

# INTERVENCIÓN EN EL DESARROLLO COGNITIVO MEDIANTE LAS CIENCIAS NATURALES: COMPARACIÓN DE DOS CASOS

URIBE<sup>1</sup>, C.; QUINTERO<sup>2</sup>, M. y RODRÍGUEZ<sup>2</sup>, A. M.

<sup>1</sup> Universidad del Valle, Apartado Aéreo 25360, Cali, Colombia.

<sup>2</sup> Colegio Berchmans, Cra 120 A, 16-86, Cali, Colombia.

---

**Palabras clave:** Intervención Cognitiva; Metacognición; Pensamiento de alto orden.

## OBJETIVOS

1. Comparar desde un enfoque cualitativo un proceso de intervención en el desarrollo cognitivo estructurado con otro no estructurado, ambos en el contexto de la asignatura de ciencias con estudiantes de 11 a 13 años.
2. Efectuar una clarificación teórica en la idea de metacognición como herramienta de análisis para apreciar la eficacia de las intervenciones

## MARCO TEÓRICO

El término *metacognición* se usa en múltiples sentidos (Brown 1987; Soto 2003). Flavell la define como conocimientos, cogniciones y sentimientos sobre los fenómenos y objetos cognitivos (1979), distinguiendo metaconocimientos de experiencias metacognitivas. Nuestra forma de comprenderla fue propuesta por el grupo CASE (*Cognitive Acceleration through Science Education*) como aspecto central de los fundamentos teóricos del programa Thinking Science (Adey & Shayer 1994; Shayer & Adey, 2002). Distinguen los procesos metacognitivos denominados 'going-beyond' y 'going-above'. *Ir-más-allá* es aumentar y reestructurar en respuesta a un desafío cognitivo el propio nivel de comprensión de una situación externa, pero no de los procesos cognitivos del sujeto. Estos son objeto de los procesos subir-de-nivel, en los que tomamos conciencia de las estrategias de conducta cognitiva. *Ir-más-allá* requiere examinar y regular los propios procesos cognitivos de manera no deliberada, por lo general inconsciente: comprender lo que no comprendía supone comprender que no comprendía –supervisar la propia comprensión, y adoptar estrategias para remediar sus deficiencias. *Subir-de-nivel* supone atención deliberada a los propios procesos cognitivos puestos en juego al “ir-más-allá” en una *posterior reflexión*, entendida en sentido estricto: la toma de conciencia sobre uno mismo como agente cognitivo, y sobre las estrategias específicas y generales que sigue o podría seguir para mejorar su desempeño. Estas operaciones de **segundo orden** producen una abstracción de un orden mayor que la implicada en la comprensión de un concepto referente a un aspecto del mundo físico o social.

Es útil refinar esta distinción, considerando que la comprensión y aplicación de los *conocimientos disciplinares de alto orden* (Perkins 1992), constituyen también procesos tipo “subir-de-nivel”. Una disciplina supone, además de una colección de hechos y destrezas, una clase de preguntas, modos característicos de

solución de problemas, explicación, justificación, etc.: conocimientos **acerca del modo de conocer** de sus practicantes. No necesariamente implican haber construido estrategias cognitivas a nivel de complejidad superior al que había logrado el sujeto. Por tal razón designamos los procesos que requieren conocimientos de alto orden sin reflexión sobre las estrategias cognitivas como “subir-de-nivel en sentido débil”, para distinguirlos de los mencionados (“subir-de-nivel en sentido fuerte”).

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Aprender contenidos requiere *ir-más-allá*. ¿Pueden diseñarse actividades de aula que induzcan sistemática y predeciblemente procesos *subir-de-nivel*? Nuestro objetivo es comparar dos programas de intervención en este aspecto, relacionado con su eficacia relativa en el logro de sus objetivos de desarrollo cognitivo, y su eficiencia en términos de costo-beneficio.

Las intervenciones pueden clasificarse según dos dimensiones: su fundamentación y grado de estructuración. Los diseñados a partir de la psicología deben distinguirse de los abstraídos de la práctica educativa. Aquellos son *intervenciones de base teórica*, y éstos de *base práctica*. La segunda dimensión considera el grado de especificación de los desafíos cognitivos que promueven el desarrollo: se pueden especificar en el diseño de la intervención (intervenciones estructuradas), o bien los alumnos pueden tener autonomía para fijarlos (no estructuradas). Las intervenciones estudiadas fueron:

- i) Una no estructurada y de base práctica, del tipo “proyecto estudiantil colaborativo” (caso “densidad de la madera”)
- ii) Una estructurada y de base psicológica, según el enfoque CASE (caso “luces y sombras”)

Las preguntas de investigación fueron entonces:

- ¿Hay evidencias de procesos metacognitivos del tipo “subir-de-nivel” en las producciones de los alumnos obtenidas en ambas intervenciones?
- ¿Cómo se comparan ambas intervenciones según criterios relativos a la eficacia y eficiencia en la promoción del desarrollo cognitivo?

## METODOLOGÍA

### Selección de casos

Se realizó una selección intencional de registros: las anotaciones hechas por los alumnos de sus salidas de campo o durante las actividades de intervención, y las grabaciones en audio de interacciones entre profesor y alumnos, que consistió en un escrutinio de la base de datos, buscando evidencias de procesos metacognitivos según se definieron en el marco teórico.

### Fuentes de datos

La principal fuente de información sobre los escenarios educativos estudiados es la familiaridad de los investigadores con los mismos, pues la intervención i) constituyó un proceso de investigación-acción realizado por el segundo y tercer autores del trabajo, profesores de la institución donde se realizó el estudio y estudiantes de posgrado en educación en ciencias. La información referente a los procesos metacognitivos fueron las bitácoras de investigación de los alumnos. En la intervención ii) se contrastaron dos fuentes: (a) respuestas escritas a las preguntas en las *Hojas de trabajo* (guiones para las actividades); (b) la transcripción de la grabación en audio de interacciones orales profesor-alumnos y alumno-alumno.

### Análisis de datos

Su objetivo fue identificar y clasificar las verbalizaciones metacognitivas de los alumnos, bien sea como evidencias de “ir-más-allá”, o de “subir-de-nivel” (en sentido fuerte o en sentido débil). El criterio de credibilidad fue el acuerdo entre los investigadores. Adicionalmente, los datos orales allegados en el segundo caso fueron analizados con el mismo objetivo mediante la duración de las pausas.

## ESCENARIOS

Las intervenciones se aplicaron en colegios privados de la ciudad de Cali, de nivel socioeconómico medio-alto, con alumnos entre 11 a 13 años, como parte del trabajo regular en la asignatura de ciencias naturales. En ambas se enfatiza el trabajo colaborativo en equipos de tres o cuatro personas.

### Caso Densidad de la Madera

Se partió de la generación de preguntas significativas por parte de los alumnos de tipo cualitativo como resultado de un recorrido exploratorio por las zonas campestres del colegio. Luego la definición del problema, planteo de hipótesis, búsquedas bibliográficas y otros recursos, planificación y ejecución de estrategias de verificación de hipótesis, establecimiento de conclusiones. Estos procesos se abordaron en salidas de campo que posibilitan la construcción de conocimientos, la autorregulación y el trabajo en equipo. Un componente central de la intervención es el registro en la “bitácora” llevada por cada equipo del proceso de investigación, narrando las experiencias de cada salida, logros y dificultades, etc. En consecuencia, proporciona indicios de los procesos metacognitivos de los alumnos.

### Caso “Luces y sombras”

La base teórica de la intervención es el análisis de las estructuras de razonamiento características del pensamiento formal: definición y control de variables, proporcionalidad, compensación, etc. Está dirigida a alumnos en transición entre el pensamiento concreto y el formal, por lo que su objetivo es la “aceleración” de tal transición. El medio para lograrla es la experimentación dirigida mediante una cuidadosa metodología, aunque el desarrollo intelectual es resultado sobre todo del análisis de los datos. La secuencia de actividades está calibrada para ajustarla al nivel de desarrollo típico de los alumnos y para establecer una progresión adecuada en los conceptos metodológicos necesarios, asociados a las estructuras de razonamiento. Hay treinta actividades que se realizan quincenalmente a lo largo de dos años académicos, cada una con una duración de una hora, como parte de la asignatura de ciencias. Los materiales del programa incluyen *Hojas de trabajo* para los alumnos, mediante las cuales se estructura la tarea y se proporciona el oportuno andamiaje. El papel del profesor durante las actividades de intervención es bastante diferente del que desempeña en las clases regulares, dirigidas a cubrir los contenidos; en efecto, su función primordial es estimular el propio pensamiento de los alumnos, de ninguna manera enseñarles las respuestas correctas (si es que existen). Pues una premisa teórica del programa es el principio vygotskiano que considera la interacción cognitiva entre el profesor y los alumnos, y especialmente de los alumnos entre sí, como motor del desarrollo psicoevolutivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un artículo extenso hemos presentado una amplia narrativa de los casos, las viñetas seleccionadas como evidencias y su análisis (Uribe et al 2005). Se encontraron instancias de procesos metacognitivos del tipo *subir de nivel*, en el primer caso especialmente en sentido débil y en el segundo en sentido fuerte. Podría objetarse que estas instancias fueron provocadas, directa o indirectamente, por los profesores, en lugar de suceder espontáneamente. Pero este hecho no significa que los resultados sean un artefacto de la investigación. Pues la acción educativa consiste en actuar sobre las mentes de los alumnos para que ellos puedan reaccionar y actuar en sí mismos. También efectuamos la comparación, en términos de relación costo-beneficio con respecto a su implementación en la práctica, de ambos enfoques de intervención. Pues las diferencias más importantes entre ambos enfoques que se encontraron estriban en su diferente eficiencia, su logística. La tabla 1 muestra el resultado de la comparación. Los primeros tres criterios se refieren a los procesos cognitivos y motivacionales en el interior del alumno, y los siguientes a los procesos que involucran al profesor o que ocurren a una escala mayor a la del aula (el centro y el sistema escolar). La base teórica en la psicología evolutiva del enfoque cerrado permite graduar el nivel de desafío de las actividades de una manera mucho más fina que en el otro enfoque. En efecto, según Brown (1987), en el desarrollo cognitivo es importante la presencia de un agente de cambio para reestructurar el ambiente ofreciendo una apropiada combinación de experiencias, tanto compatibles como conflictivas con su actual comprensión de

la realidad. Pero esta ventaja tiene un precio: las tareas son prescritas por el diseño de la intervención, en lugar de originarse a partir de los intereses de los alumnos. Por tanto el enfoque de proyecto tiene ventajas indudables según el criterio de crear condiciones para la autorregulación y motivación del alumnado. Igualmente, la base teórica del enfoque cerrado supone en el profesor un desarrollo de competencias docentes específicas, como facilitador del desarrollo cognitivo de los alumnos, lo que no ocurre con el enfoque de proyecto. Por otra parte, es conocida la excesiva demanda de trabajo para el profesor en el papel de “director de proyectos”; en contraste, en el enfoque cerrado el trabajo del profesor durante la intervención misma es comparativamente más reducido. Otro criterio de comparación tiene que ver que los recursos de laboratorio: el enfoque de proyecto puede adaptarse más fácilmente a los recursos disponibles. Por último, la adopción de un programa de intervención cerrado es fácilmente adaptable a la organización educativa existente, pues exteriormente se reduce a dedicar una parte del curso de ciencias naturales a unas prácticas de laboratorio siguiendo una cierta metodología; sin embargo, por diversas razones, en especial la alta demanda de trabajo que los proyectos suponen, el enfoque abierto suele encontrar dificultades grandes para aclimatarse en la práctica educativa, como suele suceder con cualquier innovación que rompa los esquemas organizacionales de la Escuela heredados (Perkins 1992: 204ss).

## CONCLUSIONES

Hemos documentado la potencialidad que tiene la educación en ciencias para contribuir efectivamente al desarrollo de las competencias intelectuales. Para que la realización de este potencial no se quede corta es preciso orientar la educación científica no sólo hacia la instrucción en contenidos específicos, sino también hacia procesos de intervención que proporcionen a los alumnos abundantes oportunidades de pensamiento de alto orden. Es decir, para *ir-más-allá* y para *subir-de-nivel*, de acuerdo a la distinción en los procesos metacognitivos que hemos discutido. El problema práctico de la escogencia de un enfoque de intervención con la finalidad de trascender el mero *ir-más-allá* al que apunta la instrucción en ciencias ha de tomar en consideración una diversidad de criterios teóricos y prácticos.

**TABLA 1**  
**Comparación de los enfoques de intervención estudiados.**

	<i>Criterio</i>	<i>Enfoque abierto</i>	<i>Enfoque cerrado</i>
Eficacia cognitiva para promover el desarrollo	Diseño y Secuenciación de los desafíos	<b>Menor</b>	<b>Mayor</b>
	Posibilidades de autorregulación que ofrece al alumnado	<b>Mayor</b>	<b>Menor</b>
	Motivación del alumnado	<b>Mayor</b>	<b>Menor</b>
Eficiencia del proceso de intervención	Capacitación específica del profesor requerida para administrar el programa	<b>Menor</b>	<b>Mayor</b>
	Demanda de trabajo para el profesor	<b>Mayor</b>	<b>Menor</b>
	Recursos de laboratorio requeridos	<b>Menores</b>	<b>Mayores</b>
	Adaptabilidad a la práctica educativa tradicional	<b>Menor</b>	<b>Mayor</b>

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto de investigación “Aceleración Cognoscitiva mediante la Educación en Ciencias en el contexto local” es cofinanciado por Colciencias, código 1106-11-14587, y la Universidad del Valle. Agradecemos la participación en el mismo de los colegios María Auxiliadora, San José de Champagnat y Juanambú. El Colegio Berchmans apoyó la investigación-acción reportada.

## REFERENCIAS

ADEY, P. & SHAYER, M. (1994). *Really Raising Standards. Cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.

- BROWN, A. (1987). Metacognición, Executive Control, Self-Regulation, and Other More Mysterious Mechanisms. En: F. Weinert y R. Kluwe (Eds.), *Metacognition, Motivation and Understanding* (pp.65-116). Hillsdale: Erlbaum.
- FLAVELL, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- PERKINS, D. (1992). *Smart Schools: Better Thinking and Learning for every Child*. New York: The Free Press.
- SHAYER, M. & ADEY, P. (Eds.) (2002). *Learning Intelligence: Cognitive Acceleration Across the Curriculum from 5 to 15 years*. Buckingham: Open University Press.
- SOTO, C. A. (2003). *Metacognición, Cambio conceptual y Enseñanza de las Ciencias*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- URIBE, C., QUINTERO, M. RODRÍGUEZ, A. (2005). Metacognición e intervención en el desarrollo cognitivo mediante la educación en ciencias naturales. Sometido a: *Journal of Science Education*.