

# Metacognición e intervención en el desarrollo cognitivo mediante la educación en ciencias naturales

## Metacognition and intervention in cognitive development through science education

C. URIBE<sup>1</sup>, M. QUINTERO<sup>2</sup>, A. M. RODRÍGUEZ<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> Colegio Berchmans, Cra. 120A, 16-86, Cali, Colombia, curibe@univalle.edu.co

### Resumen

Se describe y compara, mediante una metodología cualitativa, dos enfoques de intervenciones en el desarrollo cognitivo: proyectos colaborativos y el enfoque piagetiano de aceleración cognoscitiva. En la introducción se establece una distinción entre dos grandes clases de procesos metacognitivos: “subir-de-nivel” e “ir-más-allá”, distinción que constituye la herramienta central del análisis efectuado a los casos de intervención reportados. Algunas de las evidencias transcritas y analizadas apuntan a la presencia de actividades de reflexión y abstracción en los participantes, actividades claramente asociadas a los procesos de intervención estudiados, concluyendo que ambos enfoques tienen una gran potencialidad para hacer que la educación en ciencias contribuya más efectivamente al desarrollo cognoscitivo de nuestra población, aunque difieren, según una variedad de criterios relacionados con la eficacia.

**Palabras clave:** educación cognitiva, metacognición, capacidades de alto nivel.

### Abstract

We described and compared two interventions in cognitive development, by a qualitative research design. The approach in one intervention was the collaborative project and in the other the cognitive acceleration of a piagetian type. We set forth a distinction between two large classes of metacognitive processes: “going-above” and “going-beyond”, as our main analysis tool of the two intervention cases reported. We transcribed and analyzed the evidences that point to the showing up in both cases of reflection and abstraction activities in the pupils, which are clearly associated to the intervention processes. As a conclusion, we claim that the two approaches have a great potentiality to make science education a more effective agency in cognitive development, though they differ by several criteria pertaining to their efficacy and efficiency.

**Key words:** cognitive education, metacognition, higher-order thinking.

### INTRODUCCIÓN

Se ha realizado en las últimas tres décadas un gran volumen de investigación teórica y aplicada dirigida a responder las siguientes preguntas: (i) ¿es posible desarrollar la capacidad general de procesamiento de información, o la “infraestructura cognoscitivo-disposicional”?; (ii) si ello es posible, ¿qué puede hacer la escuela para lograrlo? (COSTA, 2001; PERKINS, 1992, 1995; MACLURE & DAVIES, 1994; NICKERSON *et al.*, 1994; RESNICK, 1987, CHIPMAN *et al.*, 1985). En general hay consenso en que la respuesta a la pregunta (i) es positiva, aunque subsisten controversias sobre detalles teóricos. En cambio, sobre la pregunta (ii) las discrepancias son sustanciales, pero son de naturaleza práctica (pues la cuestión misma tiene esencialmente este carácter). En efecto, quien considere que ha diseñado un método para concretar la finalidad educativa de “enseñar a pensar” debe mostrar evidencias que su diseño funciona, y que la relación costo-beneficio es más favorable que los diseños alternativos. En otras palabras, la evaluación de tales métodos es ante todo de índole pragmática (supuesto que logra el objetivo propuesto).

El objetivo central del trabajo reportado es comparar dos enfoques de intervención (en el desarrollo cognoscitivo). El término se refiere a la concreción en la práctica normal del aula con el propósito de estimular en los alumnos el desarrollo de su capacidad general de procesar información. Otro objetivo es discutir una clarificación teórica en el concepto de metacognición, un aspecto central de las competencias (PRESSLEY *et al.*, 1987); de hecho, nuestra herramienta de análisis para discutir la eficacia de los enfoques de intervención es el nivel de actividad metacognitiva que promueven. Pues la característica virtualmente compartida por las muy diversas propuestas prácticas de intervención en el desarrollo de las competencias intelectuales que se han demostrado efectivas es el énfasis en la metacognición (PERKINS, 1995).

Sin embargo, este término se usa en múltiples sentidos (SOTO, 2003). En una primera aproximación se describe de manera vaga como “pensar sobre el pensar” (BLAKEY & SPENCE, 1990). La definición original de FLAVELL establece que la metacognición se refiere a los diversos “conocimientos y cogniciones sobre los fenómenos y objetos cognitivos” (1979, 1987). FLAVELL distingue el “metaconocimiento” (conocimiento factual acerca de aspectos del sistema cognitivo humano) de las “experiencias metacognitivas” (cogniciones cuyo objeto son cogniciones). Se han sucedido otros intentos de precisar el término y organizar su contenido. La diversidad de estas conceptualizaciones es tema recurrente en la literatura crítica acerca de la metacognición. De hecho, la conclusión de la discusión de BROWN (1987) es que el término no tiene un único referente. Ante la situación de multivocidad en el término BROWN sugiere prescindir del mismo (p. 106). Son múltiples los problemas teóricos y metodológicos señalados, que van más allá de la vaguedad (*fuzziness*) del concepto (HACKER, 1998). Pero los críticos son muy enfáticos en advertir que los procesos psicológicos a los que se ha aplicado el término ‘metacognición’ son importantes; es precisamente su importancia teórica y práctica lo que urge a eliminar al menos las dificultades de comunicación al respecto. Una discusión de los mismos, así sea somera, requeriría muchas páginas. Nos limitamos a discutir una de las varias maneras de comprender la metacognición, la adoptada como base de trabajo. Fue propuesta por el grupo CASE (Cognitive Acceleration through Science Education) como un aspecto central de la discusión de los fundamentos teóricos del enfoque de intervención *Thinking Science* (ADEY, SHAYER & YATES, 2001; ADEY & SHAYER, 1990, 1993, 1994; SHAYER & ADEY, 2002; ADEY, 1994). Estos autores efectúan una importante y clarificadora distinción en los procesos metacognitivos, para la cual acuñaron las expresiones inglesas ‘going-beyond’ y ‘going-above’ (ADEY & SHAYER, 1994: 62-77). El motivo que les impulsó a introducir esta distinción fue la dificultad práctica para resolver las ambigüedades en la identificación de instancias de metacognición en los registros videograbados de las producciones de los alumnos durante las actividades de intervención. En esencia, el “ir-más-allá” (*going-beyond*) se refiere a aumentar y reestructurar, en respuesta a un desafío cognitivo, el propio nivel de comprensión de un

problema o situación acerca del mundo físico o social (pero no acerca de los propios procesos cognitivos). En cambio, estos últimos son el objeto de los procesos “subir-de-nivel” (*going-above*). Este término se refiere a una toma de conciencia de las estrategias de conducta cognitiva, de nuestro repertorio de procesos específicos para enfrentar tareas cognitivas exigentes. Se trata de fenómenos claramente distintos. “Ir-más-allá” requiere un cierto examinar los propios procesos cognitivos, aunque por lo general de manera no deliberada e incluso inconsciente. En efecto, comprender lo que no comprendía supone comprender que no comprendía; requiere pues supervisar la propia comprensión (reconocer lagunas en mi conocimiento previo o malentendidos de interpretación, etc.) y adoptar estrategias para remediar las deficiencias de comprensión (buscar nueva información, cambiar el ritmo de lectura, etc.) El término “subir-de-nivel” designa otro conjunto de procesos metacognitivos, cuya característica, ya apuntada, es una atención deliberada a los propios procesos cognitivos, e incluso a la cognición en general. Puede calificarse entonces de reflexión, aunque entendiendo esta última palabra, no en el sentido amplio del lenguaje cotidiano, sino en su sentido estricto: la toma de conciencia sobre uno mismo como agente cognitivo, y sobre las estrategias específicas y generales que sigue como tal, o que convendría seguir para mejorar su desempeño.

Es a esta última clase de procesos al que puede aplicarse el término ‘pensar sobre el pensar’ (como lo sugiere la designación metafórica “subir-de-nivel”); más precisamente, el término designa la acción de procesar cognitivamente la propia actividad de procesamiento de información. El objetivo de estas operaciones de segundo orden, u operaciones sobre operaciones, puede ser múltiple; pero en cuanto constituye una “abstracción de abstracciones” (Pozo, 1996) 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. En efecto, no es posible efectuarla en el vacío, sino reflexionando sobre un proceso *previo* de “ir-más-allá”. Enfatizamos la palabra ‘previo’ pues cuando nuestro procesador de información está ocupado en resolver un problema, sea de acción (obtener una determinada meta) o de comprensión (entender un concepto), no hay recursos cognitivos disponibles para tomar simultáneamente conciencia de cómo lo estamos resolviendo. Así pues, parece que sólo sería posible emprender un proceso de “subir-de-nivel” si recientemente el sujeto “ha ido más allá”. De lo contrario no tendría nada sobre lo cual reflexionar con el fin de abstraer una generalización sobre sus conductas cognitivas.

Sin embargo, es conveniente ir más allá de la distinción introducida por ADEY & SHAYER. Pues tiene sentido considerar que la comprensión y aplicación de los “conocimientos de alto orden”, definidos por PERKINS y sus colaboradores (TISHMAN *et al.*, 1995; PERKINS, 1992; 1995), constituyen también procesos del tipo “subir-de-nivel”. La mayoría son propios de una disciplina en particular, aunque también pueden definirse para el conocimiento cotidiano. Una disciplina no es simplemente una colección de hechos y de destrezas específicas de sus practicantes. Las matemáticas, por ejemplo, no se reducen a una serie de teoremas y de algoritmos. Además de los conocimientos sustantivos acerca de su dominio de estudio, toda disciplina también entraña el conocimiento acerca de la clase de preguntas que se plantean, los modos característicos de indagación, argumentación, solución de problemas, explicación, justificación de aserciones, comunicación, relación con la práctica, etc. No intentaremos ofrecer una definición comprehensiva de los conocimientos de alto orden, pues lo dicho es suficiente para adquirir una idea clara de su naturaleza: se trata claramente de conocimientos (declarativos, de procedimientos y condicionales) *acerca del conocimiento*. El hecho de que éste sea su *objeto* (en el sentido psicológico y lógico del término) determina su carácter metacognitivo.

Ahora bien, no es correcto identificar los procesos de tipo “subir-de-nivel” con la adquisición y empleo de conocimientos de alto orden, en el sentido definido por PERKINS. Pues éstos no necesariamente implican haber construido recientemente una estrategia cognitiva o efectuado un razonamiento a un nivel de complejidad y sofisticación cognitivas superior al que hasta el momento el sujeto había logrado. Por tal razón se designan los procesos que requieren conocimientos de alto orden pero no una reflexión sobre las estrategias cognitivas mediante la expresión “subir-de-nivel en sentido débil”, mientras los que sí suponen tal reflexión se denominarán con la expresión “subir-de-nivel en sentido fuerte”.

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El trabajo enfoca los procesos de intervención en el desarrollo cognoscitivo que tienen lugar en el contexto de la educación formal, y dentro de las asignaturas de ciencias naturales (cfr. URIBE, 2003). Las hipótesis que orientaron el trabajo atañen a la incidencia de la escuela en el desarrollo cognitivo, en el crecimiento de la “infraestructura cognoscitiva y disposicional” del alumno, en especial mediante la promoción de la metacognición. Para formularlas se establece una distinción entre instrucción e intervención. Mientras la primera tiene por objeto directo enseñar contenidos (o coloquialmente “cubrir el programa”), siendo el desarrollo cognoscitivo un resultado incidental, la segunda se dirige directamente hacia éste. A partir de lo expuesto, es evidente que el aprendizaje significativo de contenidos requiere por su misma naturaleza la metacognición (FLAVELL, 1987), aunque del tipo “ir-más-allá”. ¿Es posible diseñar actividades educativas que induzcan de manera sistemática y predecible procesos metacognitivos del tipo “subir-de-nivel”? Una de nuestras hipótesis de trabajo es que las actividades de intervención son eficaces porque estimulan los procesos de este tipo. El problema de investigación particular del trabajo es determinar hasta qué punto dos programas de intervención, fundamentados en marcos teóricos diferentes, efectivamente inducen en los alumnos procesos de reflexión y abstracción. Este problema está subordinado al problema práctico de diseñar y evaluar procesos de intervención a la vez eficaces (en cuanto al logro de sus objetivos de desarrollo cognoscitivo) y eficientes (en cuanto a la relación costo-beneficio). Este último problema es objeto de estudio de un proyecto de investigación de largo alcance actualmente en marcha, ya descrito (URIBE, 2004).

Para precisar la actual pregunta de investigación se describen los procesos de intervención cuya eficacia (para estimular los procesos “ir-más-allá”) se exploraron. Para el efecto se propone un esquema de clasificación, que tiene dos dimensiones. La primera se refiere a las bases teóricas del proceso y la segunda al grado de apertura o estructuración previa de las actividades de intervención. Según la primera dimensión las intervenciones diseñadas a partir de los conceptos y teorías pertinentes de la psicología, deben distinguirse de las diseñadas primordialmente a partir de principios abstraídos de la práctica educativa. Para las primeras usamos el término “intervenciones de base teórica”, y para las segundas “intervenciones de base práctica”. La segunda dimensión de nuestro esquema se relaciona con el grado de especificación de los desafíos cognitivos cuyo afrontamiento por parte del alumno estimula el desarrollo. Pueden estar, o bien especificados previamente de manera prescriptiva en el diseño de la intervención (“intervenciones estructuradas”), o bien los alumnos pueden tener una cierta autonomía para fijarlos (“intervenciones no estructuradas”). Las intervenciones estudiadas fueron:

- i) Una intervención no estructurada y de base práctica, del bien conocido tipo “proyectos estudiantiles colaborativos” (ROTH & ROYCHOUDHURY, 1993). El caso “densidad de la madera” se extrajo en esta intervención.
- ii) Una intervención estructurada y de base psicológica, que sigue el enfoque desarrollado por el grupo CASE (todavía en proceso de diseño y evaluación formativa). El caso “luces y sombras” se extrajo de esta intervención.

Se procede a formular de manera definitiva las preguntas de investigación abordadas:

- ¿Hay evidencias de procesos metacognitivos del tipo “subir-de-nivel” en las producciones de los alumnos obtenidas en ambos procesos de intervención?
- ¿Cómo se comparan ambas metodologías de intervención, según un abanico de criterios relacionados con la eficacia para promover el desarrollo intelectual?

## METODOLOGÍA

En esta sección se describe la metodología practicada en el proceso de indagación dirigido a responder la primera pregunta. Por su naturaleza sólo se puede abordar en un diseño cualitativo. En efecto, hay que encontrar evidencias intersubjetivas de procesos metacognitivos en los alumnos durante las actividades de intervención, que necesariamente son de tipo verbal. Y ello en una situación educativa perturbada mínimamente. Aunque no existe una tipología de diseños cualitativos, éste puede ser calificado como un estudio de caso, pues la primera pregunta consistió en determinar si se encuentran instancias de grupos de alumnos que sugieren en sus

verbalizaciones procesos de “subir-de-nivel”. Ahora bien, para interpretar éstas se precisa un conocimiento profundo del escenario y los participantes que forman el “caso”, el fenómeno acotado bajo estudio, obtenido a lo largo de un período prolongado de contacto con los mismos (MERRIAM, 1988; YIN, 1989).

### Selección de casos

Se realizó una selección *a posteriori* basada en criterios (GOETZ & LECOMPTE, 1988) Otros autores califican esta faceta de los estudios de casos como “muestreo intencional” (*purposive sampling*). Al respecto, MERRIAM (1988: 48) comenta: “*Purposive sampling is based on the assumption that one wants to discover, understand, gain insight; therefore one needs to select a sample from which one can learn the most*”. Se examinaron, o bien las anotaciones hechas por los mismos alumnos de sus “salidas de campo”, o bien las grabaciones en audio de algunas interacciones entre profesor y alumnos. La selección consistió en un escrutinio de los registros, indagando los que contienen con claridad las evidencias buscadas.

### Fuentes de datos

La principal fuente de información sobre los escenarios educativos estudiados es la familiaridad de los investigadores con el mismo a lo largo de un período prolongado, en calidad de profesores de la asignatura de ciencias y del programa de intervención. Este papel permitió allegar el conocimiento intensivo de los ambientes socioeducativos y los participantes. En consecuencia, el primer estudio de caso constituyó un proceso de investigación-acción (HOPKINS, 1985). En efecto, el trabajo de campo y la mayor parte del análisis de los datos fueron realizados por el segundo y tercer autores del trabajo, profesores de la institución donde se practicó el estudio y estudiantes de posgrado en educación en ciencias, simultáneamente como parte de su trabajo profesional y como práctica (SCHÖN, 1992) del proceso de formación. Las fuentes de los datos referentes a los procesos metacognitivos en los alumnos, en el primer caso, fueron las bitácoras de investigación. En el segundo, se tienen dos fuentes: (i) las respuestas escritas de los alumnos a las preguntas contenidas en las hojas de trabajo; (ii) la transcripción de la grabación en audio, y en otros casos en video, de algunas interacciones orales profesor-alumnos y alumno-alumno durante las clases. Solamente se seleccionaron para su transcripción, dentro de las muchas horas efectuadas de grabación (el investigador tenía una grabadora digital pequeña en su bolsillo, con un micrófono de solapa) los episodios especialmente significativos en los que se podía escuchar distintamente lo dicho por los alumnos.

### 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 una técnica derivada del estudio de tiempo de latencia para estudiar procesos mentales (ANDERSON 2000: 456). El software empleado para transcribir los protocolos correspondientes, permite apreciar la duración de las pausas con una precisión de aproximadamente ½ s.

### Escenarios

Los escenarios estudiados comparten características similares, que hacen comparables los resultados obtenidos. Se trata de colegios privados de la ciudad de Cali, de nivel socioeconómico medio-alto. La edad de los estudiantes abarcó el rango de 11 a 13 años. Las intervenciones se realizaron como parte del trabajo regular en la asignatura de ciencias naturales. El modelo pedagógico seguido en ambas intervenciones enfatiza el trabajo colaborativo de los estudiantes, que se organizan en equipos de trabajo de tres o cuatro estudiantes.

### Caso “Densidad de la madera”

El proceso de intervención siguió la metodología de proyecto colaborativo abierto, a partir de la generación de preguntas significativas en ciencias por parte de los mismos estudiantes. Las especificaciones del problema a investigar, que se establecen simplemente para adecuarlo al alcance del alumno, son mínimas: ha de ser de tipo cualitativo, y relacionado con la cotidianidad de los niños y su entorno natural. Se genera como primer paso del proyecto a partir de un recorrido exploratorio por las zonas campestres del colegio. Posteriormente viene la definición del problema (selección y articulación de una pregunta significativa entre las propuestas), el planteo de hipótesis, búsquedas bibliográficas y de otros recursos, planificación de estrategias de verificación de las hipótesis, ejecución de las estrategias, hasta el establecimiento de conclusiones. Estos procesos se

abordaron en las “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 y la narración formal de las experiencias vividas durante cada salida. La bitácora es un instrumento para estimular, organizar y evaluar el pensamiento individual y colectivo, para lo cual tiene los ítemes indicados en la figura 1. Así pues, a partir de su análisis es posible inferir las diferentes estrategias de abordaje a la situación problema planteadas por el equipo a lo largo del proyecto. En consecuencia, proporciona indicios de los procesos metacognitivos de evaluación y modificación de estas estrategias.

- Introducción: clarifica los objetivos de la jornada o la salida de campo.
- Procedimiento: es específico para cada jornada, pues está determinado por sus objetivos. Puede contener observaciones, descripciones, opiniones, consultas, etc.
- Conclusiones: contiene las principales ideas desarrolladas durante la jornada y los acuerdos del grupo.
- Impresiones de la jornada: logros y dificultades encontradas durante la jornada, al igual que las sugerencias, recomendaciones y tareas a realizar para la siguiente jornada.

**Figura 1:** Estructura de cada registro en la bitácora del grupo.

### Caso “Luces y sombras”

El proceso de intervención correspondiente es una adaptación al medio colombiano del programa *Thinking Science* desarrollado por el grupo CASE (*Cognitive Acceleration through Science Education*) (ADEY *et al.*, 2001). Los desafíos cognitivos que plantea a los alumnos para estimular el desarrollo están prediseñados desde una base teórica, de modo que son los mismos para todos los estudiantes. Esta base está constituida por algunos aspectos del modelo psicoevolutivo piagetiano, en especial el análisis de las estructuras de razonamiento características del pensamiento formal: definición y control de variables, proporcionalidad, compensación, combinatoria, probabilidad, correlación, modelamiento, variables compuestas, equilibrio (INHELDER & PIAGET, 1958). El proceso está dirigido a los alumnos que se encuentran en transición entre el pensamiento concreto y el pensamiento formal, de modo que su objetivo se puede formular como la “aceleración” de tal transición. Para lograrlo, el grupo CASE diseñó actividades de experimentación dirigida y una metodología de aplicación de las mismas. El efecto de intervención (es decir, la respuesta a los estímulos ofrecidos, en términos de desarrollo intelectual) es consecuencia, más que de la manipulación de aparatos, del análisis de los datos experimentales obtenidos por los alumnos (o suministrados por el profesor, en los casos en que los experimentos son complejos), de la obtención de conclusiones, y de la reflexión sobre las estrategias seguidas. La secuencia de actividades está cuidadosamente calibrada, tanto para ajustarla al nivel de desarrollo típico de los alumnos, como para establecer una progresión adecuada en las palabras clave del lenguaje científico introducidas; estos términos son los relacionados con las estructuras de razonamiento mencionadas. El programa consta de treinta actividades que se realizan quincenalmente a lo largo de dos años académicos, cada una con una duración de cincuenta minutos a una hora. Se realizan en el horario de la asignatura de ciencias, complementando el currículo oficial de esta asignatura, aunque con la consecuente reducción del tiempo disponible para los contenidos específicos disciplinares. Los materiales del programa incluyen instrucciones detalladas para el profesor, además de las *hojas de trabajo* que sigue cada equipo de alumnos (formados por tres o máximo cuatro estudiantes), mediante las cuales se estructura la tarea y se proporciona el andamiaje oportuno. También incluye una *introducción al programa* dirigida al profesor, en la que se exponen sus bases teóricas, las pautas pedagógicas para administrarlo, etc. Pues 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). De hecho, una de las premisas teóricas que subyacen en el programa es el principio vygotskiano que considera la interacción cognitiva entre el profesor y los alumnos, y especialmente de los alumnos entre sí, como el motor del desarrollo psicoevolutivo. Así pues, es esencial en el diseño de la intervención lograr que estas interacciones, en virtud de los desafíos planteados por las actividades, generen una Zona de desarrollo próximo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Narrativa y análisis del caso “densidad de la madera”

El grupo cuya bitácora se seleccionó para un análisis intensivo estaba formado por cuatro estudiantes (los nombres son ficticios):

- Andrés, estudiante de alto desempeño académico e intelectual, altamente motivado por la asignatura de ciencias naturales; espontáneo, inquieto, sobresaliente por su capacidad para indagar y buscar explicaciones acerca de los fenómenos que observa.
- Rubén, estudiante de desempeño medio, cuyo rendimiento en el área de ciencias naturales evidenciaba altibajos, posiblemente por su reciente vinculación a la institución. En clase se muestra poco participativo a menos que se le invite a exponer sus puntos de vista.
- Javier, con un desempeño mediano; espontáneo para expresar sus ideas y en algunas ocasiones con dificultades para cambiar sus puntos de vista. Evidencia una alta motivación en el área de ciencias naturales.
- Óscar, estudiante que en general presenta un bajo nivel académico debido a sus dificultades para centrar la atención y encauzar esfuerzos para alcanzar los objetivos propuestos. Sus intereses estaban durante el proyecto más orientados a la exploración del espacio físico del colegio, que para él era una novedad porque acababa de ingresar a la institución.

Este grupo en particular, luego de las primeras salidas de campo preparatorias, se interesó por investigar sobre el tema: árboles maderables. En la bitácora realizó el registro siguiente, que corresponde a la *definición* de la pregunta concreta de investigación:

- Estamos reunidos para discutir sobre la pregunta para nuestro motivo de investigación.
- Hemos tenido algunos problemas en ponernos de acuerdo, pero ya hemos logrado concentrarnos.
- Propuesta de Rubén: Además del cedrillo, el nogal y el balso, ¿qué otros árboles maderables hay?
  - Propuesta de Andrés: ¿Cómo se define la densidad de la madera? - Javier propone ¿por qué el balso es blanco? a diferencia de Óscar, que dice: ¿Cómo nos benefician a nosotros los estudiantes estos árboles maderables? Entre todo el grupo, hemos decidido que la pregunta de Andrés es la mejor porque tiene una respuesta muy argumentada que nosotros no conocemos.

La última frase documenta el resultado de un proceso colectivo de reflexión, adquirir conciencia que la pregunta más adecuada entre las propuestas, es aquella que les ofrece mayores posibilidades de búsqueda y profundización frente a lo que no conocen. Se puede categorizar entonces, en cuanto pone en juego el conocimiento disciplinar de alto orden acerca de las clases de preguntas propias de las ciencias, como un “subir-de-nivel”, al menos en sentido débil. Una vez elegida la pregunta significativa, definir la densidad de la madera, el grupo planteó sus hipótesis, como se aprecia en la siguiente anotación:

Como hipótesis, Javier dice que si se le hace un hoyo a la madera ésta derramará savia, según la espesura de la savia definimos la densidad de la madera. Al contrario, Andrés dice que para medir la densidad de la madera, ésta se debe golpear con la mano para calcular la dureza y también medir su peso para saber si la madera es fuerte. Mientras que Carlos dice que para medir la densidad de la madera es necesario inventar un densímetro.

Obsérvese cómo explicitan los alumnos sus conocimientos cotidianos pertinentes y los aplican a su problema de investigación, para generar y justificar aserciones hipotéticas que resuelvan tentativamente el problema de investigación. Se trata entonces de instancias de procesos de alto orden específicos de las ciencias naturales, a pesar que la base de conocimientos puesta en juego sea el conocimiento cotidiano de los alumnos. En la continuación del protocolo, los alumnos prosiguen la argumentación a favor de cada hipótesis: “Javier deduce que su hipótesis es coherente porque...”; esta fraseología no cotidiana sugiere una apropiación de modos de razonamiento más sofisticados que los habituales.

En el siguiente registro se describe la estrategia cognitiva por la que el equipo optó para verificar la validez de sus hipótesis, al considerar que era la más apropiada: acudir a fuentes autorizadas; la selección de la estrategia evidencia la medida en que los estudiantes logran diferenciar qué saben del problema de investigación, y desde allí proponer cómo acceder a aquello que no saben:

Hoy iremos donde el carpintero [del colegio] y le preguntaremos cómo se mide la densidad de la madera, para desarrollar el segundo punto del

esquema general del proyecto (¿cuáles son los diferentes conceptos, teorías y/o leyes científicas a trabajar en la resolución del problema?...). Éste respondió: “La dureza y la densidad de la madera se toma en forma relativa, teniendo como base una madera poco densa y poco dura como el balso y otra muy densa y muy dura como el granadillo”. (...) También investigaremos en libros y/o diferentes fuentes para comprobar nuestras hipótesis.

Posteriormente, el trabajo del grupo se centró en la revisión de las hipótesis planteadas:

Hemos comprobado nuestras hipótesis, y hemos concluido que las hipótesis de Javier y Rubén (que son las mismas) son incorrectas pues hemos investigado en nuestros datos y nos enteramos que hay varias maneras de comprobar la densidad de la madera. Hasta ahora conocemos dos maneras de saberlo, y éstas son: método de la flotación:...

Conclusiones que el grupo plantea para su proyecto de investigación:

La única hipótesis correcta fue la de la dureza a través del golpe sobre la madera; sin embargo, encontramos un método mucho más visual como es el de la flotación de la madera, con el cual se apreciaba la mayor o menor densidad de cada madera, según si ésta tenía mayor o menor nivel de flotación, indicando que cuanto mayor flotación, menor era la densidad y cuanto menor flotación mayor era la densidad.

Los procesos científicos documentados en las dos últimas transcripciones, de revisión de hipótesis y elaboración de conclusiones, implican no sólo un “subir-de-nivel” en sentido débil, sino también un “ir-más-allá”. Este último proceso mental constituye un aumento de comprensión del sistema de conceptos abstractos de la física de tal amplitud, que supone muy probablemente un “subir-de-nivel en sentido fuerte”. Pues requiere evaluar la información obtenida por los alumnos, y reflexionar acerca de su propia evolución conceptual y metodológica a través del proceso de aprendizaje. Sin embargo, no se encontraron evidencias documentales de esta reflexión en la bitácora, por lo cual es preciso ser cauto al respecto. En cualquier caso, es claro el logro de los alumnos en el aprendizaje significativo del concepto físico de densidad, teniendo en cuenta su bien conocida dificultad para el nivel de desarrollo psicoevolutivo de los alumnos de 11 a 12 años de edad (SHAYER & ADEY, 1981).

### Caso “Luces y sombras”

El grupo protagonista del caso estaba constituido por tres estudiantes:

- Mateo, estudiante de alto desempeño académico en todas las asignaturas, aunque sobresaliente en matemáticas; algo similar se puede decir de su motivación por la asignatura de ciencias y sus condiciones de líder. Activo, locuaz, bromista.
- Carlos, estudiante de desempeño medio (probablemente porque su motivación, al menos en la asignatura de ciencias, tendía a ser deficiente). Cuando se interesa por un tema, trabaja con atención y empeño, pues es serio y aplicado en su trabajo. Más bien silencioso y pensativo.
- Ernesto, estudiante de bajo nivel de desempeño, aunque sus capacidades son altas, pues normalmente asume un papel pasivo en el aula y necesita frecuente orientación y estímulo para trabajar. Su compromiso con las actividades de intervención tiende a ser bajo.


El episodio se situó al término del primer año de intervención, cuando se habían realizado doce actividades, enfocadas al inicio en identificación y control de variables, y luego en las nociones de razón, escalas, y relaciones de proporcionalidad directa e inversa entre variables cuantitativas. Esta lección concluye la serie dedicada al pensamiento proporcional, e involucra relaciones tanto directas como inversas. El sistema experimental consiste en un juego de aros de 3, 4 y 5 cm de diámetro, una fuente de luz y una pantalla (las dos últimas en posiciones fijas). Se manejan tres variables independientes: el diámetro del aro, su distancia a la fuente, y su distancia a la pantalla. La práctica comienza estableciendo la relación de estas variables con la variable dependiente: diámetro de la sombra producida por el aro sobre la pantalla. Los alumnos hacen una exploración libre, observando bajo su iniciativa las diferentes sombras y su variación. Luego empiezan a seguir las prescripciones de la hoja de trabajo, sobre la que anotan sus datos y responden una serie de preguntas. La figura 2 reproduce el inicio de la hoja. El protocolo oral cuya transcripción comentada aparece en el anexo, se obtuvo después que los alumnos habían respondido las preguntas de la sección a), acerca de las variables presentes y sobre la relación existente entre el tamaño del aro y el tamaño de la sombra. El investigador

se refería en la primera línea a dos preguntas de la hoja de trabajo, la primera de las cuales fue leída por Mateo. En 00:38s Carlos contestó la primera pregunta titubeando y mirando con detenimiento el aparato; tardó un tiempo considerable para ello (aproximadamente 4s). Tras una pausa de 2 segundos, el investigador procedió a plantear al grupo una “pregunta metacognitiva”; es decir, una pregunta destinada a provocar la reflexión de los alumnos sobre la fuente de su conocimiento. Mientras Mateo respondió casi de inmediato y en tono más bien bajo, Carlos, lo hizo unos instantes más tarde y en un tono más alto. Entonces se abrió una intensa discusión entre Mateo y Carlos. Los datos no verbales recogidos durante la observación participante, o los que se constatan en la grabación misma (tanto la duración de las pausas como la entonación —por ejemplo—, Mateo subió la voz significativamente), sugieren que las expresiones de los alumnos durante la discusión son una verbalización de su reflexión sobre sus inmediatos procesos cognoscitivos, a la vez que una argumentación. Esta reflexión se puede interpretar como una toma de conciencia de la estrategia seguida por cada alumno para construir su respuesta a la pregunta planteada en el guión. Por lo tanto, es posible considerarla como una instancia de “subir-de-nivel” en sentido fuerte. Mateo verbalizó una estrategia formal (probablemente de naturaleza geométrica), una especie de experimento mental, según sugiere su insistencia en la obviedad de la respuesta. Carlos siguió una estrategia concreta, la de recordar sus observaciones del comienzo. La diferencia entre ambas estrategias es explicable de acuerdo con los antecedentes de cada estudiante. En conclusión hemos identificado en este episodio dos instancias definidas de “subir-de-nivel en sentido fuerte”.

Proyección de sombras

Sección a)

- Coloquen una tira de plastilina entre la fuente de luz y la pantalla como lo indica la figura.
- Fijen sobre la plastilina el anillo pequeño y midan el diámetro de la sombra del anillo sobre la pantalla.
- Luego quiten el anillo pequeño y en ese mismo sitio coloquen uno por uno los demás aros midiendo el diámetro de sus sombras.
- Registren sus medidas en la siguiente tabla:



**Tabla 1**

Diámetro anillo	Diámetro sombra
Pequeño: 3 cm	
Mediano: 4 cm	
Grande: 5 cm	

- ¿Cuáles son las variables?
- ¿Cuál es la variable a fijar?; ¿en qué unidades se miden sus valores?
- ¿Cuál es la variable de resultado?; ¿en qué unidades se miden sus valores?
- ¿Hay relación entre el tamaño del anillo y el tamaño de su sombra? SÍ \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
- Si la respuesta es “sí”, ¿qué tipo de relación hay entre ellas?

Sección b) Nota: Apaguen el bombillo y contesten las siguientes preguntas sin hacer la prueba.

- ¿Qué pasará con el tamaño de la sombra de un anillo cuando se acerca a la pantalla?
- ¿Qué pasará con el tamaño de la sombra del anillo cuando se aleja de la pantalla?

**Figura 2.** Página inicial de la hoja de trabajo para el caso “Luces y sombras”.

Podría objetarse que los procesos metacognitivos narrados (no sólo los del segundo caso, en los que pudimos ser “testigos”, por así decir, de los mismos, sino también del primero) fueron provocados, directa o indirectamente, por los profesores, en lugar de suceder espontáneamente. Pero esta circunstancia no significa que los resultados sean un artefacto de la investigación. Por una parte, el papel que el investigador desempeñó al hacer la pregunta metacognitiva en el segundo episodio es el previsto para el profesor durante la intervención: cualquier acción educativa consiste en actuar sobre las mentes de los alumnos para que ellos puedan reaccionar y actuar por sí mismos (OGBORN *et al.*, 1998: 195).

**Comparación de ambos enfoques de intervención**

Se puede abordar ya a la segunda pregunta de investigación a la que se dirige el trabajo. Se trata de contrastar el enfoque de intervención no

estructurado y de base práctica con el particular enfoque estructurado y de base piagetiano-vygotskiana, en términos de relación costo-beneficio con respecto a su implementación en la práctica. Para este contraste se tiene en cuenta, no tanto la información sobre el pensamiento de los alumnos, sino especialmente la información contextual acerca de los procesos de intervención. Pues en cuanto a lo primero, ambos enfoques de intervención se muestran eficaces para estimular en los alumnos la actividad metacognitiva, y por consiguiente el desarrollo de la competencia intelectual general. En ambos casos hay evidencias, tanto de “ir-más-allá”, como de “subir-de-nivel”. Las diferencias más importantes entre ambos enfoques estriban, por lo tanto, en su diferente eficiencia, o lo que podríamos denominar su logística. Sin embargo, también hay posibles diferencias en cuanto a la eficacia para promover el desarrollo cognoscitivo, que también deben considerarse en el balance. Pues ambos enfoques tienen ventajas y desventajas en uno y otro aspectos, siendo las ventajas relativas en eficacia del enfoque cerrado de alguna manera compensadas por las ventajas relativas en eficiencia del enfoque abierto, como se argumenta:

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: 108), en el desarrollo cognoscitivo es importante la presencia de un agente de cambio, cuya responsabilidad es reestructurar el ambiente del sujeto de manera tal que experimente 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 y de su cotidianeidad. Por lo tanto, con base en el criterio de crear condiciones para la autorregulación del alumnado y para su motivación, el enfoque de proyecto tiene ventajas indudables. 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” (ROTH & ROYCHOUDHURY, 1993: 148); 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 con los recursos de laboratorio o los materiales para la intervención, diferentes a los materiales escritos. Como se aprecia en la tabla, de acuerdo con este criterio el enfoque de proyecto puede adaptarse más fácilmente a los recursos por lo general disponibles en nuestros centros educativos. Por último, la adopción de un programa de intervención cerrado como el que se investiga es fácilmente adaptable a la organización educativa tal como existe actualmente, puesto que exteriormente se reduce a dedicar unas cuantas clases de la asignatura de ciencias naturales a la realización de prácticas de laboratorio, siguiendo una metodología bien determinada; sin embargo, por diversas razones, en especial la ya mencionada alta demanda de trabajo que los proyectos suponen del profesor, el enfoque abierto suele encontrar dificultades grandes para aclimatarse en la práctica educativa existente, como suele suceder con cualquier innovación que rompa los esquemas organizacionales de la escuela heredados de la tradición (PERKINS, 1992: 204 ss).

**Tabla 2**  
**Comparación de los enfoques de intervención estudiados**

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

## CONCLUSIONES

Los resultados documentan la potencialidad que tiene la educación en ciencias para contribuir efectivamente al desarrollo de las competencias intelectuales de la población. Para que la realización de este potencial no se quede corta, y el sistema educativo esté a la altura de los retos que se enfrentan en un contexto global, 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, tanto de “ir-más-allá”, como de “subir-de-nivel”, de acuerdo con las distinciones en los procesos metacognitivos discutidos en la introducción. 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, entre los propuestos en la literatura, ha de tomar en consideración una diversidad de criterios como los indicados en la última parte del artículo.

## AGRADECIMIENTOS

Actualmente se ejecuta el proyecto de investigación: “Aceleración cognoscitiva mediante la educación en ciencias en el contexto local”, cuyo objetivo es diseñar un programa de intervención apropiado para el medio colombiano, siguiendo este enfoque (cfr. URIBE, 2004). Esta intervención es una de las reportadas en el trabajo.

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. El Colegio Berchmans apoyó la investigación-acción reportada en el caso “densidad de la madera”. El primer autor agradece a los colegios María Auxiliadora, San José de Champagnat y Juanambú, y a los profesores participantes en el primer proyecto mencionado, en especial la profesora Claudia Solarte, el profesor Abel Torres, el profesor Víctor Narváez, y al profesor Álvaro Perea, de la Universidad del Valle, por la observación de las sesiones de intervención.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADEY, P. (1994). Aceleración cognitiva a través de la enseñanza de la ciencia, en MACLURE, S. & DAVIES, P. (comps.). (1994). *Aprender a pensar, pensar en aprender* (pp. 117-133). Barcelona: Gedisa. Orig. (1991), *Learning to think: thinking to learn*, trad. D. ZADUNAISKY.
- ADEY, P. & SHAYER, M. (1994). *Really Raising Standards. Cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.
- ADEY, P. & SHAYER, M. (1993). An exploration of long-term far-transfer effects following an extended intervention programmed in the high school science curriculum. *Cognition and Instruction*, **11** (1), 1-29.
- ADEY, P. & SHAYER, M. (1990). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students. *Journal of Research in Science Teaching*, **27** (3), 267-285.
- ADEY, P. & SHAYER, M., YATES, C. (2001). *Thinking science, third edition*. CD-ROM version. Nelson Thornes (también disponible en versión impresa).
- ANDERSON, R.J. (2000). *Cognitive Psychology and its implications* (5a. ed.). New York: Worth.
- BLAKEY, E.; SPENCE, S. (1990). *Developing metacognition*. ERIC Digest. Identifier: ERIC ED327218. Disponible en: [http://www.ericfacility.net/databases/ERIC\\_Digests/index/](http://www.ericfacility.net/databases/ERIC_Digests/index/) (fecha de acceso 13/05/2003).
- BROWN, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms, en F. WEINERT y R. KLUWE (eds.), *Metacognition, motivation and understanding*. Hillsdale: Erlbaum. 65-116.
- CHIPMAN, J.W. SEGAL & GLASER, R. (eds.), (1985). *Thinking and learning skills*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- COSTA, A. (ed.). (2001). *Developing minds. A resource book for teaching thinking*, 3<sup>rd</sup> ed. Alexandria (Virginia): Association for Supervision and Curriculum Development.
- FLAVELL, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, **34**, 906-911.
- FLAVELL, J.H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition, en F. WEINERT y R. KLUWE (eds.), *Metacognition, motivation and understanding*. Hillsdale: Erlbaum, 21-29.
- GOETZ, J.P.; LECOMPTE, M.D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata. Orig. (1984), *Ethnography and Qualitative Design in Educational Research*, trad. A. BALLESTEROS.
- HACKER, D.J. (1998). Metacognition: definitions and empirical foundations, en J. DUNLOSKY, A. GROESSER y D. HACKER (eds.), *Metacognition in educational theory and practice*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 1-24.
- HOPKINS, D. (1985). *A teacher's guide to classroom Research*. Milton Keynes, Philadelphia: Open University Press.
- INHELDER, B. & PIAGET, J. (1958). *The growth of logical thinking: from childhood to adolescence*. USA: Basic Books. Orig.: *De la Logique de l'enfant a la Logique de l'adolescent*. Traducido por A. PARSONS & S. MILGRAM.
- MACLURE, S. & DAVIES, P. (comps.). (1994). *Aprender a pensar, pensar en aprender*. Barcelona: Gedisa. Orig. (1991), *Learning to Think: thinking to learn*, trad. D. ZADUNAISKY.
- MERRIAM, S.B. (1988). *Case study research in education: a qualitative approach*. San Francisco: Jossey-Bass.
- NICKERSON, R.; PERKINS, D.; SMITH, E. (1994). *Enseñar a pensar: aspectos de la aptitud intelectual*. Barcelona: Paidós. Orig.: (1985). *The teaching of the thinking*, trad. L. ROMANO, C. GIRARD.
- OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I.; MCGILLICUDDY, K. (1998). *Formas de explicar: la enseñanza de las ciencias en secundaria*. Madrid: Santillana. Orig. (1996) *Explaining science in the classroom*, trad. R. LLAVORI.
- PERKINS, D. (1995). *Outsmarting IQ: The emerging science of learnable intelligence*. New York: The Free Press.
- PERKINS, D. (1992). *Smart schools: better Thinking and learning for every child*. New York: The Free Press.
- POZO, J.I. (1996). *La psicología cognitiva y la educación científica*. Disponible en: <http://www.if.ufgrs.br/public/ensino/N2/Pozo.HTM> (acceso el 06/10/2003)
- PRESSLEY, M.; BORKOWSKI, J.G.; SCHNEIDER, W. (1987). Cognitive strategies: good strategy users coordinate metacognition and knowledge. *Annals of Child Development*, **4**, 89-129.
- RESNICK, L.B. (1987). *Education and learning to think*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- ROTH, W.M.; ROYCHOUDHURY, A. (1993). The development of science process skills in authentic contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (2), 127-152.
- SCHÖN, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos: hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Barcelona: Paidós. Orig. (1987). *Educating the reflective practitioner*, trad. L. MONTERO, J.M. Vez.
- SHAYER, M. & ADEY, P. (1981). *Towards a science of science teaching*. Londres: Heinemann. Existe versión en español: (1985), *La ciencia de enseñar ciencia*. Madrid: Narcea.
- 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.
- TISHMAN, S.; PERKINS, D.; JAY, E. (1995). *The thinking classroom: learning and teaching in a culture of thinking*. Boston: ALYN & BACON.
- URIBE, C. (2003). *Mejoramiento de habilidades de pensamiento mediante el currículo de física y modelos implícitos de conocimiento en los docentes. Primera fase: Informe final de investigación*. Disponible en: <http://www.univalle.edu.co/~curibe/InfMejHP.pdf> (fecha de acceso: octubre del 2004).
- URIBE, C. (2004). *Proyecto de investigación “Aceleración cognoscitiva mediante la educación en ciencias en el contexto local” (reporte de un proceso de intervención en progreso)*. Ponencia presentada al I Coloquio Nacional en Didáctica de las Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, agosto 30 a septiembre 1 de 2004. Disponible en: <http://www.univalle.edu.co/~curibe/PryInAC.doc> (fecha de acceso: noviembre de 2004).
- YIN, R.K. (1989). *Case study research: design and methods*. Newbury Park: Sage Publications.

Received: 02.02.2005/ Accepted: 3.04.2006

# Anexo: Protocolo comentado en el caso “Luces y sombras”

00:03 00:55 00:56 00:12	<b>I:</b> Entonces, ahora, sin hacer aquí ningún experimento (3s) contesten ahí [en la hoja de trabajo] dos preguntas (2s) Lean (16s)	<b>A1:</b> [en tono bajo] pero es obvio [sube el tono] pero es obvio, ¿no? Vos antes de esto [la práctica] sabías [lo que resultaría del experimento]	“Pregunta metacognitiva” (para hacer aflorar el proceso y provocar el pensamiento de alto orden); ‘ahora’ se refiere al comienzo de la práctica, cuando exploraron libremente el fenómeno
00:28 00:33	<b>A1:</b> ¿Qué pasará con el tamaño de la sombra de un anillo cuando se acerca a la pantalla?		Responden casi simultáneamente, sin escucharse mutuamente.
00:38 00:41 00:44 00:45	<b>A2:</b> ¿Cómo?		<b>I</b> repite para sí lo dicho por <b>A2</b> , asegurándose que quede registrado en la grabación.
00:47 00:48	<b>A1:</b> ¿Qué pasará con el tamaño de la sombra de un anillo cuando se acerca a la pantalla? (2s) <b>A2:</b> Pues se... se... se..., se achiquita, disminuye. (2s) <b>I:</b> pero ¿ustedes lo dicen porque lo vieron ahora, o pensando?	<b>A1</b> al parecer afirma	Se inicia la discusión metacognitiva entre los dos alumnos Probablemente se refiere en esta frase (interrumpida por <b>A1</b> ) al experimento espontáneo al comienzo, cuando se observó el resultado.
00:50 00:52	<b>A1:</b> pensando [en voz baja] <b>A2:</b> porque lo vimos ahora <b>I:</b> porque lo vieron ahora		que ese experimento no añadió nada a su conocimiento. En la última frase eleva la voz apreciablemente.
A1: pensando, es obvio (2s) [sube la voz]	<b>I</b> se acerca al trío, comprueba que han terminado la sección a) de la Hoja de Trabajo, y les señala la sección b) Paráfrasis de la advertencia inicial:		Terminada la discusión, mientras <b>A2</b> hace una pregunta a <b>I</b> , <b>A1</b> escribe en silencio la respuesta a la pregunta en cuestión: “Se disminuye el tamaño”. Luego responde la segunda pregunta a la que se refirió <b>I</b> al comienzo del episodio (‘¿qué pasará con el tamaño de la sombra del anillo cuando se aleja de la pantalla?’), escribiendo: “Se aumenta”.
A2: [ininteligible] ahorita estábamos haciendo	<i>Apaguen el bombillo y contesten las siguientes preguntas sin hacer la prueba</i> Silencio prolongado mientras <b>A1</b> lee para sí la advertencia y quizás la pregunta. <b>A2</b> se distrae con <b>A3</b>  Leyendo la hoja de trabajo  Repite la lectura a petición de <b>A2</b>  El alumno observa el sistema experimental.		* La primera columna indica la lectura del temporizador para el archivo de voz que contiene el protocolo oral. En la transcripción del archivo (segunda columna), se indican las pausas superiores a 1s. Las pausas del orden de 1 s o inferiores se indican mediante la puntuación. La tercera columna es el análisis del episodio, que se amplía en el texto- Convenciones: <b>I:</b> Investigador. <b>A1:</b> Mateo; <b>A2:</b> Carlos; <b>A3:</b> Ernesto.