

“PENSAR CON LA CIENCIA”: DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS

C. Uribe¹, y M. C. Solarte²

¹Departamento de Física Universidad del Valle,
Ciudad Universitaria Meléndez, Cali, Colombia

² Instituto de Educación y Pedagogía, Universidad del Valle,
Ciudad Universitaria Meléndez, Cali, Colombia

Recibido Nov-2006, **revisado** Mar-2007, **aceptado** Jun-2007 **Publicado** Dic-2007

Resumen. Exploramos las posibilidades y dificultades de los programas de intervención en el desarrollo cognitivo, adaptando a nuestro contexto educativo el enfoque de intervención propuesto por el grupo CASE (*Cognitive Acceleration through Science Education*), plasmado en el programa *Thinking Science*. En general, encontramos que las diferencias culturales y educativas entre nuestro medio y el Inglés no impiden que sea aplicado exitosamente, según se infiere de la observación de las clases y los reportes de los profesores y alumnos participantes.

Abstract. We explored the feasibility and difficulties of intervention programs in cognitive development, adapting to our educational context the approach to intervention put forward by CASE team (*Cognitive Acceleration through Science Education*), embodied in the program *Thinking Science*. On the whole, we found that the cultural and educational differences between our and English environments do not prevent from being applied successfully, according to the class observations and reports from participant teachers and pupils.

1. Introducción.

Este proyecto se orienta a mejorar la calidad de los aprendizajes de nuestros alumnos y sus capacidades de resolver problemas, de pensar crítica y constructivamente. Se realizó en tres colegios de la ciudad de Cali, entre los años 2003 a 2005. Consistió en el desarrollo y pilotaje de un programa de desarrollo de competencias científicas complementario al currículo oficial en la asignatura de Ciencias Naturales para los grados 7º y 8º de educación media, que hemos denominado PENSAR CON LA CIENCIA. Su propósito es facilitar a los centros educativos medios para afrontar los desafíos planteados por los estándares curriculares en ciencias naturales, a saber desarrollar el pensamiento científico en los alumnos. Su hipótesis central es que este desarrollo tiene dos grandes etapas. La primera etapa es el conocimiento directo acerca del mundo que percibimos con nuestros sentidos, adquirido en la primera y segunda infancia, hasta los 11 o 12 años. La segunda etapa se produce a partir de estas edades. Consiste en adquirir el conocimiento científico propiamente dicho, que comporta una comprensión abstracta de las estructuras conceptuales específicas de las diferentes disciplinas. De acuerdo a muchos psicólogos cognitivos y del

desarrollo, como Piaget, los adolescentes jóvenes (de entre 11 a 15 años de edad, aproximadamente), están pasando por una etapa crítica en su desarrollo mental, que les otorga la potencialidad de acceder al conocimiento abstracto en condiciones apropiadas. Pues están consolidando las capacidades de procesar información sobre aspectos no tangibles de la realidad, capacidades que fundamentan el pensamiento matemático y científico, como las que se describen en los diferentes estándares curriculares nacionales en ciencias recientemente publicados bajo la primera columna para los diferentes grados, encabezada por el título “...me aproximo al conocimiento como científico-a natural”.

2. Antecedentes.

Los programas diseñados con propósitos semejantes al indicado se pueden clasificar en tres grandes enfoques. La mayoría de los programas de “enseñar a pensar” diseñados en los años 70 y 80 siguen de una u otra forma lo que podría llamarse enfoque cotidiano: la discusión de problemas que no requieren conocimientos disciplinares ^[1]. Desde los noventa se ha extendido el enfoque de infusión, en el que las actividades de estimulación del pensamiento son idénticas a las dirigidas al aprendizaje de los contenidos curriculares ^[2]. El enfoque de intervención, adoptado como base para nuestro programa, se orienta a incidir en las estructuras cognitivas subyacentes, teóricamente definidas, mediante desafíos intelectuales sostenidos a largo plazo siguiendo el marco teórico de Vygotsky ^[3]. Las evaluaciones sistemáticas de los dos programas de intervención más conocidos, a saber el *Enriquecimiento Instrumental* ^[4] y el *Thinking Science* ^[5, 6, 7] en términos de la permanencia de sus efectos en la mayoría de los alumnos participantes, han sido especialmente promisorias.

A diferencia del primero, el programa *Thinking Science* (TS) apunta específicamente al contexto de ciencias naturales. Fue diseñado a mediados de los ochenta por el grupo CASE (*Cognitive Acceleration through Science Education*). Consiste es una serie especial de actividades experimentales y de pensamiento sobre ciencias naturales (física, química y biología) que se realizan quincenalmente durante el horario normal de esta asignatura y en un período de dos años, bien sea en los grados 7º y 8º o bien en los grados 8º y 9º. Substituyen por tanto parte de las lecciones habituales de la asignatura, cuyo contenido curricular oficial debe entonces acomodarse en

un menor tiempo, aunque se ha demostrado que el desarrollo intelectual que procura el programa compensa de sobra esta disminución de tiempo. Esta serie de actividades puede producir tal efecto sobre el desarrollo mental, por cuanto las interacciones profesor-alumno y alumno-alumno durante las mismas siguen unas pautas diferentes a las de las clases cuyo objetivo es la enseñanza de contenidos disciplinares.

Como resultado del proyecto *Aceleración cognoscitiva mediante la Educación en Ciencias en el contexto local*, cuyo objetivo fue explorar la posibilidad de diseñar un programa de intervención similar al último programa adaptado a nuestro contexto educativo, se diseñó el programa *PENSAR CON LA CIENCIA*. Este programa fue evaluado formativamente a pequeña escala en tres colegios privados de la ciudad durante el período indicado. En el artículo hacemos una breve descripción del programa (en el sitio <http://pensarconlaciencia.univalle.edu.co> se encuentra una descripción más amplia) y de los resultados de su evaluación. Las siguientes secciones se refieren de manera directa al programa *TS* pero constituyen también la discusión de las bases teóricas y prácticas del programa *Pensar con la Ciencia*, teniendo en cuenta la estrecha relación entre ambos.

3. Marco teórico.

Actualmente se considera difícilmente sostenible la teoría piagetiana de los estadios psicoevolutivos, como etapas rígidamente separadas del desarrollo cognitivo humano. Sin embargo, muchos de los hallazgos experimentales psicogenéticos descritos tan detalladamente por este autor y sus colaboradores continúan teniendo valor. Es el caso de la distinción entre las dos formas de pensamiento indicadas en el subtítulo, con la peculiaridad de que, mientras los preadolescentes todavía piensan concretamente, es más probable que los de mayor edad sean capaces de pensar formalmente. Las operaciones concretas se definen como procesos mentales efectuados sobre percepciones (bien sea directas o bien evocadas en la memoria o en el discurso simbólico): conservación, clasificación, seriación, conteo, etc.; manejan un número reducido de variables para describir situaciones pero no para explicarlas. Por contraste, las operaciones formales se efectúan sobre proposiciones, manejando múltiples variables y un nivel más elevado de abstracción. Las operaciones formales más estudiadas por Piaget son el control y exclusión de variables, la proporcionalidad directa e inversa, las comparaciones en la probabilidad

de sucesos aleatorios, la discriminación de correlaciones, la explicación de fenómenos mediante modelos (ver apéndice).

Se ha encontrado una grandísima variabilidad entre las distintas personas en el desarrollo del pensamiento formal y en su aplicación a la solución de problemas concretos (incluso en una misma persona, dependiendo del contexto en que se formula el problema). Aunque hay controversias teóricas importantes entre los psicólogos al respecto, es seguro que los factores ambientales, físicos y sociales, entre los que se incluye la educación, son determinantes fundamentales en esa variabilidad. El objetivo para el que se diseñó el programa es incrementar la proporción de alumnos en los años finales de la educación secundaria que disponen del pensamiento formal. El motor de esta “aceleración” es precisamente la manipulación de aquellos factores por parte del profesor, en los procesos de mediación sociocultural que le incumben. En consecuencia, el segundo pilar teórico del programa lo constituye el concepto de *Zona de Desarrollo Próximo*. Vygotsky escribió: “...la instrucción es buena únicamente cuando va por delante del desarrollo, cuando despierta a la vida las funciones que están en el proceso de madurar o en la zona de desarrollo próximo.” [3, p. 82]. Este concepto describe la diferencia entre el desempeño real de un niño, tal como se determina por su conducta al solucionar problemas independientemente, y el nivel de desarrollo potencial, como se determina por su conducta de solución de problemas bajo la guía adulta o la colaboración con compañeros más capaces. Pues las competencias potenciales de resolución de problemas se convierten en habilidades completas o exitosas gracias, por lo general, a la mediación de los compañeros o los adultos responsables, como padres y profesores.

4. Modelo pedagógico.

Básicamente, consiste en complementar las “clases normales” (las dirigidas hacia el aprendizaje de los contenidos curriculares en la asignatura de ciencias), con “clases de intervención”, cuyo propósito es promover el desarrollo de las estructuras mentales en los estudiantes. Este efecto depende crucialmente de la habilidad del profesor para estimular y apoyar el pensamiento independiente de los alumnos al afrontar los desafíos en ciencias planteados en las clases de intervención siguiendo una estructura indicada en las hojas de trabajo que los alumnos deben diligenciar con los resultados de sus experimentos y análisis. Estas hojas no son calificadas,

por lo cual el clima de aula y la interacción con el profesor han de motivar intrínsecamente a los alumnos a involucrarse cognitivamente en los retos científicos planteados. Las clases de intervención típicamente constan de las siguientes cuatro fases:

- *Introducción:*
El profesor repasa las actividades anteriores y presenta el contexto del problema (demostración del equipo de laboratorio, discusión de las variables).
- *Preparación concreta:*
Los alumnos toman los datos experimentales y contestan las primeras preguntas de la guía, que no requieren todavía un pensamiento formal.
- *Discusión en pequeños grupos:*
El análisis de datos siguiendo la disposición de la guía genera un desafío cognitivo y apuntala la construcción de las estructuras mentales requeridas para afrontarlo trabajando en la zona de desarrollo próximo (pues los alumnos difícilmente podrían abordarlo aisladamente pero sí apoyándose mutuamente, con oportunas preguntas no directivas del profesor). No se trata de llegar a conclusiones prefijadas, pues de ninguna manera el modelo se inscribe en la pedagogía del “aprendizaje por descubrimiento”. Cuando algunos grupos han llegado a enfoques del problema que permiten avanzar en su solución se pasa a la puesta en común.
- *Discusión general:*
Por último, se realiza una discusión con toda la clase en la que algunos grupos presentan aportes significativos (aunque más importante que responder “correctamente” es contrastar los distintos modos de ver el problema), concluyendo con reflexiones metacognitivas y conexiones a temas de las clases normales o problemas cotidianos. Las conexiones son de doble vía: también en las clases regulares se utilizan frecuentemente las palabras claves y los tipos de razonamiento o competencias practicados en las clases de intervención. La importancia fundamental de estos dos aspectos

del desarrollo intelectual estrechamente interrelacionados, la metacognición y la transferencia a otros contextos, es un resultado central de la abundante investigación educativa en procesos de intervención cognitiva realizada desde los años sesenta.

Es claro que el profesor a cargo de las actividades de intervención, que ha de ser el mismo profesor de la asignatura de ciencias, requiere ciertas habilidades para realizar su papel vygotskiano de facilitador del pensamiento de los alumnos. También necesita una familiaridad teórica con el programa y las competencias científicas, y una buena práctica con sus aspectos técnicos. En consecuencia, para la puesta en marcha del programa en un centro educativo se requiere una cualificación profesional específica. De hecho, el programa *Thinking Science* es mucho más que la serie de actividades publicadas (es decir, los materiales destinados al profesor para la preparación de las clases de intervención y las hojas de trabajo). Es sobre todo un proceso de Desarrollo Profesional para profesores de ciencias naturales, que incide no solamente en su papel como facilitador del desarrollo intelectual al administrar el programa, sino en su función usual con respecto a los contenidos curriculares.

5. Evaluación del programa.

Es abundante la literatura especializada en educación en ciencias y en psicología relacionada con el programa, generada tanto por el equipo de investigadores que efectuó su diseño como por diversos críticos^[8]. Los especialistas ajenos al mismo han llegado a un consenso sobre el hecho de que produce, cuando se aplica adecuadamente, una diferencia estadística y educacionalmente significativa, no solamente en la asignatura de ciencias sino en las otras asignaturas del currículo, en especial matemáticas e inglés. El resultado más destacado de los resultados es que la diferencia entre los grupos experimental y de control es significativa incluso tres años después de terminada la intervención, hecho que puede interpretarse como una evidencia de un efecto sobre el desarrollo cognoscitivo de los participantes.

6. Hipótesis y problema de investigación

La hipótesis de que partimos para nuestro trabajo fue que el modelo pedagógico para la intervención que hemos descrito, puede ser transferido a nuestro contexto educativo con oportunas adaptaciones en los detalles.

El problema abordado fue entonces la verificación de esta hipótesis y la determinación de las adaptaciones requeridas. Pues sería ingenuo hacer caso omiso de las acusadas diferencias entre los contextos educativos inglés y colombiano, en cuanto a recursos escolares, modelos de formación de los docentes de ciencias, y culturas.

7. Metodología.

El trabajo consistió principalmente en un estudio exploratorio sobre la viabilidad de realizar actividades de intervención en nuestro medio siguiendo el enfoque de intervención diseñado por el grupo CASE, y en la evaluación formativa de las actividades producidas. Se trabajó en tres colegios privados de la ciudad de Cali, dos colegios femeninos y un colegio masculino, con poblaciones de nivel socio-económico medio y alto. Los directivos de cada colegio seleccionaron un grupo del séptimo curso como grupo de tratamiento, quedando los demás grupos como grupos de comparación. En los tres colegios se comprobó la equivalencia de los grupos, mediante la valoración del nivel de desarrollo cognoscitivo realizada en septiembre del 2003, antes de comenzar el pilotaje del programa, mediante un pretest que sirvió igualmente para definir una línea de base para estimar el efecto del programa a corto plazo. Esta valoración se realizó mediante la aplicación de la *prueba de razonamiento científico Peso y Volumen* (traducción del instrumento "*Science Reasoning Task II: Weight and Heaviness*", publicado por el Chelsea College, UK ⁽¹⁰⁾), cuya finalidad es valorar grupalmente el nivel de desarrollo cognoscitivo de estudiantes de entre once a catorce años. La prueba consiste en la demostración por el profesor ante la clase entera de ciertos experimentos basados en las tareas desarrolladas por Inhelder & Piaget ⁽¹¹⁾ para estudiar el desarrollo cognoscitivo, simultáneamente con el planteamiento a los alumnos de cuestiones referentes a los fenómenos demostrados. El parafraseo de las cuestiones es flexible, permitiendo que el profesor se asegure que los alumnos comprenden su significado. Los alumnos contestan individualmente por escrito en una hoja de respuestas que contiene las cuestiones, junto con diagramas. La guía de administración e interpretación que acompaña el instrumento contiene una tabla que permite convertir el puntaje obtenido a una escala, cuyos valores y correspondientes niveles de desarrollo cognitivo se dan en la tabla 1:

Tabla 1: Escala de Desarrollo cognitivo

<i>Valor</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Nivel de desarrollo</i>
3	2A	Concreto inmaduro
4	2A/2B	Concreto intermedio
5	2B	Concreto maduro
6	2B*	Concreto avanzado
7	3A	Formal inmaduro
8	3A/3B	Formal maduro
9	3B	Formal avanzado

Los resultados del pretest, así como del postest aplicado al final del proceso en Junio del 2005 como más adelante se detalla, apuntan fuertemente a un defasaje importante en el nivel de desarrollo cognoscitivo en la muestra de estudiantes, corroborando hallazgos de estudios previos realizados por E. Vasco y M. de Zubiría^[12, p. 15]. El promedio obtenido en la escala de desarrollo cognitivo para las niñas (N=157, edad promedio 12 años y 6 meses), a saber 4,3 (desviación estándar 0,87) se localiza en el percentil 30 para las niñas de Inglaterra 11 años y 8 meses. En el caso de los varones para los 13 años (N=31) el promedio (5,2, desviación estándar 0,87), se localizó en el percentil 44 de los niños de Inglaterra para la edad de 11 años y 8 meses. Este defasaje ha sido confirmado cualitativamente al analizar los datos tomados en el trabajo de campo, que muestran en general un pensamiento concreto al enfocar los desafíos planteados, salvo casos muy excepcionales.

La prueba piloto propiamente dicha se inició con una capacitación tanto grupal como personalizada, de los profesores de ciencias involucrados en el programa de los tres colegios en el grado 7º, en la metodología del programa y en los aspectos prácticos de cada unidad. Esta capacitación se continuó durante los dos años del proyecto mediante el asesoramiento del investigador principal para la preparación y realización de cada una de las prácticas (asistiendo como observador participante), la distribución de los materiales del programa, la asistencia a reuniones en cada colegio (junto con otros profesores de ciencias y matemáticas), y por último tres talleres conjuntos realizados en los laboratorios del Departamento de Física de la Universidad del Valle.

El trabajo de campo se realizó principalmente con el objetivo de pilotar las unidades prediseñadas y determinar las revisiones apropiadas. Este pilotaje consistió en realizar las actividades de intervención incluidas en cada unidad, en condiciones

normales de aula, en el horario previsto para el curso de ciencias. En bastantes unidades fue posible poner a prueba nuevas versiones del material, pues sus aplicaciones en los distintos colegios se realizaron en días diferentes. Las actividades fueron generalmente dirigidas por el profesor del colegio, con la asesoría del investigador principal (como observador participante) y en algunos casos estando presentes otros observadores no participantes del grupo de investigación.

La revisión de los materiales, y en algunos casos del mismo diseño de las situaciones experimentales de intervención, se realizó a partir del análisis de diversas fuentes de datos, a saber:

- i) las "Hojas de trabajo" diligenciadas por los alumnos, donde los estudiantes debían escribir sus predicciones, los datos obtenidos en los experimentos, las respuestas a las preguntas en las que se plantean los desafíos que jalonan el desarrollo, etc.
- ii) Notas de campo tomadas por el investigador durante la sesión y/o después de terminada, tan pronto sea posible, con las observaciones realizadas.
- iii) Se registraron en video aproximadamente el 30% de las sesiones de intervención. El tiempo registrado en video es de unas 50 horas.
- iv) Se registraron en audio aproximadamente el 70% de las sesiones, con un tiempo de unas 100 horas. Se han transcrito episodios especialmente pertinentes de estas grabaciones.

Los datos fueron sometidos a un análisis cualitativo informal, para determinar los problemas de léxico e interpretación de los estudiantes con los materiales, la adecuación del desafío cognitivo que las actividades presentan a los estudiantes (en términos teóricos, si la actividad se encuentra en la zona de desarrollo próximo del estudiante típico), y por último, para fundamentar aseveraciones sobre los escenarios estudiados y el programa mismo.

8. Resultados.

La percepción sobre el programa de los alumnos y profesores participantes, así como de los directivos y los padres de familia es muy positiva, de acuerdo a la información recogida en las clases mismas, y en entrevistas con los interesados. El interés despertado por el programa, especialmente en las niñas, fue evidente y expresado, por ejemplo, en la insistencia con que solicitaron, al anunciar su finalización, que continuara en el siguiente grado. Consideran que necesitaron pensar profundamente en los problemas por su cuenta, pues no los podían resolver con lo que ya sabían. La participación

de los estudiantes fue en general alta, y los datos apuntan a que los desafíos planteados generaron una zona de desarrollo próximo. Los docentes que participaron en el programa describieron sus experiencias con el programa muy positivamente, como muestra la siguiente transcripción:

El programa ha cambiado totalmente mi experiencia como maestra, porque me ha brindado la oportunidad de aprender modelos que jamás había considerado desde mi formación, por ejemplo saber que las estudiantes no aprendían no por falta de capacidad, o por que la explicación no era clara en la clase, sino porque simplemente estaba en un nivel cognoscitivo donde no podían comprender conceptos complejos propios de la ciencia. Además el programa me enseñó cómo lograr un aprendizaje realmente significativo, porque comprendí que la enseñanza no debe ceñirse meramente a los contenidos sino, que es necesario enseñar habilidades, que difícilmente podrían lograrse con la enseñanza tradicional de los modelos trabajados hasta ahora en la clase de ciencias, como por ejemplo, hacer reflexiones sobre su proceso de aprender (metacognición), comprender un fenómeno y representar los resultados con el diseño de una gráfica, enriquecer la enseñanza con aspectos propios de las prácticas científicas como son las variables, probabilidad, razones y proporciones, clasificación, correlación, etc... temas que no aparecen en un currículo diseñado en nuestro contexto, pero que contribuyen a que los estudiantes se vayan formando a un buen nivel en las competencias científicas que ahora nos piden los actuales estándares.

Sin embargo, los datos también muestran que las diferencias poblacionales y contextuales entre los países donde se han realizado intervenciones exitosas y el nuestro son más formidables de lo que habíamos pensado como hipótesis de trabajo al iniciar el proyecto. Ya mencionamos dos de estas diferencias, el defasaje en el desarrollo cognitivo de nuestros estudiantes y la escasez de recursos de laboratorio en nuestras instituciones educativas. Otra diferencia importante estriba en el esquema de formación profesoral de Colombia: el programa que nos sirvió de base de diseño supone que los profesores tienen un pregrado en Ciencias, lo cual no suele verificarse en nuestro medio. En consecuencia, el proceso de cualificación para la administración del programa *Pensar con la Ciencia* (de modo que pueda ser aplicado por los profesores de la asignatura de ciencias naturales en los colegios sin la asistencia inmediata de sus diseñadores) debe ser más intenso que el proceso de cualificación correspondiente al programa *TS*.

No obstante la presencia de estas diferencias contextuales, la evaluación formativa indica que es viable efectuar una intervención en nuestro medio mediante un programa adaptado específicamente. A este respecto, encontramos necesario disminuir el nivel de desafío cognitivo de algunas actividades originales. Pues apreciamos, al hacer el pilotaje de la primera versión de algunas actividades, que la demanda cognitiva estaba más allá del nivel de desarrollo potencial de los alumnos, por lo cual no era posible

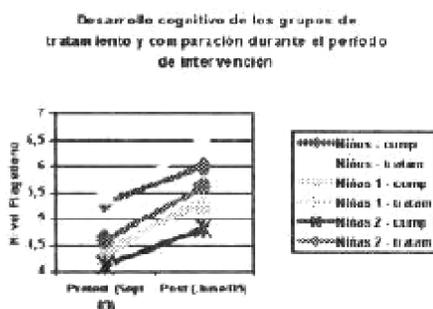
que emergiera una zona de desarrollo próximo; este fue el caso especialmente en las actividades en torno al esquema de probabilidad. Por lo tanto fue necesario redactar una segunda y a veces hasta una tercera versión de los materiales correspondientes, adecuando su nivel de desafío al nivel promedio de desarrollo cognitivo de la población. También fue necesario desarrollar nuevas actividades debido a que unas pocas actividades del programa *Thinking Science* exigen recursos de laboratorio prácticamente inaccesibles en nuestro contexto, por lo cual no fueron tomadas como base para nuestro programa.

Otro resultado importante, referente a nuestro sistema educativo, es un conjunto convergente de evidencias de problemas serios de aprendizaje en los estudiantes de los grados 7^o y 8^o sobre contenidos fundamentales del nivel básico de educación. Específicamente, los datos tomados en la 6^a unidad indican que el concepto de ser vivo y los conceptos taxonómicos de la biología no han sido aprendidos significativamente por una alta proporción de los estudiantes en nuestra muestra. Este hallazgo ha sido confirmado por una aplicación de un instrumento especialmente diseñado para elicitación de las concepciones previas de los alumnos en este dominio a una muestra mucho mayor.

El trabajo de campo culminó con la aplicación de la *Prueba de razonamiento científico: Equilibrio en el burrito* a los grupos de intervención y control en Junio del 2005 (traducción del *Science Reasoning Task IV: Equilibrium in the balance*, un instrumento paralelo al aplicado en el pretest), a los grupos de tratamiento y de comparación. Estos últimos habían recibido el mismo número de horas de clase en la asignatura de ciencias que los primeros, pero dedicaron todo este tiempo al desarrollo del currículo; los grupos de intervención recibieron una cantidad menor de instrucción en los contenidos regulares, pues el programa se administró quincenalmente en sustitución de una hora de clase. Los resultados del análisis estadístico de los datos cuantitativos sobre el desarrollo cognitivo recogidos con ambos instrumentos (ver figura 1), sólo mostraron un efecto a nivel grupal a corto plazo (es decir, inmediatamente finalizado el proceso de intervención) estadísticamente significativo en uno de los colegios femeninos, con un tamaño de efecto de aproximadamente una desviación estándar, del mismo orden que el efecto obtenido en la mayoría de las evaluaciones del *Thinking*

Science. Comparando los videos de las sesiones en los diferentes colegios se aprecia que el colegio donde se obtuvo este efecto fue aquél donde el “tiempo en la tarea” (*time on task*) de los alumnos fue máximo. Es decir, en los otros dos colegios los alumnos se distrajerón más durante las sesiones, y se tuvieron más problemas del manejo de disciplina, lo cual podría explicar la diferencia de efectos.

Sin embargo, cabe anotar que en las evaluaciones realizadas a los procesos de intervención, la principal evidencia de su efecto consiste en el mejoramiento del desempeño académico a largo plazo, en los periodos escolares posteriores a la intervención. Por tanto, y teniendo en cuenta además el carácter exploratorio del presente trabajo, es prematuro pronunciarse acerca de la eficacia del programa sin el seguimiento del desempeño futuro de los participantes, previsto en el diseño de investigación; por otra parte, es necesario efectuar una evaluación sistemática a mayor escala del programa, de carácter sumativo y no formativo como la presente (que fue simultánea con su diseño mismo), evaluación que será el objetivo de un futuro proyecto de investigación. Pues los datos cualitativos recogidos apuntan a la potencialidad del programa *PENSAR CON LA CIENCIA* para replicar en nuestro país los pronunciados efectos en el desarrollo cognitivo producidos por el programa *Thinking Science*.



Valor	Símbolo	Nivel de desarrollo
3	2A	Concreto inmaduro
4	2A/2B	Concreto intermedio
5	2B	Concreto maduro
6	2B*	Concreto avanzado
7	3A	Formal inmaduro
8	3A/3B	Formal maduro
9	3B	Formal avanzado

Figura 1: Gráfico de los resultados con su correspondiente tabla de datos, incluyendo el error estándar de la media. Se indican por separado las tres instituciones participantes. El número de estudiantes en cada grupo se refiere a los que participaron en ambas valoraciones del desarrollo cognitivo, excluyendo los que sólo asistieron a una de ellas.

9 Agradecimientos

El proyecto de investigación "Aceleración Cognoscitiva mediante la Educación en Ciencias en el contexto local" fue cofinanciado por Colciencias y la Universidad del Valle. Agradecemos la participación de los colegios María Auxiliadora, San José de Champagnat y Juanambú.

10 Referencias

- [1] E. de Bono, *Aprender a Pensar*. (Plaza-Janés, Bogotá, 1992).
- [2] A. Zohar, *Higher-order Thinking in Science Classrooms: Students' Learning and Teachers' Professional Development*. (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004).
- [3] L. Vygotsky, *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1978).
- [4] R. Feuerstein, M. Hoffman, M. Jensen, Y. Rand, Instrumental Enrichment, An Intervention Program for Structural Cognitive Modifiability: Theory and Practice. En: S. F. Chipman, J. W. Segal & R. Glaser (Eds.), *Thinking and Learning Skills, Vol 1* (Hillsdale, N.J., Lawrence Erlbaum, 1985), pp. 43-80.
- [5] P. Adey, y M. Shayer, C. Yates, *Thinking Science, Third edition*. (CD-ROM version, Nelson Thornes, 2001). También disponible en versión impresa.
- [6] P. Adey, y M. Shayer, *Really Raising Standards. Cognitive intervention and academic achievement*. (Routledge, London, 1994).
- [7] M. Shayer, y P. Adey (Eds.) *Learning Intelligence: Cognitive Acceleration across the Curriculum from 5 to 15 years*. (Open University Press, Buckingham, 2002).
- [8] P. Adey, *The Professional Development of Teachers: Practice and Theory* (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004).
- [10] M. Shayer, y P. Adey, *Towards a Science of Science Teaching*. (Heinemann, Londres, 1981).
- [11] B. Inhelder, y J. Piaget, *The Growth of Logical Thinking: from Childhood to Adolescence*. (Basic Books, New York, 1958). Orig.: *De la Logique de l'enfant a la Logique de l'adolescent*. (Traducido por A. Parsons y S. Milgram,).
- [12] De Zubiría, M., J. de Zubiría. *Fundamentos de Pedagogía Conceptual*. (Plaza Janés, Bogotá, 1999).

Apéndice: Competencias científicas enfocadas en el programa

<i>NOMBRE</i>	<i>EN QUÉ CONSISTE</i>	<i>EJEMPLO</i>
CONTROL DE VARIABLES	Determinar relación causa-efecto por exclusión de variables independientes irrelevantes.	Determinar que el periodo de un péndulo depende de la longitud de la cuerda, pero no de la masa.
CLASIFICACION (al nivel formal)	Mientras la clasificación al nivel concreto consiste en agrupar objetos por semejanzas y diferencias perceptivas, en el formal requiere comprender que pueden existir diversos criterios de clasificación más o menos abstractos, que involucren inclusión y exclusión de variables y la construcción de sistemas de clases.	Dado un conjunto de fichas de diversos tamaños, colores y formas, determinar un subconjunto que exhiba una relación entre las variables tamaño y forma.
RAZONES Y PROPORCIONES	Abstractar relaciones entre dos variables que pueden describirse por la ecuación $y = mx$, siendo m una constante multiplicativa (la razón constante y/x).	Comprender que 50 cm ³ de zumo de limón añadidos a 240 cm ³ de agua producen una limonada "más fuerte" que 70 cm ³ de zumo en 300 cm ³ de agua.
PROPORCIONALIDAD INVERSA	Abstractar relaciones entre dos variables que pueden describirse por la ecuación $yx = m$. Es decir, cuando una variable aumenta la otra disminuye proporcionalmente, de modo que su producto permanece constante.	Predecir la altura que tendrá un cilindro de plastilina cuando el área de su base cambia, conociendo la altura inicial.
EQUILIBRIO	Apreciar la igualdad de dos relaciones que describen dos proporcionalidades inversas a la vez; su fórmula es $ab = cd$. Esta competencia requiere considerar simultáneamente cuatro variables independientes y sus relaciones.	Predecir cuantitativamente las distancias al fulero en que puede colocarse un peso dado, para equilibrar otro peso colocado a cierta distancia (sin usar ritualmente la igualdad de torques).
COMBINACIONES	Construir sistemáticamente la totalidad de las combinaciones y/o permutaciones de un conjunto de elementos.	Dados cinco posibles alimentos para escoger, ¿cuántos menús diferentes se pueden organizar?
PROBABILIDAD	Apreciar intuitivamente y aplicar la diferencia entre variables de terministas y no deterministas (aleatorias). Las primeras asumen valores que se pueden representar mediante un simple número (por ejemplo el peso de un cuerpo dado, el estiramiento de un resorte), y las segundas se distribuyen impredeciblemente en un rango (por ejemplo, la longitud a la que crecen las diferentes semillas en una población).	Predecir la proporción aproximada de veces en que se obtiene la suma de puntos 7 al tirar al azar dos dados un número muy grande de veces.
CORRELACION	Comprender e integrar las nociones de causalidad y causalidad de modo que se perciba el grado de asociación entre dos variables aleatorias (o una variable determinada y otra aleatoria) a pesar de la presencia de un elemento de azar en los resultados de las mediciones respectivas.	Se aplicó cierto abono en un sembrado, y en otro no se aplicó. Dado el número de plantas mejoradas en cada sembrado, juzgar si el resultado indica si el abono es efectivo.
VARIABLES COMPUESTAS	Combinar mediante una operación aritmética dos variables simples (cuya variación se puede percibir directamente) para formar una nueva variable abstracta.	Comprender que la flotación no está determinada por el peso o volumen por separado, sino por su razón (es decir, por la densidad).
MODELOS FORMALES	A diferencia de los modelos concretos (por ejemplo, la maqueta de un edificio), los modelos formales son representaciones abstractas de las cosas, construidas mentalmente como explicación hipotética de su comportamiento.	Utilizar de manera no memorística el modelo corpuscular de la materia para explicar los cambios de estado y otros procesos físico-químicos.