

「EDUCAR MENTES para pensar」

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO
CIENTÍFICO EN EL AULA



CARLOS URIBE GARTNER
MARÍA CLAUDIA SOLARTE



Programa  Editorial

La ambición de todo profesor es que sus estudiantes lleguen a ser pensadores competentes y aprendan su materia. En este libro se ejemplifican estrategias para mejorar el aprendizaje de las ciencias en secundaria a partir del estudio de las dificultades que enfrentan los estudiantes, destacando la discordancia entre su desarrollo cognitivo y el nivel de abstracción de las ciencias. Por ello la propuesta gira alrededor de la “intervención en el desarrollo cognitivo” de los estudiantes mediante una secuencia de actividades colaborativas diseñadas para suscitar una “zona de desarrollo próximo” (Vygotsky), denominada *Pensar con la Ciencia*. Las unidades que la constituyen están inspiradas en las tareas piagetianas cuya resolución requiere pensar formalmente, y han sido adaptadas en su mayor parte del exitoso programa inglés *ThinkingScience*. El libro concluye describiendo el pilotaje y la evaluación formativa de la secuencia en tres instituciones privadas de Cali, y un proyecto para su implementación en siete instituciones oficiales en municipios no certificados del Valle del Cauca.



「EDUCAR MENTES para pensar」

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO
CIENTÍFICO EN EL AULA

E&P

Colección Educación y Pedagogía
Investigación

Uribe Gartner, Carlos
Educar mentes para pensar: desarrollo del pensamiento científico en el aula / Carlos Uribe Gartner, María Claudia Solarte.-- Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2017.
204 páginas ; 24 cm.-- (Colección libro de investigación)
Incluye bibliografía.
1. Aprendizaje 2. Teoría del conocimiento 3. Pensamiento científico 4. Métodos de enseñanza 5. Investigación científica
I. Solarte, María Claudia, autora II. Tit. III. Serie.
153.4 cd21 ed.
A1564129

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Universidad del Valle

Programa Editorial

Título: Educar mentes para pensar. Desarrollo del pensamiento científico en el aula

Autores: Carlos Uribe Gartner, María Claudia Solarte

ISBN: 978-958-765-331-1

ISBN PDF: 978-958-765-332-8

DOI: 10.25100/peu.7653311

Colección: Educación y Pedagogía-Investigación

Primera edición 2017

Segunda reimpresión 2022

© Universidad del Valle

© Carlos Uribe Gartner, María Claudia Solarte

Diseño de carátula: Anna Karina Echavarria

Corrección de estilo y diagramación: G&G Editores, Cali

Libro publicado con recursos del proyecto de inversión 36205517

Este libro, o parte de él, no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Universidad del Valle.

Esta publicación fue sometida al proceso de evaluación de pares externos para garantizar altos estándares académicos. El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación, razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

Cali, Colombia, marzo de 2017

「EDUCAR MENTES para pensar」

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO
CIENTÍFICO EN EL AULA

CARLOS URIBE GARTNER
MARÍA CLAUDIA SOLARTE

E&P

Colección Educación y Pedagogía
Investigación

*La primera tarea de la educación
consiste en formar la razón*

JEAN PIAGET, 1974

AGRADECIMIENTOS

A Colciencias y a la Universidad del Valle, por la financiación de los proyectos de investigación: Aceleración cognoscitiva mediante la educación en ciencias en el contexto local (Código: 1106-11-14587, Contrato: 256-2003) e Implementación en municipios no certificados del Valle del Cauca del programa de desarrollo de competencias *Pensar con la Ciencia* (Código: 1106-11-17695; Contrato 240-2005), gracias a los cuales fue posible el trabajo sobre el que se basa este libro.

Al Departamento de Física de la Universidad del Valle, por el tiempo concedido al primer autor como investigador principal en ambos proyectos.

Al profesor Philip Adey y a su equipo de investigadores, por su hospitalidad en la estadía realizada por el primer autor en el King's College, de Londres, en enero de 2003; por su autorización para utilizar los materiales *Thinking Science* como base de trabajo; por la asesoría prestada en el primer proyecto mencionado, y por su permiso para incluir en esta obra la Figura 5.2.

A los profesores, directivos y estudiantes de las instituciones educativas Colegio María Auxiliadora, Colegio San José (Champagnat), Colegio Juanambú, Institución Educativa Jorge Isaacs (municipio de El Cerrito), Institución Educativa Sagrado Corazón (municipio de El Cerrito), Institución Educativa Absalón Torres Camacho (municipio de Florida), Institución Educativa Regional Simón Bolívar (municipio de Florida), Institución Educativa Francisco Antonio Zea (municipio de Pradera), Institución Educativa Ateneo (municipio de Pradera) e Institución Educativa Heraclio Uribe Uribe (municipio de Sevilla), por haber participado formalmente en el

desarrollo y evaluación de las unidades del programa *Pensar con la Ciencia* y en el proyecto de investigación-acción para su implementación posterior en instituciones educativas del sector oficial en municipios no certificados. En particular agradecemos, por su valioso tiempo y su abnegado esfuerzo, a los profesores que participaron en alguno o en ambos proyectos: Abel María Torres, Víctor Narváez, Miller Marín, Astrid Hurtado, Blanca Ruby Orozco, Carola Ramírez, Carmen Eliana García, Cecilia María Vivas, Esperanza Villegas, Félix Micolta Moreno, Freddy Escobar, Gabriel Ricardo Pérez, Luz Cenaida Cardona Puerta, María del Socorro Sanclemente, María Silvia Álvarez, Martha Castillo, Nancy Pérez Aramburo, Nelly Patricia Tascón Aya, Nolberto Ignacio Rivera, Omar Muriel, Orlando Pabón, Óscar Mauricio Esguerra y Patricia del Pilar Velásquez.

A los profesores Alfonso Claret Zambrano, director del grupo de investigación interinstitucional Ciencia, acciones y creencias UPN-UV, el cual avaló los proyectos ante Colciencias, y a Álvaro Perea, por su trabajo como coinvestigadores en los proyectos mencionados.

A Zoritz Marina Lugo, por su dedicación incondicional como asistente de investigación desde el comienzo del trabajo en el año 2003 hasta el presente. Igualmente, por su trabajo de grado en la licenciatura en Biología y Química titulado “Adaptación de actividades sobre la naturaleza corpuscular de la materia para la aceleración cognitiva mediante la educación en ciencias naturales enfocadas en el patrón de razonamiento de modelos formales”.

A Sandra Orozco, estudiante del programa de licenciatura en Matemáticas y Física, por el trabajo de grado “Diseño de actividades para la aceleración cognitiva mediante la educación en ciencias focalizadas en el esquema de proporcionalidad”. A los estudiantes del mismo programa Alexander Bonilla y Gerardo González, por su trabajo de grado “Diseño de actividades para la aceleración cognitiva mediante la educación en ciencias focalizadas en el esquema de probabilidad”.

INTRODUCCIÓN

*Lo que se escucha en las reuniones de maestros
es eso [palabras]; pero ellos quieren algo
más práctico y más vivencial*¹

Este libro se inició a propósito de la inquietud de algunos docentes de ciencias naturales deseosos de estar más a la altura de lo que se espera de nosotros en este cambio de época: ser formadores del pensamiento científico de los futuros ciudadanos, preparándolos para los desafíos presentes y futuros. Esta preocupación desembocó poco a poco en una experiencia educativa innovadora en las asignaturas de ciencias naturales, que pretendía fortalecer las competencias científicas en adolescentes, una edad especialmente propicia para ello. Estamos convencidos de que esta experiencia puede inspirar a muchos de nuestros colegas que también desean tomarse en serio este reto. En este esfuerzo aprendimos muchísimas lecciones, y nos gustaría compartirlas con tantos y tantos colegas que buscan despertar en sus alumnos el espíritu científico y el entusiasmo por el conocimiento.

En esta apasionante aventura hemos tenido que superar muchos retos. El principal de todos ellos tal vez sea que “enseñar a pensar científicamente” requiere que los docentes mismos hayamos desarrollado no solo las competencias que queremos en nuestros jóvenes, sino también nuevas

¹ Comentario de una docente perteneciente a una institución educativa oficial en un municipio no certificado del Valle del Cauca, que participó en uno de los proyectos de investigación-acción sobre los cuales se basa este libro. Aclaramos que utilizaremos el sustantivo ‘docente’ para referirnos tanto a maestros como a maestras; así mismo, hablaremos de estudiantes para referirnos a las niñas o niños escolarizados.

estrategias prácticas para organizar y conducir nuestro trabajo en el aula y nuestro diálogo formativo con cada uno de quienes nos han sido confiados. Es decir, **necesitamos competencias docentes más afinadas y potentes**. Pero en el fondo no se trata tanto de aprender nuevas técnicas didácticas, como de un cambio de actitud hacia nuestro quehacer profesional. Pues estimular a nuestros estudiantes a pensar por su cuenta y riesgo nos exige mucho más que plantearles problemas interesantes y adecuadamente retadores, aunque desde luego sean un ingrediente fundamental. Nos exige sobre todo **saber ponernos a un lado**, de modo que sean ellos los protagonistas de su formación, no meros receptores de información. Pero eso no significa que estemos de más. Nuestras intervenciones pedagógicas son y seguirán siendo indispensables por muchas razones, aunque algunas de sus modalidades se han de transformar para acomodarse a los nuevos papeles docentes exigidos por el cambio de época que estamos viviendo al entrar al siglo XXI.

En efecto, nuestro papel fundamental como formadores de competencias científicas no es el de dispensadores de información ni proveedores de respuestas directas a las preguntas de los estudiantes, ni mucho menos controladores de su pensamiento mediante la calificación. Se nos invita a asumir en cambio el papel de gestores y motivadores de una comunidad de pensadores en interacción sociocognitiva, que razonan con autonomía, que “hablan ciencia” por cuenta propia. Estos nuevos papeles suponen un cambio de actitudes y la adquisición de nuevas habilidades, como la de analizar el desempeño de los estudiantes e intervenir con tino, sin inhibir sus procesos cognitivos, para ajustar el nivel de desafío cognitivo reformulando las preguntas o cuestionando las respuestas de los alumnos sin dar pistas no verbales acerca de lo que tiene en mente como mejor respuesta a los desafíos cognitivos.

Lo que acabamos de decir con respecto al protagonismo de los estudiantes en su formación vale también para los docentes. Somos aprendices del arte de formar personas, y la responsabilidad de formarnos como tales recae sobre nosotros mismos: somos nosotros quienes hemos de protagonizar, a lo largo de toda nuestra carrera docente, nuestro “desarrollo profesional”, como se tiende a llamar ahora a la actualización de los profesionales y su educación continua. Pero nosotros, como “docentes en formación permanente”, al igual que los estudiantes necesitan del ejemplo y apoyo de su maestro, también necesitamos el ejemplo y apoyo de nuestros colegas, en especial el de aquellos con mayor experiencia. Sin embargo, para mejorar nuestra competencia profesional tal vez no basta alimentarnos de la reflexión sobre nuestras prácticas pedagógicas. Quizás también necesitamos enriquecernos con algunos resultados sólidos establecidos por la reciente

investigación en psicología y neurociencia sobre el desarrollo y el funcionamiento de nuestra mente y de nuestro cerebro. Estamos en una época crucial para la educación. Las tecnologías médicas de vanguardia como la resonancia magnética funcional y otras técnicas de estudio del cerebro en acción permiten “ver” cómo su estructura física se hace más compleja cuando aprendemos algo. Tenemos cada vez más elementos para dar respuesta a la gran pregunta a la que Piaget y tantos otros estudiosos del pensamiento y la educación dedicaron sus trabajos: **¿Cómo pasamos las personas, desde un estado de *menor competencia*, hasta un estado de *mayor competencia*?**

Desconocer la necesidad de fundamentar nuestro quehacer docente en el conocimiento científico relevante pondría en entredicho nuestra profesionalidad: ¿quién se confiaría a un médico del todo empirista, que solo se vale del ensayo-y-error para decidir entre diferentes opciones de diagnóstico y tratamiento? Si tuviéramos en cuenta los elementos de respuesta a esa gran pregunta sobre el despliegue de las capacidades humanas que se han allegado, seríamos más eficaces en nuestro papel de formadores de competencias científicas. Así, pues, reconociendo que sin un cierto bagaje teórico acerca de la naturaleza del conocimiento humano, y acerca de los procesos de crecimiento de nuestras facultades cognoscitivas no se puede ir muy lejos en el fortalecimiento efectivo del pensamiento científico, los autores emprendimos un estudio del tema tan profundamente como nos fuera posible. No partíamos de cero. El primer autor, docente de Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad del Valle, había realizado sus estudios doctorales en Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas en la Universidad Autónoma de Barcelona. En su trabajo de tesis estudió el papel de las prácticas de laboratorio en el desarrollo de las competencias científicas, tomando entre otros referentes las investigaciones de los “psicólogos evolutivos” —es decir, los dedicados al estudio del desarrollo cognitivo—, como Piaget y Vygotsky.

Pero, ¿cómo “transformar” las ideas teóricas de estos y otros investigadores en unidades didácticas modelo para fortalecer competencias científicas, que puedan ser la base para que los docentes sin una especial preparación psicológica diseñen sus propias unidades con esa finalidad? La respuesta a este interrogante está lejos de ser trivial. Para no detenernos en discusiones que no vienen al caso, nos limitaremos a enunciar nuestra respuesta, por supuesto tentativa. Creemos que la relación entre la práctica pedagógica y las teorías científicas es compleja y bidireccional, pero consideramos que la primera tiene prioridad sobre la segunda. La razón es el contraste entre la complejidad de las realidades cotidianas del aula con la simplicidad

de los mundos teóricos contruidos por los científicos sociales. A este respecto viene a propósito la siguiente cita:

La razón por la cual el proceso de enseñanza y aprendizaje —incluso la enseñanza deficiente transmisiva— no podrá ser nunca reemplazado por una máquina de enseñar, un computador, un video interactivo o un hipertexto multimedia, es que ninguna máquina puede aproximarse en lo más mínimo a manejar los billones de interacciones sutiles que se producen entre apenas 30 estudiantes y su profesor².

Pues los problemas concretos y vitales que los docentes enfrentamos en nuestro trabajo diario están por fuerza alejados de los “problemas de investigación”, objeto de indagación en las ciencias sociales: mientras los primeros tratan situaciones confusas e inciertas, los segundos se han de delimitar y formular en términos precisos. Estas diferencias se reflejan en el contraste entre las teorías científicas *sobre* la educación, y las realidades concretas complejas del trajín pedagógico. Las primeras se refieren al “mundo de las ideas” abstractas, en el que habitan los iniciados; en cambio, las segundas se sitúan en el “mundo de la vida”, que todos compartimos, científicos y no científicos (Ministerio de Educación Nacional - MEN, 1998).

Así, pues, la inevitable distancia entre teoría y práctica, y otras razones cuya discusión no es necesaria en este contexto, nos imponen la obligación de tomar nuestras cotidianas decisiones laborales afincados en nuestra “intuición pedagógica educada”. La expresión entre comillas describe el llamado *conocimiento profesional*, esa especie de sexto sentido que madura progresivamente en todo profesional al aprender reflexionando sobre su propia experiencia, que es peculiar y específico de su profesión. Este mismo “criterio docente” nos sirve también para orientarnos en los debates entre los teóricos de la educación. Los autores de esta obra estamos convencidos de que los docentes con experiencia, y que han reflexionado ponderadamente sobre sus errores y aciertos, tienen un olfato especial para discernir

² Adey, P. (2004). *The Professional Development of Teachers: Practice and Theory*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht (Holanda), p. 3. La traducción del inglés es nuestra. El contexto en el que se ubica esta oración es muy significativo. El autor sostiene que “La educación es primordial y esencialmente un proceso social, que tiene lugar entre personas”, por lo cual las “utopías desescolarizantes”, que pretenden sustituir la interacción humana como el agente educador esencial, son eso, utopías. Por otra parte, la prioridad de la práctica sobre la teoría hace justicia al dicho: La práctica hace al maestro. Pero este dicho necesita interpretarse con cuidado. No puede entenderse como si bastara la **mera** práctica para hacerse un buen maestro. En efecto, uno de los principales consensos entre todos los teóricos de la enseñanza y del aprendizaje es que ambas actividades son mucho más complejas y difíciles de lo que se suele pensar.

—entre el mar de propuestas de innovación pedagógica que provienen de los investigadores educativos, tantas veces contradictorias— cuáles son las más beneficiosas para sus estudiantes. Podría decirse que ese sexto sentido les permite intuir la solidez de las teorías que fundamentan las orientaciones para mejorar su enseñanza; en consecuencia, buscan profundizar en esa fundamentación para no limitarse a aplicar a ciegas las orientaciones que reciben, menoscabando su profesionalidad.

En resumen, nuestro interés en el desarrollo de las capacidades científicas en el aula nos llevó a establecer tres criterios esenciales para evaluar las experiencias, propuestas prácticas y programas con esta orientación, que se han reportado en la literatura, de modo que nos sirvieran de base para nuestra propia propuesta³, a saber:

- Disponer de un fuerte sustento teórico; esto significa, entre otras características, ser consistente con los avances actuales en las ciencias de la mente.
- Disponer de evidencias empíricas sólidas acerca de su eficacia práctica en escuelas ordinarias con estudiantes normales, sin que se requieran profesores excepcionales ni una interacción personal cercana con los investigadores.
- Respetar la profesionalidad del docente y la prioridad de sus conocimientos prácticos; por ejemplo, ofreciéndoles un modelo para el diseño de sus propias actividades de formación del pensamiento científico adaptadas a sus circunstancias particulares.

La conjunción de estos tres criterios resultó ser bastante restrictiva. Encontramos muchísimas propuestas de “enseñar a pensar” que incorporan en su diseño una convincente armazón teórica; sin embargo, pocas son las que logran afianzarse a largo plazo y en una amplia diversidad de contextos educativos, de modo que las instituciones y docentes que desean adaptarlos puedan hacerlo sin supervisión de sus diseñadores, utilizando tan solo los materiales escritos producidos. Entre estas últimas se cuenta la propuesta realizada en Inglaterra a mediados de los ochenta, denominada *Aceleración cognitiva mediante la educación en ciencias* (designada mediante la sigla CASE, acrónimo de *Cognitive Acceleration through Science Education*),

³ Esta literatura es vastísima. El primer autor realizó como parte de su investigación doctoral y, posteriormente, en un proyecto de investigación financiado por la Universidad del Valle, titulado “Mejoramiento de habilidades de pensamiento mediante los cursos de física y modelos implícitos de conocimiento en los docentes” (1a. fase) (código CI-7606; 2001-2003), una primera aproximación a esa literatura, que sirvió de base para adelantar la experiencia reportada en este libro.

que consiste en una secuencia modelica de *actividades educativas científicas* que complementan las actividades didácticas destinadas a la enseñanza y aprendizaje de conceptos y habilidades científicas, secuencia designada *Thinking Science*⁴.

Cuando hablamos de *actividades educativas científicas* queremos significar actividades que ponen en juego las pautas de razonamiento e inferencia que los científicos realizan en sus investigaciones, pero en situaciones adaptadas y simplificadas para hacer viable su realización en las condiciones normales del aula. Los estudiantes deben interactuar entre sí y con materiales reales, o al menos con datos ficticios pero que se refieran a situaciones que pueden imaginar con facilidad pues les son familiares. Pero los problemas que enfrentan trabajando en equipo, y cuya “resolución” requeriría manipular los materiales o los datos dados, tienen una estructura lógica semejante a los problemas que enfrentan los científicos en su actividad cognitiva. Es importante advertir que no se espera que los alumnos lleguen a “la solución” del problema, sino que trabajen mancomunadamente para lograrla, sin importar hasta dónde lleguen. La razón es doble. Por una parte, se trata de problemas abiertos, que no tienen una única solución. Por otra parte, son problemas cuyo abordaje no requiere el dominio de conceptos y principios teóricos disciplinares. En una palabra, son problemas que constituyen ante todo oportunidades para ejercitar maneras de razonar sofisticadas y así acercarse al afianzamiento de la lógica científica.

A partir de la propuesta que encontramos en la literatura, y en especial del proyecto CASE, hemos empezado a construir nuestro propio camino, reflexionando sobre lo que lográbamos y las dificultades que aparecían e invitando a otros docentes innovadores a unirse al proceso de rediseñar sus prácticas docentes. Al probar en las aulas algunas de las actividades educativas científicas CASE (por supuesto, con el permiso de sus diseñadores), encontramos que una buena parte de ellas eran apropiadas para nuestras condiciones educativas, con las convenientes adaptaciones. En otros casos diseñamos nuestras propias actividades, tratando siempre que la complejidad de los equipos de laboratorio u otros recursos requeridos fuera la mínima posible. Buscamos así disminuir costos y evitar dificultades manipulativas innecesarias, puesto que el objetivo no es adquirir destrezas manuales. Pero ello no significa que estas actividades sean fáciles de realizar, por una razón comprensible: ¡si lo fueran no servirían para lo que se pretende: la formación de competencias científicas! Nuestra experiencia nos ha

⁴ Adey, P., Shayer, M., & Yates, C. (2001). *Thinking Science*, Third edition. CD-ROM version. Nelson Thornes (También disponible en versión impresa).

confirmado una y otra vez que la satisfacción que brindan al docente y a sus estudiantes compensa de sobra este mayor esfuerzo.

James Tobin, Premio Nobel de Economía de 1981, decía que cualquier país que se precie debe garantizar como mínimo que todos los niños “jueguen en un campo nivelado”. Con esta gráfica expresión quería decir que no han de existir diferencias en las oportunidades para adquirir las capacidades necesarias para una vida satisfactoria, rica y productiva, brindadas a los niños de distinta clase social, región, etnia, etc. En nuestro continente todavía nos falta muchísimo para lograr ese gran propósito, de que no haya niños que empiecen el partido de la vida teniendo que “jugar en subida”. Esta pequeña obra aspira a aportar un grano de arena a este respecto, sugiriendo ideas prácticas y utilizables por cualquier docente para asumir su papel de formador del pensamiento científico en sus estudiantes, esperando a la vez que los lectores nos acompañen en nuestra búsqueda y nos ayuden a mejorar lo que hemos logrado hasta el momento.

ADVERTENCIA AL LECTOR

Este libro ha sido concebido y escrito como un ensayo dirigido en primer lugar a los docentes de básica media y secundaria (aunque los diseñadores de políticas educativas podrían leerlo con mucho provecho), no tanto como una publicación para especialistas e investigadores en educación científica. Para facilitar a nuestra principal audiencia la lectura del libro, y para hacer la exposición tan fluida como sea posible, hemos considerado conveniente reducir al mínimo imprescindible las referencias formales a la literatura especializada. Sin embargo, siendo preceptivo en cualquier trabajo académico el reconocimiento de las deudas contraídas con los autores tomados como referentes o que nos han nutrido con sus trabajos a lo largo de nuestra formación docente, hemos añadido un buen número de notas al pie de página, cuya lectura puede ser omitida sin perder el hilo de la argumentación. Usamos el sistema académico de referencias bibliográficas cuando es estrictamente necesario, en el que se señala en el cuerpo del libro el autor o autores y el año de publicación; la referencia completa se encuentra en el listado de fuentes al final del libro. También presentamos una bibliografía comentada, al final de algunos capítulos, para aquellos lectores que deseen profundizar en los temas tratados.

