es provisional y está sujeto a revisión a la luz de nuevos datos; y que las aplicaciones de la ciencia tienen con frecuencia implicancias éticas, sociales, económicas y políticas, entre otras.

En nuestro curriculum nacional existen referencias explícitas a la naturaleza de la ciencia en diferentes cursos, y algunos de los aspectos referidos a ella que podemos encontrar son: su carácter provisorio, la importancia de las evidencias y datos empíricos, y el aspecto social y cultural que rodea al quehacer científico.

10. American Association for the Advancement of Science (1990). Science for all Americans. New York: Oxford University Press; National Research Council (NRC) (1996). National Science Education Standards. Washington, D.C. Academic Press.

11. Bases Curriculares de Ciencias Naturales, 2012.

12. Harlen, W. (2010). Principles and big ideas of science education. ASE. Obtenido de: www.ase.org.uk.

2.2 La ciencia como grupo de métodos o procedimientos

Junto a las características del conocimiento científico, están los procedimientos y métodos por los cuales éste se genera y que son conocidos como indagación o investigación científica. La indagación científica, así como la naturaleza de la ciencia, son partes fundamentales de la alfabetización. Por esta razón, las últimas reformas en educación científica alrededor del mundo (por ejemplo, en países como USA, Inglaterra, Canadá, Australia, Taiwán, Líbano, Israel y Venezuela) la han incluido en su currículum¹³. Sin embargo, la indagación científica muchas veces se ha definido de forma ambigua, lo cual puede ser un obstáculo para que los profesores(as) puedan desarrollarla en sus aulas.

Existen muchos documentos oficiales que se han referido, durante los últimos veinte años, sobre qué es la indagación científica en el contexto de la enseñanza de la asignatura¹⁴. Si bien los autores y propuestas pueden no coincidir completamente en sus definiciones, lo que sí se ha logrado aclarar es la definición de lo que NO es indagación científica. Aquí, en primer lugar existe consenso en que la indagación científica significa mucho más que la realización de experimentos de laboratorio o actividades prácticas¹⁵, aunque ambas cosas se pueden estructurar como parte de una experiencia de investigación. Estas acciones pueden ser actividades que apoyan la indagación científica, pero que no son ella en sí¹⁶ y entre ellas podemos encontrar:

- La realización de investigación bibliográfica en la biblioteca o Internet.
- La observación de demostraciones realizadas por el profesor(a).
- La realización de trabajos prácticos en el laboratorio, donde se identifican materiales naturales o sus características (por ejemplo, los tipos de roca).
- La participación en ejercicios para “hacer que algo suceda” (por ejemplo, la generación de una reacción ácido-base).
- El diseño o la construcción de algún artefacto o máquina tecnológica.
- Aprender el uso de procedimientos o manejo de equipo en el laboratorio¹⁷.

13. Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88, 3, 397–419.

14. AAAS (1990), op. cit.; NRC (1996); Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23, 42–44; Duschl, R. A. H. A. Schweingruber, y Shouse, A.W. (Eds.) (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. National Academies Press. : <http://www.nap.edu/catalog/11625.html>; Windschitl, M. (2008) Chapter 1. What Is Inquiry? A Framework for thinking about authentic Scientific Practice in the Classroom En: *Science as inquiry in the secondary*. Julie Luft, Randy L. Bell, and Julie Gess-Newsome (Eds).

15. NRC, (1996), op. cit.

16. Windschitl, M. (2008), op. cit.

17. Tomado de Vergara C. & H. Cofré (2012). La Indagación Científica: un concepto esquivo, pero necesario. *Revista Chilena de Educación Científica*, 11, 30–38.

Si bien algunas de estas actividades pueden relacionarse con el hacer ciencia¹⁸, por ejemplo, antes de escribir una tesis el científico debe realizar una revisión bibliográfica del tema, o todos los científicos deben manejar ciertos equipos y procedimientos propios de su disciplina, está claro que por sí solas estas actividades no constituyen indagación científica, ni en la ciencia profesional, ni en la ciencia escolar¹⁹.

Una cuestión relevante de señalar respecto a la indagación científica, es que existe consenso en que enseñar el método científico como una serie única de pasos indispensables para la investigación científica, no constituye un real aporte al entendimiento de lo que es la indagación, ni al desarrollo de habilidades asociadas a ella²⁰. Es importante destacar este aspecto, porque los libros de texto para ciencias han colocado demasiado énfasis en esta fórmula (realización de observaciones, definición del problema, construcción de hipótesis, experimentación, análisis de los resultados, conclusiones), pero la mayoría de los científicos están de acuerdo en que este modelo es, al menos, una simplificación extrema de la forma en que la ciencia actúa. Por lo tanto, asociar el método científico con la indagación científica está más cerca de generar o potenciar un error conceptual que mostrar a los estudiantes cómo se origina el conocimiento científico²¹.

La opinión contemporánea acerca de la investigación científica afirma que son las preguntas de investigación las que guían el enfoque, y que éstas, a su vez, varían ampliamente dentro y fuera de las disciplinas y áreas científicas²². La percepción de que existe un solo método científico se debe en gran medida al estatus del diseño experimental clásico. El problema, por supuesto, no es que las investigaciones consistentes con el método científico no existan. El problema es que la investigación experimental no es representativa de las investigaciones científicas como un todo (por ejemplo, campos como la geología, astronomía o la biogeografía no efectúan experimentos en la mayoría de sus investigaciones). Por lo tanto, la limitación que implica esta visión de la indagación asociada a la necesidad de realización de experimentos con grupos control y experimental puede llevar a una excesiva repetición de experiencias ya conocidas o a las prácticas de investigaciones tipo "receta de cocina", donde existen pocas oportunidades reales para que los estudiantes desarrollen habilidades de razonamiento propias de la investigación científica²³. Sobre este último tema hay una

18. NRC, (1996), op. cit.

19. NRC, (1996), op. cit.

20. Gil-Pérez, D., Macedo, B., Martínez, J., Sifredo, C. Valdés, P. & Vilches, A (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? UNESCO para América Latina y el Caribe, OREALC/UNESCO. Santiago; Windschitl, M. (2008), op. cit.

21. Vergara C. & H. Cofré (2012), op. cit.

22. Bybee, R. W. (2004). Scientific inquiry and science teaching. En Flick, L. B. y Lederman, N. G. Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

23. Windschitl, M. (2008), op. cit.

gran cantidad de literatura que ha mostrado la poca efectividad del trabajo práctico o de laboratorio en la enseñanza de la ciencia cuando es realizado a través de un planteamiento rígido de seguimiento de “pasos” asociados al método científico²⁴.

Teniendo claro qué cosas NO son indagación científica, se puede dar un paso adelante e intentar reconocer algunas características comunes o de consenso en torno al tema. Cuando se trata de buscar una definición general sobre qué es la indagación científica, los investigadores más autorizados en el tema generalmente se refieren a la definición que da el National Research Council (1996) en su documento de National Science Education Standards²⁵ que la define como:

“Las diversas formas en que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo. También se refiere a las actividades de los estudiantes donde desarrollan conocimientos y comprensión de ideas científicas, así como también una comprensión de cómo los científicos estudian el mundo natural²⁶.”

De este párrafo se puede desprender que la indagación en la educación científica debe ser una actividad que lleve a los estudiantes tanto a comprender contenidos (ideas científicas), como a entender lo que es la indagación científica en sí misma (indagación que hacen los científicos). Más aún, para gran parte de los educadores en ciencia, el National Research Council (1996) propone que lo que se debe aprender de la indagación científica son dos componentes: aquello que los estudiantes deberían **hacer** y aquello que los estudiantes deberían **comprender** en la indagación²⁷.

El aprender a **hacer** puede ser visto como un conjunto de habilidades que deben ser aprendidas por los estudiantes, demostrando que son capaces de realizar una investigación científica (por ejemplo, observar, diseñar un experimento, generar una pregunta de investigación, entre otras cosas), aspecto en el que las Bases Curriculares (2012) ponen un gran énfasis para su desarrollo.

Entre aquellas habilidades que los estudiantes deben ser capaces de **hacer** se reconocen tanto habilidades cognitivas como habilidades manipulativas²⁸, aunque otras visiones incluyen

24. Gil-Pérez et al. (2005), op. cit.

25. Colburn (2000), op. cit.; Abd-El-Khalick et al. (2004), op. cit.; Bybee (2004), op. cit.; Duschl et al. (2007), op. cit.;

26. NRC (1996), op. cit, p. 23.

27. Abd-El-Khalick et al. (2004), op. cit.; Bybee (2004), op. cit.

28. Bybee, R. W. (2004), op. cit.

todas las capacidades necesarias para hacer indagación en una sola lista. La Tabla 1 muestra tres listas diferentes de procesos, habilidades y tareas que se requieren para hacer indagación, pero que convergen en un alto número de aspectos. Las habilidades propuestas en las Bases Curriculares (2012) coinciden en gran parte con estas propuestas internacionales.

Tabla 1. Diferentes procesos, habilidades y tareas asociados a la indagación según distintos autores.

Procesos asociados a la indagación ²⁹ .	Habilidades para la investigación científica ³⁰	Tareas que los estudiantes deben realizar ³¹ .
(1) Identificar un problema y recopilar información.	(1) Identificar las preguntas que pueden ser contestadas a través de la investigación científica.	(1) Hacer preguntas.
(2) Hacer predicciones.	(2) Diseñar y llevar a cabo una investigación científica.	(2) Observar.
(3) Dar sentido a las observaciones y a los patrones encontrados en la información.	(3) Utilizar las herramientas y técnicas apropiadas para reunir, analizar e interpretar los datos.	(3) Medir.
(4) Usar analogías y la intuición física para conceptualizar los fenómenos.	(4) Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y modelos, utilizando la evidencia.	(4) Clasificar.
(5) Analizar y representar datos.	(5) Pensar críticamente y lógicamente para establecer relaciones entre la evidencia y la explicación.	(5) Deducir.
(6) Postular los posibles factores causales.	(6) Reconocer y analizar explicaciones alternativas y predicciones.	(6) Registrar y analizar datos.
(7) Trabajar con evidencias para desarrollar y revisar las explicaciones.	(7) Comunicar el procedimiento científico y las explicaciones.	(7) Realizar cálculos.
(8) Generación de hipótesis de relaciones entre variables.	(8) Usar las matemáticas en todos los aspectos de la investigación científica.	(8) Realizar experimentos.
(9) Evaluación de la consistencia empírica de la información.		(9) Comunicar utilizando una variedad de medios tales como:
(10) La formulación y la manipulación de modelos mentales o físicos.		- Expresión escrita.
(11) Coordinar los modelos teóricos con la información.		- Expresión oral.
(12) Compartir con sus pares lo que se ha investigado.		- Uso de gráficos, tablas y figuras.

29. Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91, 877–905.

30. NRC, (1996), op. cit. y Bybee, (2004), op. cit.

31. Abd-El-Khalick et al. (2004), op. cit.

Es importante señalar que existen diferentes visiones acerca de cómo estas habilidades deben o pueden desarrollarse y si realmente es posible trabajarlas a nivel escolar. Una de ellas sugiere que gran parte de estas habilidades pueden trabajarse, al menos, a partir del 5º año escolar³²; otra propone que todas ellas se deberían trabajar al unísono, cada vez que se realiza una investigación, aunque su grado de desarrollo puede variar según el nivel³³; y otra visión plantea como posible trabajarlas de manera separada, o al menos con distinto grado de énfasis.

La forma más aceptada actualmente, en términos de reconocer distintos grados de complejidad en relación con las habilidades, indica que habría ciertas habilidades que sirven de base para aprender aquellas más complejas o de tipo integradas³⁴. La Tabla 2 propone cuáles son las habilidades para cada grupo agrupadas según su nivel de complejidad.

Tabla 2. Habilidades de científicas por nivel de complejidad³⁵.

Habilidades básicas de investigación o indagación científica	Habilidades integradas de investigación o indagación científica
Observar	Control de variables
Medir	Definir operacionalmente
Inferir	Formular hipótesis
Comunicar	Interpretar datos
Clasificar	Experimentar
Predecir	Formular modelos

Recientes estudios han mostrado que las habilidades básicas se pueden enseñar a estudiantes de educación primaria, y que éstos las aprenden mejor mediante estrategias de enseñanza centradas en el alumno(a) (por ejemplo, la indagación), a diferencia de aquellos a quienes se les enseña de forma tradicional. Por otra parte, las habilidades de tipo integradas pueden ser aprendidas o desarrolladas por estudiantes tan jóvenes como los de tercero básico, siempre y cuando, por una parte, se les dé el tiempo necesario y, por otra, el contexto en el cual se trabaje sea lo suficientemente simple. Esto se ha demostrado tanto para las habilidades

32. Padilla, M.J. (1990). Research matters to the science teacher: The science process skill. Retrieved from: <http://narst.org/publications/research/skill.cfm>.

33. Windschitl, M. (2008), op. cit.

34. Padilla, M. J. (1990), op. cit.; Settlage J. & S. Southerland (2012), op. cit.

35. Tomado de Padilla, M. J. (1990), op. cit.

de controlar variables como para aquellas relacionadas con la generación de hipótesis. No obstante, también se ha visto que en poco tiempo es muy difícil que estudiantes de hasta octavo básico puedan generar habilidades integradas sin tener antes experiencias con el desarrollo de habilidades básicas³⁶.

En cuanto a lo que los estudiantes deben **comprender** en la indagación, esto puede ser visto como un resultado cognitivo que los alumnos(as) logran, por ejemplo, saben que la pregunta es la que dirige el cómo se diseña la investigación, comprenden que existe más de un método de investigación, entre otros. Esto porque una cosa es hacer que los estudiantes organicen un grupo de control para un experimento, mientras que otra cosa es esperar que comprendan la necesidad lógica de tener un control dentro de un diseño experimental³⁷.

Si profundizamos en aquello que los estudiantes deben **comprender** de la indagación, un aspecto que ha sido sistemáticamente olvidado por libros de texto y las prácticas de aula³⁸, se debe poner el foco en el hecho de que deberían comprender cómo se realiza la indagación científica, qué características tiene y cómo influye o se relaciona con el conocimiento que ella genera. Es decir, los profesores y profesoras deben cautelar que el estudiante comprenda: a qué llamamos observación (no solo debemos “hacerlo” observar, sino que debemos llevarlo a que entienda qué es una observación y cómo se diferencia de lo que es una inferencia); qué está detrás de un diseño experimental (es decir, cómo el diseño está relacionado con la pregunta y las variables que se quieren estudiar); y cuál es la diferencia entre dato y evidencia (dato es la información que se obtiene y la evidencia es este dato dentro del contexto de un conocimiento anterior que guía la investigación); entre otros.

36. Padilla, M. J. (1990), op. cit.

37. Vergara, C. & H. Cofré (2012), op. cit.

38. Vergara, C. & H. Cofré (2012), op. cit.

3. ¿Cómo enseñar ciencia?

El objetivo (quizá muy ambicioso) de la alfabetización científica impone entonces una serie de desafíos a los encargados de la enseñanza de las ciencias (y no solo a los profesores(as) de aula), que incluyen, entre otras cosas, más y mejores estrategias de enseñanza para todos los estudiantes, mayor esfuerzo de éstos por lograr una actitud positiva hacia la ciencia y su aprendizaje, y una propuesta curricular moderna donde el eje central no esté en los contenidos conceptuales, sino en una integración de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, así como en el desarrollo de habilidades de investigación científica y de pensamiento científico que incluyan la comprensión de la naturaleza de la ciencia.

En este escenario, el constructivismo parece ser hasta el momento el fundamento teórico del aprendizaje que se ha reconocido como el más fructífero para lograr el objetivo de la alfabetización científica³⁹. De acuerdo a las diferentes versiones de este constructo basado en las ideas de Piaget, Vygotsky y otros autores, aprender es un proceso con múltiples dimensiones que es⁴⁰:

- a. **Constructivo:** al aprender se construye sobre la base de experiencias y conocimientos de quien aprende (concepciones previas de los estudiantes).
- b. **Activo:** el aprendizaje efectivo es posible únicamente mediante la participación activa de quien aprende.
- c. **Autorregulado:** ser responsable de los procesos de control y regulación del aprendizaje es beneficioso para quien aprende.
- d. **Emocional:** los procesos de aprendizaje están siempre unidos a las ganas, la actitud y la motivación por aprender.
- e. **Social:** si bien los procesos de aprendizaje están unidos a los sistemas cognitivos de cada individuo, también existe un componente social.
- f. **Situado:** el aprendizaje ocurre en situaciones dentro de un contexto.

39. Lederman et al. (2004), op. cit; Bybee et al. (2008), op. cit; Ward et al. (2008), op. cit; Settlage, S. & J. Southerland (2012), op. cit.

40. Krüger, D., & Upmeyer zu Belzen, A. (2010). Cómo enseñar exitosamente la didáctica de la Biología Dirk Krüger & Annette Upmeyer zu Belzen 43 – 82. En: Cofre H. (ed.). Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.

Si bien el constructivismo no hace referencia al mecanismo mediante el cual las ideas en ciencia se modifican, la Teoría del Cambio Conceptual sí lo hace⁴¹. Ella explica bajo qué condiciones se puede lograr un cambio de ideas cotidianas por ideas fundamentadas científicamente. En este ámbito, se ha demostrado que las ideas antiguas de los estudiantes se mantienen, incluso después de la clase, y que son útiles y necesarias en muchas situaciones de la vida diaria. Por eso mismo, es inadecuado calificar los conceptos cotidianos sobre los fenómenos biológicos -que a menudo se contraponen a las explicaciones de las ciencias naturales- como ideas erróneas. Este proceso puede describirse mejor como una "reconstrucción conceptual", y para que esta sea posible, deben cumplirse las siguientes cuatro condiciones⁴²:

1. Debe dominar la insatisfacción con la idea existente: la confianza en viejas concepciones se pierde con anomalías. La insatisfacción surge, por ejemplo, cuando existe un conflicto cognitivo.
2. La nueva idea debe ser comprensible: debe ser racionalmente abordable para poder asimilar las nuevas posibilidades. Las analogías y metáforas favorecen la comprensión. Es necesaria una base de conocimiento para que los nuevos aspectos sean comprensibles. Mientras más se adapte la idea a los conocimientos de otras áreas, más fácil será su integración.
3. La nueva idea debe ser plausible, lo que supone comprensión, debe estimular la sensación de que es posible resolver problemas que la antigua idea no era capaz de solucionar. La plausibilidad depende del grado de concordancia que se espera entre la idea existente y la nueva.
4. La nueva idea debe ser productiva, es decir comprensible y plausible para poder aplicarse en otros ámbitos y abrir nuevas áreas de investigación. Se deberá explicar experiencias mediante ella y se utilizará si ésta lleva a nuevos descubrimientos y puntos de vista. La nueva idea debería prometer más que otras que compiten con ella.

Un ejemplo de aplicación de la teoría del Cambio Conceptual podría ser la siguiente secuencia de enseñanza de las estaciones del año a estudiantes de primer ciclo⁴³.

El objetivo de las clases fue que los estudiantes comprendieran las causas de las estaciones del año. Para ello, el docente comenzó con un trabajo grupal en el cual cada grupo confeccionó un papelógrafo donde se anotó lo que ellos(as) creen sobre por qué existen las estaciones del año. Como podría anticipar un docente con experiencia en la enseñanza de este tema, la mayoría de los grupos propuso

41. Posner et al. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.

42. Krüger, D. & A. Upmeyer zu Belzen (2010), op. cit.

43. Modificado de Settlage, S. & J. Southerland (2012), op. cit.

que las estaciones se deben a la cercanía (verano, primavera) o lejanía (otoño, invierno) de la Tierra del Sol, lo que en último término se refiere al movimiento de traslación. Al final de la clase, el docente mostró que de hecho la órbita de la Tierra es levemente elíptica y que el Sol se encuentra en uno de los focos de esta elipse, por lo tanto, sí es cierto que en determinadas épocas del año la Tierra está más cerca del Sol que en otras.

En la clase siguiente, sin embargo, el docente mostró que esta explicación alcanzada en la primera clase no alcanzaba a ser satisfactoria de acuerdo a otras evidencias que los estudiantes analizaron. Entonces comenzó la segunda clase dando a cada grupo las temperaturas promedio mensuales de diferentes ciudades del mundo (sin identificarlas) durante un año. Luego se les pidió graficar las temperaturas a través de los meses y que analizaran sus resultados. Dentro de las diferentes ciudades, había algunas en que las temperaturas máximas eran en julio y agosto, mientras que en otras el mayor calor se observaba en los meses de enero y febrero. También se incluyeron ciudades donde casi no existen diferencias de temperatura durante todo el año. Esto hizo reflexionar a los niños(as) en torno a que sus explicaciones de la cercanía o no al Sol no explicaban satisfactoriamente los patrones de las estaciones del año en todo el mundo.

En la tercera clase se les pidió a los estudiantes que realizaran una actividad donde debían determinar el área de la superficie de un punto de luz creado por una linterna. Al mantener la linterna a una misma altura, pero cambiando el ángulo en el cual la luz llega a la superficie (por ejemplo, una cartulina apoyada en una pared, donde se cuentan el número de cuadrados de un área dentro de cada medición), los estudiantes se dieron cuenta de que el área de la superficie del punto de luz en la cartulina depende del ángulo. A mayor ángulo, mayor el área del punto de luz. Luego el docente les hizo ver que esto es una analogía de lo que ocurre en ciertas épocas del año con la Tierra y el Sol

Finalmente, se realizó un cierre promoviendo que los estudiantes volvieran a ver sus papelógrafos iniciales y discutieran sobre cuáles fueron las razones por las que ellos(as) pensaban que la proximidad de la Tierra al Sol era una buena explicación para las estaciones del año. Al menos algunas de las respuestas que surgieron venían de las experiencias que los estudiantes habían tenido por cercanía a emisores de calor (estufas, cocinas, etc.) y la consiguiente sensación de mayores temperaturas, como las que experimentan en los meses de verano y primavera.

Es importante destacar en este punto que, si bien una clase sobre la base del cambio conceptual puede utilizar una estrategia de enseñanza a través de la indagación, no todas las clases que se realicen mediante ella tienen una estructura de cambio conceptual⁴⁴. Esto ocurre debido a que en una clase de ciencias a través de la indagación no siempre, o no necesariamente, se consideran o explicitan las concepciones previas de los estudiantes. Esto es porque las investigaciones que realizan los científicos, de las cuales la indagación escolar es un reflejo, generalmente parten con la intención de contrastar una hipótesis que se origina o se basa en un **conocimiento científico anterior** y no en conocimiento cotidiano o de la experiencia personal.

3.1 ¿Qué estrategias debemos utilizar para enseñar ciencia?

Tomando en cuenta que la finalidad última de la educación científica es la alfabetización de todos los estudiantes en términos de comprender los conceptos científicos centrales que les serán necesarios para su vida en la sociedad⁴⁵, se hace indispensable que la enseñanza de la asignatura en la escuela sea una actividad basada no solo en la valiosa experiencia de los docentes, sino también en las evidencias que muestran las investigaciones en educación científica. En relación con esta última línea, actualmente se conocen una serie de estrategias las cuales han demostrado ser eficientes en promover la comprensión de los conceptos científicos, así como las características y los métodos que incluyen la generación de este conocimiento. Estas estrategias incluyen enseñar a través de⁴⁶:

- Situaciones de la vida diaria (contextualización de la enseñanza).
- Preguntas y respuestas con tiempo de espera.
- La resolución de problemas.
- Métodos de colaboración.
- Temas socio-científicos.
- Analogías y modelos.
- Mapas conceptuales.
- Indagación científica.

44. Settlage, S. & J. Southerland (2012), op. cit.

45. OCED (2009). Educación Superior en Chile: el informe OCDE-banco mundial a la luz de la estrategia de innovación.

46. Gabel, D. (2003). Enhancing the conceptual understanding of science. *Educational Horizons*, 81, 70–76.

Además, distintos autores han demostrado el aporte de otras estrategias, como los debates y la argumentación⁴⁷, la dramatización y el juego de roles⁴⁸, las narraciones o historias en ciencia⁴⁹, el trabajo con episodios históricos de la ciencia⁵⁰, el uso de tecnologías⁵¹ y las estrategias POE (predicción, observación y explicación)⁵².

Dependiendo del contenido a enseñar, de las características de los estudiantes, de las habilidades propias del docente, etc., el profesor(a) debería elegir cuál o cuáles de dichas estrategias debe utilizar en determinados contextos. Independiente de la estrategia que el docente utilice para enseñar ciencias (indagación, dramatización, etc.), existen autores que han descrito las siguientes características deseables que debería contener toda actividad que tenga por objetivo el que el estudiante se involucre activamente en su proceso de aprendizaje⁵³; así toda actividad debería ser:

- Novedosa, más que rutinaria.
- Auténtica, es decir, más cercana a lo que es la actividad de los científicos, más que una actividad artificial (una actividad simplificada o descontextualizada).
- Abierta, más que una actividad cerrada (es decir que solo existe una solución posible).
- Una actividad con un grado alto de apropiación para el estudiante, más que una actividad genérica (esto se logra haciendo que esté relacionada con los intereses y vivencias del estudiante).
- Una actividad con un alto grado de integración con otras actividades dentro de, por ejemplo, la misma unidad.
- Una actividad con un alto grado de reflexión sobre el aprendizaje obtenido por parte del estudiante, es decir, que incluya la metacognición o el darse cuenta de lo que se aprende.
- Una actividad colaborativa, más que individual.

Por supuesto que es imposible que una sola actividad cumpla todas estas recomendaciones, pero una vez que el profesor(a) planifica una, puede evaluar si al menos dos o tres de ellas están incluidas⁵⁴.

47. Braund, M. (2010). Capítulo 6. Pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias. En: Cofré H. (ed.). *Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile*. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.

48. Ward et al. (2008) op. cit.; Abrahams, I. & M. Braund (2012). *Performing science*. Continuum International Publishing Group.

49. Ward et al. (2008), op. cit.

50. Settlage S. & J. Southerland (2012), op. cit.

51. Ward et al. (2008), op. cit.

52. White, R., & Gunstone, R.F. (1992). Prediction-observation-explanation. In R. White & R. Gunstone (Eds.), *Probing understanding* (pp. 44–64). London, UK: The Falmer Press.

53. Mitchell I. & D. Carbone (2011). A typology for task characteristics and their effects on student engagement. *International Journal of Educational Research*, 50, 257–270.













54. Mitchell I. & D. Carbone (2011), op. cit.

3.2 La indagación científica como una estrategia de enseñanza

En respuesta al modelo de enseñanza por descubrimiento, el cual proponía que los estudiantes podían descubrir todo el conocimiento al igual que lo hacen los científicos, nace la indagación científica como estrategia de enseñanza, con el fin de **guiar** al estudiante hacia lo que es el quehacer científico de una forma más explícita y cuidadosa⁵⁵. En esta manera de enseñanza el profesor(a) tiene un rol más activo que en el modelo por descubrimiento, pero sin dejar de incentivar la participación activa del estudiante en la construcción de su aprendizaje. En efecto el National Research Council (1996) hace mención a la indagación científica en sí como una “estrategia de enseñanza”, donde el aprendizaje de las ciencias ocurre como un proceso activo en el cual los estudiantes “hacen ciencia” por sí mismos.

Este tipo de estrategia pedagógica adquiere un papel relevante cuando el foco de la instrucción está en el desarrollo de las habilidades de indagación y la comprensión de la naturaleza de la ciencia⁵⁶. Sin embargo, para poder lograr el desarrollo de estas habilidades, la indagación como estrategia de enseñanza debe centrarse en que el estudiante se enfrente a preguntas del mundo natural, las cuales deben ser respondidas a través de una metodología en que él tenga un papel relevante⁵⁷. De esta forma, las actividades de indagación que se realicen con el propósito de desarrollar habilidades en los estudiantes debe tener al menos como premisa, permitirles generar sus propias conclusiones⁵⁸ (véase Fig. 2).

Figura 2. Tipos de indagación y de no indagación⁵⁹.

Tipo de indagación	¿Quién decide el problema?	¿Quién decide la metodología?	¿Quién decide las conclusiones?
No es indagación	 Profesor	 Profesor	 Profesor
Indagación estructurada	 Profesor	 Profesor	 Estudiantes
Indagación guiada	 Profesor	 Estudiantes	 Estudiantes
Indagación abierta	 Estudiantes	 Estudiantes	 Estudiantes

55. Settlage S. & J. Southerland (2012), op. cit.

56. Gabel, D. (2003), op. cit.

57. Vergara, C. & H. Cofré (2012), op. cit.

58. NRC, (1996, 2000); Colburn, A. (2000), op. cit.; Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. The Science Teacher, 69, 34–37.

59. NRC, (1996, 2000); Colburn, A. (2000), op. cit.; Martin-Hansen, L (2002), op. cit. Tomado de Vergara, C & H Cofré (2012), op. cit.

3.3 ¿Cómo planificar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación?

Teniendo en cuenta la literatura internacional, algunas de las características esenciales de la investigación en el aula se pueden resumir en las siguientes acciones que realizan los estudiantes⁶⁰:

- Se comprometen con preguntas científicas.
- Dan prioridad a la evidencia para responder a las preguntas.
- Formulan explicaciones para contestar las preguntas.
- Relacionan las explicaciones con el conocimiento científico.
- Comunican y justifican las explicaciones.

Tomando en cuenta estas características podemos decir que la enseñanza a través de la indagación científica se define como una estrategia de enseñanza centrada en el alumno(a), en donde el docente orienta la construcción de conocimientos científicos en los estudiantes a través de actividades concretas que los involucra y compromete en la búsqueda de la respuesta a una pregunta de investigación. De acuerdo al conocimiento actual, se afirma que quienes aprenden ciencia a través de este enfoque de enseñanza, mejoran tanto la retención, como la aplicación de los conceptos científicos aprendidos.

En este punto, podría parecer que el planificar y ejecutar una actividad de tipo indagatoria fuera algo que en realidad requiere de mucha preparación y esfuerzo, sin embargo, aunque esta aproximación puede ser compleja cuando el docente no está habituado a ella, no es menos cierto que casi cualquier actividad puede modificarse hacia una actividad de indagación en alguna de sus distintas versiones.

Para ejemplificar esta situación podemos describir formas de trabajar el mismo tema, una de manera tradicional, en la que la participación de los estudiantes es más bien pasiva, y una nueva forma que modifica la actividad original para convertirla en una experiencia de aprendizaje con carácter indagatorio. Este ejemplo es un resumen de lo propuesto por Furman y de Podestá (2010) las que mencionan la existencia de muchas actividades tipo "receta de cocina" que fácilmente se pueden transformar en experiencias indagatorias con algunos "cambios claves".

60. NRC (2000), op. cit.; Martin-Hansen, L. (2002), op. cit.; Bybee (2004), op. cit.

Una de estas experiencias es la construcción de un paracaídas por parte de los estudiantes cuando se está tratando el tema de fuerza y movimiento. A continuación se presenta la actividad como una receta de cocina, de forma similar como se podría presentar en sitios de Internet o en libros de texto:

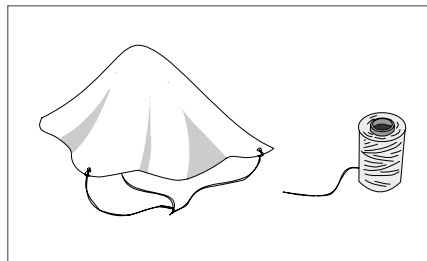
COMPROBANDO EL FUNCIONAMIENTO DE LOS PARACAÍDAS

¿Te has preguntado cómo funcionan los paracaídas?

Mediante el siguiente experimento podrás crear un pequeño paracaídas casero y comprobar cómo funcionan las fuerzas sobre él.

Construye un paracaídas con estos simples materiales:

Pañuelo de género o bolsas de basura, tuercas, clips, tijera, cronómetro o reloj, cinta adhesiva o scotch, lana o pitilla para amarrar.



Procedimiento:

Recorta un círculo en la bolsa o pañuelo de género. Corta cuatro trozos de lana de la misma longitud. Ata cada uno de los trozos de lana en extremos opuestos del círculo y júntalos en el centro, atándolos a un peso (una o más tuercas, clips, etc.). Arroja el paracaídas y mide el tiempo que demora en caer.

Conclusiones:

¿Qué fuerzas están actuando sobre este paracaídas casero?

¿Estarán actuando estas mismas fuerzas cuando un paracaidista se tira desde un avión?

Ahora, ¿cómo transformar esta actividad práctica no indagatoria en una actividad donde se pueda realizar indagación? En este punto es importante comenzar la planificación de la clase determinando cuáles son los conceptos y las habilidades científicas centrales que aborda. En este caso el concepto clave podría ser que el movimiento del paracaídas es el efecto de la acción de dos fuerzas combinadas: el peso y la fuerza de roce. Por su parte, las habilidades que podríamos desarrollar son varias, y dependerá del profesor(a) elegirlas de acuerdo al conocimiento que tengamos de los alumnos(as). Por ejemplo, en esta actividad podríamos concentrarnos en tres: que los estudiantes realicen preguntas investigables, que generen hipótesis y predicciones a partir de la pregunta, y que diseñen un experimento simple para poner a prueba sus predicciones. En una versión de indagación, la actividad quedaría como se presenta en la página siguiente.

El docente muestra a los estudiantes un paracaídas fabricado de antemano y les pide que describan qué es lo que pasa cuando lo soltamos. Luego, se les solicita que propongan qué preguntas se podrían investigar en relación al funcionamiento del paracaídas. Esta parte es muy importante, porque probablemente surgirán preguntas que NO son de investigación o que no necesitan una indagación científica para responderlas (por ejemplo: ¿cuánto se demora en caer el paracaídas?, ¿cuál es la tela más resistente para hacer un paracaídas?, ¿quién inventó el paracaídas?). Pero cuando se generan preguntas investigables, se deben seleccionar algunas y los mismos estudiantes podrían decidir cuál de ellas investigar. Por ejemplo, ¿cómo influye la superficie del paracaídas en el tiempo de caída? Luego, los estudiantes dan una respuesta a la pregunta, lo cual será una hipótesis sobre la que deberían generar las predicciones, que son, en último término las que se ponen a prueba con el experimento. En este caso, una hipótesis de los estudiantes podría ser que mientras más superficie, mayor roce, por lo tanto, mayor es el tiempo de caída. La predicción lógica de esta hipótesis sería que un paracaídas con una superficie mayor se debería demorar más en caer que uno con una superficie menor. Finalmente, se les pide que diseñen un experimento para poder poner a prueba dicha predicción. En esta parte el docente puede guiar a los estudiantes para que realicen un diseño acorde con las variables que van a estudiar según la pregunta y las predicciones generadas. De acuerdo a los resultados que obtengan, finalmente se concluye acerca del efecto de la superficie del paracaídas sobre su tiempo de caída.

De esta forma, una actividad netamente comprobatoria se ha convertido en una actividad de indagación abierta (véase Figura 2), en la cual los estudiantes (junto a un docente que los guía) han generado su investigación de forma completa: su pregunta, su diseño y sus conclusiones.

4. Módulos didácticos; una propuesta para la indagación en el aula

Una mirada reflexiva a los conceptos de ciencia y alfabetización científica desde una perspectiva educativa, nos invita a reflexionar sobre las estrategias de enseñanza de la ciencia que hoy en día se utilizan con más frecuencia y cómo ellas se relacionan con las actuales teorías del aprendizaje de esta disciplina.

En esta reflexión la indagación científica surge como una estrategia de enseñanza que, alejándose de las prácticas más tradicionales de enseñanza sustentadas en la memorización de contenidos y conceptos, ofrece un camino para abordar la problemática de mejorar la enseñanza de las ciencias en la escuela, especialmente para el logro de la alfabetización científica, un objetivo de la ciencia escolar indicado expresamente en las Bases Curriculares⁶¹.

Para la escuela actual, la indagación científica es una estrategia de enseñanza que permite a los estudiantes una efectiva apropiación del currículo, a la vez que facilita el desarrollo progresivo de habilidades de pensamiento e investigación científica en una combinación didáctica que, aplicada al aula, contribuye a desarrollar el pensamiento crítico, la capacidad reflexiva y la valoración del error como fuente del conocimiento, fomentando además actitudes científicas como el rigor, la perseverancia, la honestidad, la búsqueda de la objetividad, la responsabilidad, el trabajo colaborativo y el respeto al otro, entre otras características y objetivos planteados por las Bases Curriculares de Ciencias Naturales⁶².

Los Módulos de Indagación Científica elaborados en el marco de esta propuesta didáctica buscan generar actividades que apunten al desarrollo de habilidades de investigación, pero no solamente siguiendo la forma más clásica de la indagación, sino incorporando además otros elementos de la teoría de aprendizaje y la didáctica actual de las ciencias. De este modo se trata de incorporar las ideas previas de los estudiantes en dichas actividades, así como de realizar actividades que estén en el contexto de la vida diaria del estudiante. Estas características no solo apuntan a lograr aprendizajes significativos, sino también a propiciar que los alumnos(as) se entusiasmen y comprometan con el aprendizaje de las ciencias y este tenga sentido para entender su experiencia diaria de interacción con el mundo.

61. The PISA 2003 assessment Framework: Mathematic, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills. OCDE en Bases Curriculares de Ciencias Naturales, 2013. Aprobadas por Decreto Supremo N° 439 de 2012.

62. Bases Curriculares de Ciencias Naturales. Aprobadas por Decreto 439, del 28 de enero de 2012.

Finalmente, es importante mencionar que los módulos didácticos constituyen también una invitación a reflexionar sobre la enseñanza de las ciencias, y los planes de clases y actividades propuestas no deben entenderse como recetas que el docente emite y que el estudiante reproduce, por el contrario, entendemos también la indagación científica, tanto para el docente como para el estudiante, como un instancia reflexiva de aprendizaje cooperativo que permite acercarse a contenidos científicos, a la comprensión de lo que es la ciencia y su naturaleza, y al desarrollo de habilidades y actitudes propias del quehacer científico desde una reflexión intencionada acerca de los procedimientos y acciones desarrolladas en el aula.

