

La experiencia de usar un programa de aceleración cognitiva con futuros profesores de tres universidades chilenas

The Experience of Using a Cognitive Acceleration Approach with Prospective Primary Teachers from Three Chilean Universities

Bernardita Tornero

Universidad de Los Andes, Chile

Resumen

Los programas de Aceleración Cognitiva (AC) se han utilizado con éxito durante los últimos 30 años en el Reino Unido y en otros países para promover en estudiantes escolares el desarrollo de las habilidades de razonamiento formal descritas por Piaget. Debido a que este tipo de programas ha tenido un gran impacto en las habilidades de razonamiento de los estudiantes que han participado en ellos, este estudio exploró el impacto de usar este mismo programa pero con estudiantes de pedagogía básica de tres universidades chilenas. El estudio contó con un diseño cuasiexperimental con un grupo experimental y un grupo de control por cada universidad participante, y los cambios en las habilidades de razonamiento formal se midieron a través de una prueba de razonamiento científico al inicio y al término de la intervención. Los resultados del estudio indican que el grupo experimental al final del programa de aceleración cognitiva mostró mayores niveles de razonamiento formal que sus compañeros que no participaron.

Palabras clave: aceleración cognitiva, habilidades de razonamiento formal, futuros profesores, formación inicial docente

Correspondencia a:

Bernardita Tornero
Facultad de Educación, Universidad de los Andes
Mons. Álvaro del Portillo 12.455, Las Condes, Santiago, Chile
Correo electrónico: btornero@uandes.cl
Beca Chile para Estudios de Doctorado en el Extranjero

© 2014 PEL, <http://www.pensamientoeducativo.org> - <http://www.pel.cl>

ISSN: 0719-0409 DDI: 203.262, Santiago, Chile
doi: 10.7764/PEL.51.2.2014.8

Abstract

Cognitive Acceleration (CA) programs have been used successfully in the UK and in other countries to promote the development of what Piaget called formal reasoning skills in school students for the last 30 years. Given that the approach has had a tremendous impact on the thinking capabilities of participating students, this study explored the impact of using the program with prospective primary teachers in three Chilean universities. To assess the impact this program had on prospective teachers' formal reasoning skills, this study used a quasi-experimental design where experimental students were compared with control counterparts in terms of their performance on the Science Reasoning Task test at the beginning and at the end of the intervention. The main findings indicate that, at the end of the Cognitive Acceleration course, prospective teachers from the experimental group demonstrated higher reasoning levels than their peers that did not participate in the program.

Keywords: Cognitive Acceleration, formal reasoning skills, prospective teachers, initial teacher training

En la sociedad actual, el intercambio de conocimiento cumple un rol fundamental, y es así como la era de la globalización ha traído nuevos desafíos para los sistemas educativos vigentes. Asimismo, es necesario cambiar las metas educativas de décadas anteriores, para que puedan ajustarse a las nuevas e innovadoras maneras que buscan mejorar el proceso de escolarización de las futuras generaciones. Un grupo de investigadores concuerda en que una de estas nuevas metas educativas es el desarrollo de habilidades de razonamiento (Barak & Dori, 2009; Preiss & Sternberg, 2006; Torff, 2003). Por esta razón, los profesores deben cambiar su enfoque desde la enseñanza del contenido de las materias al fomento de habilidades cognitivas complejas que permitan a los estudiantes convertirse en agentes activos de sus propios procesos de aprendizaje.

Desde que Jean Piaget e Inhelder (1958) desarrollaron su modelo cognitivo, se ha entendido que los tipos de razonamiento más complejos se adquieren generalmente durante la adolescencia (Anderson, Reder, & Simon, 1996). Sin embargo, el conjunto de investigaciones sobre el desarrollo cognitivo realizadas durante los últimos 30 años, ha mostrado que una gran cantidad de estudiantes de enseñanza media (Adey & Shayer, 1994; Shemesh, Eckstein, & Lazarowitz, 1992; Valanides, 1997a, 1997b), estudiantes universitarios (Niaz, 1985; Reyes, 1987) y futuros profesores (Brownell, Jadallah, & Brownell, 1993; Silverman & Creswell, 1982; Wyatt, 1983) aún no han desarrollado estas habilidades. En este contexto, en el Reino Unido, Shayer y Adey (1981) decidieron diseñar un programa de aceleración cognitiva (AC) para estudiantes escolares con el fin de revertir esta situación. De este modo, crearon un conjunto de actividades de razonamiento que fueron utilizadas una vez cada dos semanas en lugar de las clases normales, con el fin de fomentar y mejorar las habilidades de razonamiento generales, las que luego podrían transferirse a otras tareas, situaciones o ámbitos.

Durante la década de los 80, Michael Shayer y Philip Adey se dedicaron a investigar el éxito de su programa AC en varias escuelas, por medio de un diseño cuasi-experimental. Se consideró que la intervención fue exitosa, ya que los estudiantes que participaron en el grupo experimental mostraron estadísticamente mayores niveles de desarrollo cognitivo luego del programa que sus compañeros en el grupo de control. Además, los autores descubrieron que la intervención también tuvo un efecto a largo plazo y se transfirió a otras materias.

A pesar de que la intervención se realizó para ciencias y fue guiada por profesores de ciencias, los estudiantes en el grupo experimental obtuvieron mejores resultados, no solo en ciencias, sino que también en pruebas nacionales de matemáticas e inglés. Debido a que AC produjo resultados tan prometedores en ciencias, se empezó a diseñar programas AC para otras materias escolares (Adhami, Johnson, & Shayer, 1998; Adhami, Shayer, & Twiss, 2005; Shayer & Adhami, 2003), según las edades de los estudiantes (Adey, Robertson, & Venville, 2001, 2002; Adey & Shayer, 2002; Adhami et al., 2005; Shayer & Adhami, 2003) y en diferentes países (Endler & Bond, 2008; Iqbal & Shayer, 2000; Mbano, 2003).

Por esta razón, este estudio apuntó a diseñar un curso de Aceleración Cognitiva dentro del contexto de la formación inicial docente, con el fin de explorar el impacto que una experiencia de aprendizaje como esta tendría en las habilidades de razonamiento formal de futuros profesores.

Revisión de la literatura

Jean Piaget y su teoría epistemológica

Jean Piaget y sus colegas fueron los primeros en usar el término ‘habilidades de razonamiento formal’, y en describir el proceso conforme al cual las estructuras cognitivas se desarrollan (Anderson, 2003). Este estudio se basa principalmente en el concepto piagetiano de habilidades de razonamiento formal, razón por la cual se describirá la teoría y epistemología de Piaget en esta sección.

Piaget (1972) identificó la secuencia de etapas a través de las cuales las estructuras intelectuales progresan en cada niño. Sin embargo, esto no significa que las estructuras de cada persona pasen de una etapa a otra al mismo tiempo o a la misma edad. A pesar de que la secuencia está predeterminada, la rapidez del progreso de cada persona está determinada por varios factores que hacen del progreso de cada individuo un proceso único.

La última etapa y la más compleja que describe Piaget, es la etapa de las operaciones formales, la cual se alcanza durante la adolescencia, a los 14-15 años. Piaget señala “La principal novedad de este periodo es la capacidad de razonar en forma de hipótesis establecidas verbalmente, y ya no solo en términos de objetos concretos y su manipulación” (Piaget, 1972, p. 42). Este cambio es muy importante, ya que el universo del razonamiento se vuelve independiente del mundo real. El adolescente ahora puede pensar en términos de qué es posible y qué no, y no solo sobre lo que es real; es decir, le permite ser capaz de anticipar las consecuencias de una premisa hipotética sin necesariamente juzgar su verdad o falsedad. Todos estos cambios producen un progreso cualitativo relevante en la esfera social. El razonamiento hipotético transforma otros puntos de vista en argumentos, los que pueden comprenderse y evaluarse en términos de las consecuencias que se puede desprender lógicamente de ellos. Esto no significa necesariamente que los adolescentes deban compartir las otras opiniones, sino que ahora pueden pensar y discutir sobre ellas con los otros.

La llegada a esta última etapa implica que la persona ya es capaz de realizar las diez operaciones formales cualitativamente diferentes descritas por los autores: razonamiento combinatorio, control de variables, exclusión de variables irrelevantes, coordinación de los marcos de referencia, nociones de probabilidad, nociones de correlación, compensación multiplicativa, equilibrio de los sistemas físicos de tres o más variables, razonamiento proporcional y conservación de la materia con modelos (Piaget & Inhelder, 1958).

El rol que han cumplido los programas de aceleración cognitiva en el fomento de las habilidades de razonamiento formal

Los estímulos presentes en el entorno del niño cumplen un rol fundamental en su desarrollo cognitivo, ya que desafían las estructuras cognitivas actuales y fuerzan al niño a adaptarse a formas organizacionales más complejas y nuevas (Piaget, 1964). Aceptar esta afirmación podría llevar al entendimiento de que el rol del profesor es estar a cargo de proporcionar o presentar los estímulos correctos para fomentar las habilidades de razonamiento de los estudiantes. La principal característica de estos estímulos es que deben ser lo bastante desafiantes para producir la inestabilidad cognitiva necesaria.

A principios de los 80, esta suposición alentó a Shayer and Adey (1981) para crear el primer proyecto de Aceleración Cognitiva, a saber, Aceleración Cognitiva mediante la Educación Científica (CASE). En general, el programa consistía en crear y usar diferentes actividades de razonamiento, en lugar de las clases de ciencias regulares, con el fin de fomentar y mejorar las habilidades de razonamiento formal de los estudiantes. Aunque la literatura describe una amplia gama de iniciativas de aceleración cognitiva (Case, 1974; Feuerstein, Rand, Hoffman, & Miller, 1980; Kuhn, Ho, & Adams, 1979; Kuhn & Angelev, 1976; Lawson & Blake, 1976; Lawson & Nordland, 1976; Lawson & Snitgen, 1982; McGuinness, 2000; Panizzon & Bond, 2007; Rosenshine, 1992; Rosenthal, 1979; Siegler, Liebert, & Liebert, 1973), solo pocas duraron más de dos meses y tuvieron el propósito de entrenar las habilidades de razonamiento generales que pueden transferirse a otras tareas, situaciones o ámbitos.

Dado que el programa CASE fue tan exitoso (Adey, 2005) para promover las habilidades de razonamiento formal en estudiantes escolares, se diseñaron nuevos programas de Aceleración Cognitiva

para otras materias escolares (Adhami et al., 1998; Adhami et al., 2005; Shayer & Adhami, 2003), con estudiantes de diferentes edades (Adey, Robertson, & Venville, 2001, 2002; Adhami et al., 2005; Shayer & Adhami, 2003) y en varios países (Endler & Bond, 2008; Iqbal & Shayer, 2000; Mbano, 2003). Por consiguiente, mientras el proyecto CASE ha sido implementado desde la década de los 80, la Aceleración Cognitiva en Educación Matemática (CAME) solo se ofreció por primera vez en 1993. La intención original era fomentar el desarrollo cognitivo en estudiantes de enseñanza media de 11 a 14 años de edad, es decir, incentivar a los estudiantes a pensar de forma matemática (Shayer, Johnson, & Adhami, 1999). La importancia de diseñar un proyecto con este objetivo fue similar al objetivo de CASE en su etapa inicial; la idea es que una gran parte del currículo escolar de matemáticas requiere el uso de habilidades de razonamiento formal para lograr una comprensión profunda, mientras que la evidencia mostraba que solo el 20% o 30% de los estudiantes de 14 años ya había desarrollado estas habilidades de razonamiento (Shayer & Adhami, 2007).

Para lograr estos objetivos, el proyecto CAME ofrece un conjunto de 30 actividades diseñadas para ser realizadas cuatro a cinco veces, cada semestre escolar, dentro de un periodo de dos años. Cada actividad requiere que los estudiantes organicen planteamientos conceptuales matemáticos, en lugar de utilizar solo los procedimientos y algoritmos que usarían en las clases de matemáticas “normales”. Es decir, en lugar de promover un método mecánico o basado en la memoria de resolución de problemas, CAME pretende desarrollar las habilidades de razonamiento mediante el proceso de reconstruir los conceptos matemáticos subyacentes y sus razonamientos (Adhami et al., 1998).

Clases de CAME y su impacto

Las clases de CAME se basan en actividades colaborativas que utilizan el diálogo para estimular y promover un razonamiento más complejo. Cada actividad CAME dura entre 60 y 90 minutos, y el profesor actúa como mediador para la actividad grupal y de la clase en general. En este sentido, a pesar de que cada actividad CAME utiliza conceptos matemáticos para promover las habilidades de razonamiento de los estudiantes, las clases no tratan sobre ellos directamente demostrando los conceptos, sino que se hace indirectamente, mediante el trabajo individual, grupal o de todo el curso. Dada las características particulares de las actividades CAME, estas no pretenden reemplazar las clases regulares de la escuela, sino que complementarlas, ya que los estudiantes tienen la oportunidad de aprender e investigar al mismo tiempo.

Dada la variedad de habilidades presente en cada curso, las actividades CAME pretenden adaptarse a los estudiantes sin importar su nivel de rendimiento. Es decir, permite desafiar las suposiciones actuales de los estudiantes y, por lo tanto, promueve su aprendizaje aun cuando tengan diferentes niveles de desarrollo.

En cuanto a la estructura de la clase, las actividades introducen primero un contexto familiar, con el fin de garantizar que todos los estudiantes cuenten con el conocimiento necesario para comprender y realizar las otras secciones de la clase. Luego los estudiantes trabajan con algunos de los problemas matemáticos que CAME ofrece. Los estudiantes deben acomodar sus patrones de razonamiento a un nivel superior para lograr resolver estos desafíos. Esto puede no darse de forma espontánea, por lo que los profesores de CAME deberán guiar a los estudiantes por los problemas mediante preguntas que los animen a resolverlos (Adhami et al., 1998).

Durante los primeros dos años del proyecto CAME, tres escuelas participaron en el pilotaje y diseño de las clases. En cada escuela, una clase fue dada por el jefe del departamento de matemáticas. Luego de los primeros dos años de pilotaje, se escogieron 11 escuelas para realizar el experimento, y todos los estudiantes de séptimo grado participaron en el estudio. Los investigadores dividieron las escuelas en tres grupos (Shayer & Adhami, 2007):

- i. Escuelas ‘núcleo’ que contaban con clases experimentales, y sus profesores recibían una capacitación en la misma escuela por parte de miembros del equipo de investigación.
- ii. Escuelas ‘adjuntas’, las que también tenían clases experimentales, pero sus profesores debían asistir a la capacitación en el *King’s College* de Londres.
- iii. Clases de control.

Todos los estudiantes de las clases experimentales y de las clases de control tuvieron que rendir una prueba de matemáticas al comienzo (pre-prueba) y al final (post-prueba) de la intervención bianual, con el fin de evaluar el impacto de CAME. Además, se incluyó en el estudio los resultados de los estudiantes en el Certificado General de Enseñanza Secundaria (GCSE, por sus siglas en inglés) para matemáticas, ciencias e inglés al final del año 11, con el fin de evaluar la transferibilidad y permanencia del impacto (Shayer & Adhami, 2007).

Como se indica en la Tabla 1, los resultados obtenidos en las clases experimentales inmediatamente posteriores a la intervención no fueron demasiado sorprendentes en términos de la magnitud del efecto. Sin embargo, al incluir los datos de los grupos control y de los exámenes GCSE, el panorama cambia (véase la Figura 1). Para calcular el valor agregado por CAME en términos de notas del GCSE, cada nota promedio de las escuelas experimentales en el GCSE se representa frente al promedio obtenido por la misma escuela en la pre-prueba rendida al comienzo del séptimo año. Asimismo, la línea de regresión para escuelas de control se construye en base a sus notas en el GCSE. Por consiguiente, la distancia entre la línea de regresión y cada promedio de las escuelas es el valor agregado por CAME a las notas del GCSE (véase la Figura 1) (Shayer & Adhami, 2007).

Tabla 1
Promedios de pre-y post- pruebas en matemáticas

Escuela	Post-prueba				P
	Pre-prueba	Pronosticado	Obtenido	Efecto (DE)	
Núcleo 1	6,08	6,49	7,00	0,41	<,01
Núcleo 2	5,32	5,79	6,02	0,18	<,05
Núcleo 3	5,03	5,52	5,66	0,13	n.s.
Núcleo 4	5,45	5,91	6,47	0,52	<,01
Adjunto 1	5,63	6,08	6,58	0,49	<,01
Adjunto 2	5,99	6,41	7,02	0,56	<,01
Adjunto 3	4,77	5,29	5,59	0,28	<,01
Adjunto 4	5,69	6,13	6,15	0,01	n.s.
Adjunto 5	5,30	5,78	6,17	0,38	<,01
Adjunto 6	5,29	5,77	5,97	0,2	<,025
Adjunto 7	5,68	6,13	6,76	0,62	<,01
Promedio total				0,344 DE	

Nota: Fuente Shayer & Adhami, 2007, p. 278.

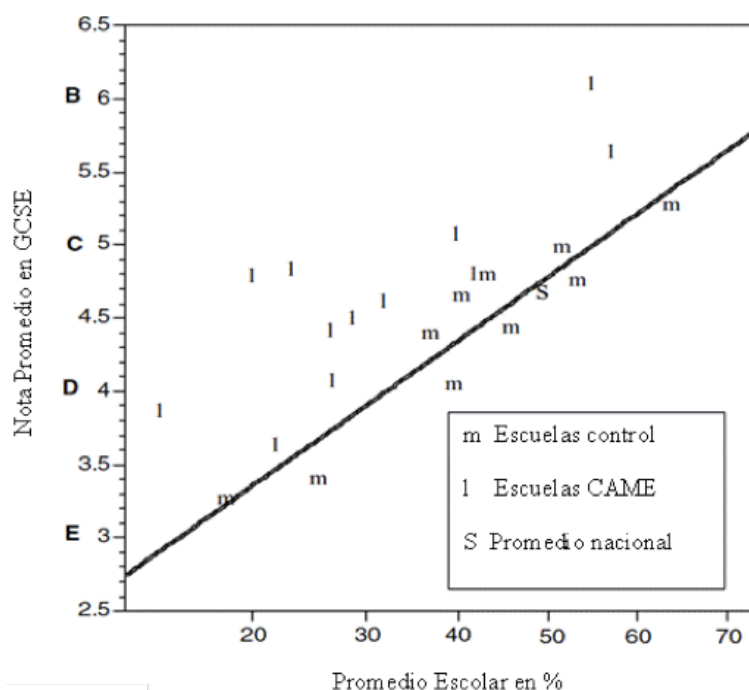


Figura 1. Valor agregado en exámenes de GCSE 2000 en matemáticas para escuelas CAME. Fuente Shayer & Adhami, 2007, p. 280.

Métodos

A pesar de que los programas AC se han utilizado en varios países desde la década de los 80, esta fue la primera vez que se aplicó este enfoque a futuros profesores, es decir, a estudiantes de pregrado en lugar de estudiantes escolares. En este contexto, el propósito del estudio fue explorar el impacto del enfoque CAME en las habilidades de razonamiento formal de futuros profesores.

Diseño de la investigación

El estudio tuvo un grupo experimental y un grupo de comparación para cada universidad participante, con el fin de explorar si era posible observar diferencias entre ambos en términos de su habilidad para razonar formalmente, luego de que el grupo de intervención participara en el curso CAME. Dado que no fue posible asignar a los participantes de forma aleatoria a cada uno de los dos grupos (experimental o de comparación), el estudio utilizó un diseño cuasi-experimental.

Se consideró la duración de un semestre universitario en Chile, a saber, 5 meses o 18 semanas, para planificar la investigación. Por esa razón, la primera y última semana fueron evaluativas, ya que se aplicó una prueba de razonamiento formal antes y después del curso a ambos grupos. Por lo tanto, durante las otras 16 semanas se realizó la intervención propiamente tal que consistía en una clase CAME diferente cada semana.

Tabla 2
Plazo de la recopilación de datos y técnicas de investigación

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prueba de razonamiento formal																		
Clases CAME																		

La muestra y el proceso de muestreo

El método específico de muestreo utilizado en este estudio fue el muestreo intencional por conglomerados (Hesse-Biber, 2010), conforme al cual la unidad más pequeña de muestra corresponde a las facultades de educación, y no a los estudiantes de forma individual. Este tipo de método tiene la ventaja que permite seleccionar aquellas universidades que podrían representar de mejor manera la variedad existentes en las instituciones de educación superior en Chile. También asegura el compromiso con el proyecto por parte de las universidades participantes, ya que todas las sesiones se realizarían en sus salas de clases durante el semestre de estudio, y tendrían que proporcionar todos los materiales necesarios (pizarras, lápices, fotocopias, entre otros). Por lo tanto, era fundamental que las facultades de educación se comprometieran con el proyecto para así facilitar todos estos recursos.

A pesar de que el proceso de muestreo tenía estas ventajas, también presentaba la desventaja de generar muestras compuestas por grupos más pequeños (conglomerados), las que a su vez, estaban formadas por individuos que compartían ciertas características. Por ejemplo, es probable que los participantes que estudian en una misma universidad tengan los mismos trasfondos académicos, ya que cada universidad tiene sus requisitos específicos de admisión. Este factor interfiere para garantizar que las muestras seleccionadas sean representativas de la población; es decir, que los individuos de la muestra sean un buen reflejo de la variedad presente en la población general (Cohen, Manion, & Morrison, 2007).

Tres facultades de educación participaron en la investigación. Por motivos de confidencialidad, se representarán de la siguiente manera: (i) UA, (ii) UB, y (iii) UC. Solo se seleccionó tres universidades para participar en el estudio, principalmente por razones de viabilidad. Todas las clases CAME fueron impartidas por el equipo de investigación y, en este sentido, tres era un número lo suficientemente grande como para garantizar la variabilidad dentro de la muestra y, al mismo tiempo, lo suficientemente pequeño como para manejarla. Aunque todas las universidades participantes eran privadas, el perfil de los estudiantes es bastante diverso, especialmente en términos de logros académicos previos y del tipo de colegio al que asistieron (véase la Tabla 3). Sin embargo, dado el reducido número de universidades participantes en el estudio, no es posible considerar la muestra como representativa de toda la población.

Tabla 3
Caracterización de las universidades participantes

Universidad	Nivel de selectividad %	% de estudiantes que provienen de cada tipo de escuela		
		Privada	Subvencionada	Pública
UA	57	92	6	2
UB	24	67	25	7
UC	1,25	2	43	55

Nota: Fuente Brunner, 2009.

Luego de obtener la autorización para trabajar en las tres universidades, se reclutó a estudiantes para participar en el curso. En este aspecto, a pesar de que las universidades aceptaron participar en el proyecto, los estudiantes eran completamente libres de elegir si querían o no participar. El hecho de que los estudiantes participaran voluntariamente en el curso podría implicar que la muestra estaba sesgada, ya que no era representativa de toda la población de los estudiantes en la universidad. Es decir, es probable que la muestra estuviera compuesta por estudiantes que estaban más motivados o por estudiantes que tenían un interés particular de participar en el curso. A pesar de que esto significa una desventaja para el potencial explicativo del curso CAME, no se pudo elegir a los participantes de forma aleatoria por motivos éticos.

Tabla 4
Estudiantes inscritos en el curso

	UA	UB	UC	TOTAL
N° de estudiantes en la primera sesión	24	11	10	45

La manera de reclutar a los estudiantes fue enviando un correo electrónico a las secretarías de las facultades de educación, las cuales remitirían la invitación a los posibles participantes. Como respuesta a esta invitación, un grupo de estudiantes de cada universidad se inscribió en el curso (véase la Tabla 4). Sin embargo, solo un grupo de ellos participó realmente, es decir, asistió como mínimo al 80% de las sesiones CAME. En este aspecto, aquellos estudiantes que asistieron al 80% de las sesiones fueron considerados como parte del grupo experimental, y aquellos que se inscribieron en el curso, pero no asistieron a todas las sesiones CAME, solo asistieron a la primera sesión donde se rindió la prueba de la Tarea de Razonamiento Científico (SRT, por sus siglas en inglés), al principio y al final del semestre, fueron considerados como el grupo de control (véase la Tabla 5). Finalmente, la Tabla 6 muestra la distribución del género y la edad en la muestra.

Tabla 5
Estudiantes participantes por universidad

	UA	UB	UC	TOTAL
Experimental	14	8	4	26
Comparación	4	8	3	15
TOTAL	18	16	7	41

Tabla 6
Caracterización del grupo experimental y el grupo de comparación

	Experimental	Comparación
Hombres	1	4
Mujeres	25	11
Edad promedio	23,2	22,9

Medición de las habilidades de razonamiento formal: Prueba sobre la Tarea de Razonamiento Científico (SRT)

La prueba sobre la Tarea de Razonamiento Científico (SRT) se aplicó antes y después de la intervención, con la intención de explorar si se podría observar cambios en términos de la medición de las habilidades de razonamiento formal entre los participantes de la investigación.

Aunque existe una gran variedad de pruebas que buscan medir las habilidades de razonamiento formal (Arlin, 1982; Carlson, Dalton, & Fagal, 1977; Lawson, 1978; Lawson, Nordland, & Devito, 1975;

Roberge & Flexer, 1982; Rowell & Hoffman, 1975; Shayer, Adey, & Wylam, 1981; Tobin & Capie, 1981), se seleccionó la prueba SRT, no solo porque es la prueba que siempre se ha utilizado para evaluar el impacto de cada intervención de AC (Adey et al., 2002; Adey & Shayer, 1990, 1994, 2002; Adhami, Johnson, & Shayer, 1997; Shayer, 1996; Shayer, Johnson, & Adhami, 1999; Shayer & Adhami, 2006, 2007), sino también porque es la que ha sido validada de manera más rigurosa (Shayer et al., 1981).

Se eligió la Tarea II: volumen y peso, de entre las siete tareas de razonamiento, por dos razones principales. En primer lugar, debido a que cubre todo el rango de etapas del razonamiento descritas por Piaget; de este modo, permite clasificar a la persona evaluada desde la etapa concreta inicial (2A) hasta la etapa de operaciones formales avanzada (3A) (véase la Tabla 7). Además, la tarea de volumen y peso ha sido usada ampliamente con el fin de evaluar las habilidades de razonamiento formal en diferentes muestras etarias y en diferentes contextos (Budiman, Halim, Meerah, & Osman, 2009; Hautamäki, 1986; Howe & Shayer, 1981; Kutnick & Thomas, 1990; Lim, 1988, 1994; Maume & Matthews, 2000; McCormack, Finlayson, McCloughlin, & CASTeL, 2010; Prophet & Vlaardingerbroek, 2003; Rogan & MacDonald, 1983; Shayer, Kuchemann, & Wylam, 1976; Shayer & Wylam, 1978; Sprod, 1998), lo que es muy relevante si se considera que este estudio consideraba utilizar esta prueba con una población de mayor edad y en otro idioma que no fuera inglés.

Es importante señalar que la otra ventaja de utilizar la prueba SRT para evaluar el nivel de razonamiento formal del grupo experimental y de comparación, al comienzo y final de la intervención, es que tiene un formato de alternativas múltiples con solo una respuesta correcta. Esto implica que el proceso de aplicación y corrección de la prueba es estándar y riguroso, con el fin de garantizar la validez de los resultados. Por consiguiente, cada persona se clasifica dentro de cinco niveles de razonamiento (desde concreto a formal avanzado) dependiendo de la cantidad de respuestas correctas y del nivel de dificultad de las respuestas, lo que está determinado por las reglas de puntuación del protocolo de administración.

Tabla 7
Clasificación del nivel de razonamiento

Clasificación	Nivel de razonamiento
2A	Concreto inicial
2A/2B	Concreto
2B	Concreto avanzado
2B/3A	Formal inicial
3A	Formal avanzado

Nota: Fuente Shayer, 1977.

La selección, adaptación e implementación de las actividades CAME

La cantidad de actividades seleccionadas se planificó según la cantidad de semanas (18) que tiene un semestre universitario en Chile. Por esta razón, la planificación del curso incluye 16 clases CAME y dos clases evaluativas, una al comienzo y la otra al final del curso. Además, se consideraron tres criterios para decidir cuáles de las 30 actividades CAME se incluirían en el curso:

- La idoneidad de las actividades para el grupo de estudiantes participantes, no solo en términos de edad, sino que también según sus características. El rol del estudio piloto realizado un año antes fue fundamental para probar las actividades, y para poder cumplir con este criterio.
- La cobertura de los seis diferentes planteamientos que se incluyen en las clases CAME (sistema numérico y propiedades, relaciones multiplicativas, funciones, modelos algebraicos, forma y espacio y manejo de datos).
- La inclusión de actividades con diferentes niveles de dificultad en base a los niveles piagetianos descritos por cada actividad. Fue importante cubrir todo el rango de los niveles piagetianos, porque en el piloto ya se había identificado que los futuros profesores tenían diferentes niveles de habilidades de razonamiento formal; es decir, algunos operaban a un nivel concreto, y otros a un nivel formal.

Luego de seleccionar las actividades, la siguiente fase consistió en adaptarlas al contexto apropiado. Cabe destacar que el proceso de adaptación no concluyó, aun cuando el curso completo se hubiera diseñado y planificado antes del comienzo del semestre. Por el contrario, el proceso de adaptación fue repetitivo, ya que, en base a la experiencia y resultado de actividades previas, las siguientes actividades se adaptaron de forma continua.

Aspectos éticos

Dado que el curso CAME fue ofrecido como uno de los cursos optativos que los futuros profesores podían tomar durante el semestre, fue importante que los estudiantes entendieran la diferencia entre participar en el curso y participar en el proyecto de investigación. A pesar de que algunos estudiantes no estaban interesados en participar en el estudio, igual tenían la opción de tomar el curso. En la primera sesión, los estudiantes recibieron una hoja informativa que explicaba esta situación, y que indicaba que el curso era parte de un proyecto de investigación. Además, señalaba que la participación voluntaria consistía en (i) contestar una prueba de preguntas de alternativas múltiples y abiertas al comienzo y al final del curso, y (ii) asistir a las 16 sesiones CAME (una cada semana por un total de 16 semanas).

También se les explicó que la participación de los futuros profesores en la investigación era solo voluntaria. Por esta razón, en la hoja informativa también se indicó que ellos eran libres de elegir si contestaban la prueba o asistían a las sesiones CAME. También tenían el derecho de dejar el curso o el proyecto de investigación en cualquier momento, y de retirar todos sus datos del estudio antes de noviembre de 2012, fecha en la que se programó comenzar con el análisis de los datos. Además de aceptar lo que se indicaba en la hoja informativa, tenían que firmar un consentimiento, con el fin de formalizar su participación en el proyecto. Ambos documentos indicaban claramente que tenían el derecho de retirarse antes de noviembre de 2012 sin sufrir ninguna consecuencia.

Algunos estudiantes que fueron contactados e invitados a participar en el estudio no aceptaron. No obstante, la asistencia de los estudiantes no fue revelada a sus tutores universitarios. Los estudiantes que participaron solo en la prueba de razonamiento formal (grupo control) también tenían derecho a retirarse en cualquier momento antes de noviembre de 2012; fecha que se indicó claramente en la hoja informativa y en el formulario de consentimiento.

Se aseguró la confidencialidad de los participantes en la prueba de razonamiento formal, ya que no se revelaron los resultados a ninguna autoridad o tutor de la universidad, y los datos se mantuvieron en archivos con llave, a los cuales solo podía acceder el equipo de investigación. Los resultados de las pruebas SRT tampoco fueron revelados ni se dio acceso a ellos, ya que medían las habilidades de razonamiento formal. Finalmente, la hoja informativa también indicaba que todos los datos se utilizarían solo una vez, y solo para los propósitos descritos en el formulario de consentimiento. Por lo tanto, si el equipo de investigación quería utilizar los datos en otra oportunidad, tendría que obtener otro consentimiento de los participantes.

Análisis de los datos

La tarea de volumen y peso (tarea II de la prueba SRT) consiste en un conjunto de 14 preguntas, las que a su vez se clasifican en cinco categorías, desde concreto inicial (2A) a formal avanzado (3A), en base al nivel de razonamiento que requieren. Asimismo, el rendimiento de cada estudiante se clasifica según una de esas cinco categorías (2A a 3A), dependiendo de la combinación de preguntas y el grado de dificultad de las preguntas que respondieron correctamente.

De acuerdo con las reglas de puntuación, los 41 participantes (26 en el grupo experimental, y 15 en el grupo de comparación) fueron clasificados según esas cinco categorías de nivel de razonamiento para la pre-prueba y post-prueba. Por esta razón, el análisis estadístico realizado utilizó pruebas no paramétricas, ya que los datos eran ordinales y no racionales, y la muestra era pequeña. Específicamente, las cinco categorías de nivel de razonamiento que se obtuvieron de la aplicación de las SRT se ordenaron desde el 1 (2A: nivel de razonamiento más bajo) al 5 (3A: nivel de razonamiento más alto). Por lo tanto, se realizaron dos pruebas U de Mann-Whitney que están específicamente diseñadas para lidiar con datos ordinales.

Resultados

Cambio en los futuros profesores luego del curso CAME: resultados descriptivos

Al comienzo del curso CAME, 69,23% del grupo experimental y 40% del grupo de comparación mostraron algún nivel de razonamiento formal. A su vez, cuando el curso finalizó, cinco meses después, 92,31% del grupo experimental y 73,3% del grupo de comparación demostraron habilidades de razonamiento formal en la prueba de la Tarea de Razonamiento Científico (para más detalles por favor referirse a las Figuras 2 y 3).

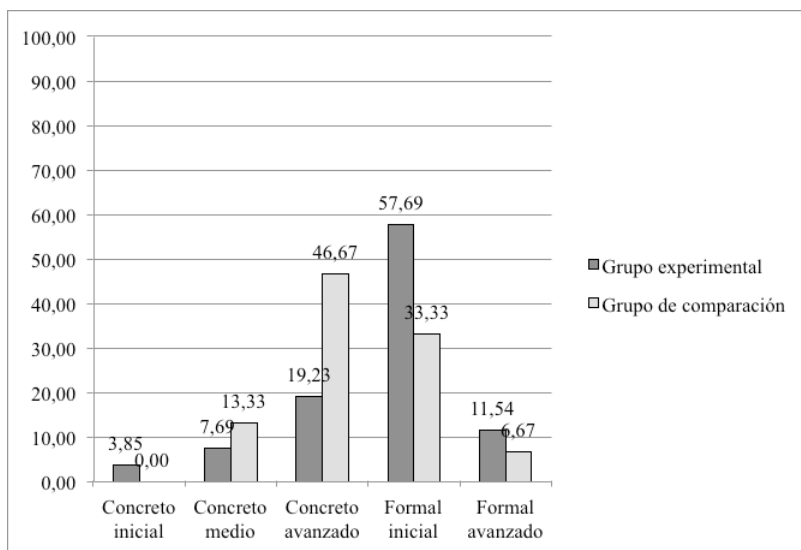


Figura 2. Nivel de razonamiento del grupo experimental y del grupo de comparación en la pre-prueba.

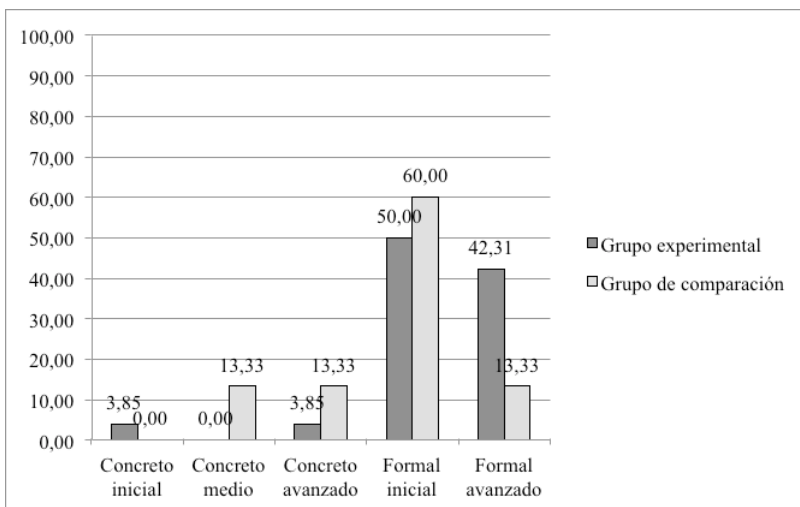


Figura 3. Nivel de razonamiento del grupo experimental y del grupo de comparación en la post-prueba.

Aunque es útil presentar el total de los porcentajes de los futuros profesores que lograron razonar formalmente al comienzo y fin del curso CAME, con el fin de comprender cuántos realmente tenían el nivel de razonamiento que deberían tener, no se muestra el panorama completo de cuántos futuros profesores mejoraron sus niveles de razonamiento luego de los 5 meses que duró la intervención. Por esta razón, la Tabla 8 presenta la información acerca del número de participantes del grupo experimental y de comparación, expresados en totales y porcentajes, que mejoraron, mantuvieron o disminuyeron su rendimiento en la post-prueba en relación a la pre-prueba.

Tabla 8
Cambios en niveles de razonamiento en grupo experimental y de comparación

Rendimiento desde pre-prueba a post-prueba	Nivel de razonamiento			
	Grupo experimental		Grupo de comparación	
	N	%	N	%
Mejóro	16	61,54	8	53,33
Se mantuvo	8	30,77	5	33,33
Disminuyó	2	7,69	2	13,33
TOTAL	26	100	15	100

Es posible observar que más participantes del grupo experimental, a diferencia del grupo de comparación, lograron mejorar su rendimiento en la post-prueba en comparación con la pre-prueba. Aunque los números de la Tabla 8 podrían sugerir que la intervención CAME fue exitosa, ya que gran parte de los participantes del grupo experimental mejoró su nivel de razonamiento, es necesario explorar más a fondo para comprobar si la diferencia es estadísticamente significativa, con el fin de obtener una conclusión fiable. Por lo tanto, la siguiente sección presentará las pruebas estadísticas que se realizaron con el propósito de examinar esta diferencia.

El impacto del curso CAME en las habilidades de razonamiento formal de futuros profesores

Se realizaron dos pruebas U de Mann-Whitney para comparar el nivel de habilidades de razonamiento del grupo experimental y de comparación, tanto al comienzo como al final de la intervención CAME. La primera prueba tenía como objetivo explorar si existía una diferencia entre el grupo experimental y el de comparación en términos de los niveles de razonamiento de los participantes al comienzo de la intervención. En base a los rangos promedio observados, es posible sugerir que el grupo experimental mostró niveles superiores de razonamiento (rango promedio= 22,94) en relación al grupo de comparación (rango promedio= 17,63) al comienzo de la intervención (para más detalles, véase la Tabla 9). Aun cuando hubo una diferencia inicial entre el grupo experimental y el de comparación, el análisis sugiere que la diferencia no fue estadísticamente significativa ($U = 144.500$; $p > 0,05$).

Tabla 9
Rangos previos y posteriores de la prueba U de Mann-Whitney y estadísticas

	Grupo	Rango promedio	Suma de rangos	U de Mann-Whitney	Sig. Asint. (bilaterales)
Nivel de razonam. pre-prueba	Comparación	17,63	264,50	144,500	,140
	Experimental	22,94	596,50		
Nivel de razonam. post-prueba	Comparación	16,17	242,50	122,500	0,30
	Experimental	23,79	618,50		

Dado que no hubo una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo experimental y el de comparación, en términos de sus niveles de razonamiento al comienzo de la intervención, el siguiente paso fue realizar otra prueba U de Mann-Whitney, con el fin de investigar si existía una diferencia entre los grupos al final de la intervención. El análisis mostró que nuevamente el grupo experimental tuvo niveles de razonamiento superiores al finalizar el curso CAME (rango promedio= 23,79), en relación al grupo de comparación (rango promedio= 16,17). Sin embargo, esta vez la diferencia sí fue estadísticamente significativa ($U = 122,500$; $p > 0,05$).

Se ha observado en esta sección que los resultados de la prueba U de Mann-Whitney sugieren que las diferencias entre los grupos, en términos de niveles de razonamiento, pueden explicarse por la participación del grupo experimental en la intervención CAME.

Discusión

Consecuencias de promover las habilidades de razonamiento formal en la formación inicial docente

El hecho de que solo el 58,53% de la muestra demostrara alguna habilidad para razonar formalmente al comienzo del curso CAME, podría sugerir que los tres programas de educación inicial docente que participaron en esta investigación no están promoviendo lo suficiente el desarrollo de este tipo de habilidades de razonamiento en sus estudiantes. Estos resultados son consecuentes con investigaciones previas en este campo (Barak & Dori, 2009; Leat, 1995; Lee, 2005; McDonald, 2010).

Tal como se describió en la sección de revisión de la literatura, la falta de habilidades de razonamiento formal observadas en los futuros profesores ha llevado a algunos investigadores a destacar la importancia de promover las habilidades de razonamiento en los programas de formación docente inicial (Cox, 2007; Kennedy, 1990; McDiarmid, Ball, & Anderson, 1989; Reynolds, 1992), ya que son esenciales, no solo para realizar una práctica docente de calidad, sino que también para mejorar estas habilidades en sus alumnos.

En relación a esto, Peterson y Treagust (1995) señalaron que los programas de formación docente debieran concentrarse más en el desarrollo de las habilidades de razonamiento pedagógico de los futuros profesores, en lugar de enfocarse en el conocimiento de los contenidos. Solo mediante este cambio de enfoque los profesores podrán tener el entendimiento necesario de los contenidos, del currículo y de los estudiantes, con el fin de tomar decisiones eficaces y significativas en relación a su propia práctica docente.

En base al impacto que tuvo el curso CAME en las habilidades de razonamiento formal de los futuros profesores participantes, podría sugerirse que seguir el enfoque de aceleración cognitiva es una estrategia viable para mejorar los cursos de formación inicial docente de Chile en el futuro. En este aspecto, Fennema et al. (1996) concuerdan en que promover el conocimiento y comprensión de los estudiantes por parte de sus profesores es un enfoque viable para cambiar y mejorar la formación matemática docente, ya que podrían usar este tipo de información para guiar y cambiar sus prácticas docentes previas.

Consecuencias de la investigación de aceleración cognitiva: nuevos horizontes

Antes de que realmente se realizara el curso CAME, era imposible saber si el proceso de adaptación de las actividades CAME sería exitoso, en cuanto a que las clases fueran idóneas, motivadoras y lo suficientemente desafiantes para funcionar con los futuros profesores de pedagogía básica en Chile. Esta incertidumbre se debió en parte a que esta era la primera vez que se utilizaban los materiales CAME con una muestra diferente y de mayor edad: los futuros profesores, pero también las clases, se impartirían en un contexto cultural completamente diferente. Aunque los materiales adaptados funcionaron bien, y la implementación inicial durante el estudio piloto proporcionó una retroalimentación importante en cuanto a las maneras de mejorar la versión final de los materiales, se mantuvo la incertidumbre durante todo el proceso de implementación.

A pesar de estas dudas, el conjunto de hallazgos presentados en la sección de resultados entregó evidencia importante que respalda la premisa de que el uso del enfoque de aceleración cognitiva en futuros profesores, puede generar un impacto en sus habilidades de razonamiento formal. En este sentido, los programas AC se han considerado como enfoques importantes que se pueden utilizar con estudiantes de diferentes edades, en una variedad de materias escolares y en diferentes países y contextos culturales. Por consiguiente, tiene sentido afirmar que vale la pena buscar contextos nuevos y diferentes, que no sean escolares, donde este tipo de iniciativas podría realizarse y contribuir al desarrollo de las habilidades de razonamiento que tanto se necesitan en la era de la globalización e información.

Limitaciones

Los límites del poder explicativo de CAME: el tiempo y otras instancias de formación

Con el fin de analizar el alcance de CAME en relación al avance observado en los participantes, es importante tener en cuenta que cuando una intervención desea promover un determinado tipo de desarrollo cognitivo, como es el caso de CAME, ese desarrollo se encuentra necesariamente influido por el proceso de madurez natural que ocurre en toda persona a través del tiempo. Es decir, es casi imposible establecer una diferencia entre los cambios que se explican por el efecto directo o indirecto de la intervención CAME, y la magnitud del cambio que se puede atribuir al tiempo que ha transcurrido.

En este sentido, el lapso (5 meses) que hubo entre el comienzo y fin del curso CAME es una de las variables que podría interferir con su capacidad explicativa. No obstante, cada estudio de intervención tuvo esta limitación y por eso, esta investigación utilizó un grupo control, con el fin de ser rigurosos en términos de controlar el efecto del tiempo. De este modo, los diferentes resultados obtenidos por el grupo control en comparación con el experimental podrían constituir un argumento de peso para respaldar el impacto de las clases CAME.

Además del tiempo, el hecho de que los futuros profesores participaran en otros cursos universitarios, como parte de sus programas de Licenciatura en educación, constituye otra limitación para la capacidad explicativa de CAME. En cuanto a esto, los futuros profesores asistían a otros cursos relacionados con matemáticas y la enseñanza de niños de educación básica como parte de su formación para ser profesores de pedagogía básica.

Por consiguiente, es imposible garantizar que los cambios observados en el grupo experimental se deban solo a la intervención. Por lo mismo, en estos casos, la herramienta principal que permite tener una idea sobre la eficacia de la intervención es tener un grupo control, que pueda compararse con el grupo experimental y tenga estudiantes similares (participantes del grupo control) bajo las mismas condiciones. De esta manera, el hecho de que el grupo de control no mejorara sus habilidades de razonamiento formal en una medida similar a la del grupo experimental, durante el mismo periodo, sigue siendo un argumento para respaldar el efecto del curso CAME.

Limitaciones asociadas a la aplicación de la tarea de razonamiento científico

Se utilizó la tarea II de la prueba de la Tarea de Razonamiento Científico (Shayer, 1977) para comparar el rendimiento del grupo experimental y de comparación al comienzo y final de la intervención. Aunque se trata de una prueba relativamente corta que generalmente solo toma entre 30 a 40 minutos en promedio, fue posible observar que el grupo de comparación mostró niveles más bajos de motivación al momento de rendirla. En cambio, el grupo experimental consideró que la prueba SRT era parte de los “deberes” que debían realizar para participar en el curso CAME. De hecho, la mayoría de los participantes de control no se detuvo mucho en cada pregunta con el fin de terminar lo antes posible. Este fenómeno puede explicar en parte los bajos resultados obtenidos por el grupo control en la prueba SRT, una hipótesis que no se puede descartar considerando el reducido tamaño de la muestra. En este sentido, se necesita una mayor investigación para completar las conclusiones alcanzadas en este estudio en particular. En la próxima sección se retomará la discusión en torno al tamaño de la muestra.

Limitaciones asociadas con el tamaño de la muestra

El tamaño reducido de la muestra fue un problema, especialmente para extraer conclusiones estadísticas de los resultados de la prueba SRT. A pesar de que el estudio pretendió reclutar a una muestra mayor de cada universidad participante, fue muy difícil reunir a estudiantes voluntarios, ya que la participación en el estudio requería de mucho tiempo. Es decir, en el caso de los participantes experimentales, participar en el proyecto de investigación incluía ir a una sesión CAME todas las semanas, por todo un semestre y también rendir una prueba al comienzo y al final del curso. Pese a que todos los participantes eran libres de retirarse del curso en cualquier momento del semestre, las condiciones de participación suponían un

alto nivel de compromiso a largo plazo desde el comienzo. Esta podría ser la razón principal que explicaría la dificultad de reclutar una muestra con más participantes.

También fue difícil reclutar al grupo control, precisamente porque su participación se limitaba a tomar una prueba al comienzo y al final del semestre. Mientras el grupo experimental recibió determinados beneficios por estar asociado con el curso CAME, el grupo control no percibió ningún beneficio por rendir la prueba, por lo tanto, aunque muchos estudiantes aceptaron rendir la prueba al comienzo del semestre, fue bastante difícil persuadirlos de volver para rendir la segunda prueba al final del curso. Por consiguiente, no fue posible considerar la muestra de cada universidad por separado y realizar comparaciones entre los grupos. En cambio, la única opción fue considerar a todos los estudiantes experimentales y de comparación como parte de solo dos grupos, aun cuando los estudiantes de cada universidad eran bastante disímiles entre sí.

Proyecciones futuras

Los programas de aceleración cognitiva se han implementado desde la década de los 80, y han producido resultados prometedores en cuanto a los beneficios cognitivos y logros académicos de los estudiantes (Adey & Shayer, 1990; Demetriou, Platsidou, Efklides, Metallidou, & Shayer, 1991). Por esta razón, a pesar de que el primer programa AC fue para el ámbito de ciencias, luego se comenzó a diseñar intervenciones AC para otras materias escolares (Adhami et al., 1998; Adhami et al., 2005; Shayer & Adhami, 2003), con estudiantes de diferentes edades (Adey, Robertson, & Venville, 2001, 2002; Adhami et al., 2005; Shayer & Adhami, 2003) y en varios países (Endler & Bond, 2008; Iqbal & Shayer, 2000; Mbano, 2003).

Por consiguiente, la aceleración cognitiva no solo se transformó en una intervención exitosa para promover las habilidades de razonamiento formal de los estudiantes, sino que también, en un enfoque altamente estructurado de enseñanza y aprendizaje que generalmente se asocia a procesos rigurosos de investigación y seguimiento. Esta es una de las características más sobresalientes de la investigación AC, ya que dentro del campo educativo existen varios modelos de aprendizaje y enseñanza que son exitosos en la sala de clases, pero que no trascienden esos límites, ya que nadie los conoce. En cambio, el caso de la aceleración cognitiva es muy informativo, porque la mayoría de las iniciativas nuevas se han asociado a una investigación y, por lo tanto, sus repercusiones se han documentado de forma rigurosa.

En este sentido, es difícil afirmar que el uso del enfoque AC con futuros profesores agrega evidencias completamente nuevas al conjunto de conocimiento actual sobre el tema, o que aún existen líneas de investigación inexploradas, ya que la investigación AC ha estado presente por más de 30 años. No obstante, es posible proponer que este estudio sí contribuyó al entendimiento del corpus de investigación AC, y que tal vez aún existen algunos enfoques interesantes que se podría implementar.

Tal como se describió en una sección anterior, cada programa AC tiene dos vías de acción. La primera vía incluye la aplicación de las actividades AC en lugar de clases regulares una vez cada dos semanas, con el propósito de promover las habilidades de razonamiento de los estudiantes. La segunda vía, que es igual de importante que la anterior, es la implementación de un programa de desarrollo profesional (DP), con el fin de mejorar su conocimiento en relación a la teoría y principios del enfoque AC y, además, de promover las habilidades que ellos necesitan para implementar el programa con sus estudiantes.

En comparación con la gran cantidad de investigaciones AC que han intentado medir el impacto que los programas de aceleración cognitiva han tenido en las habilidades de razonamiento y en el rendimiento académico de los estudiantes en otras materias (i.e. Adey, 2005; Adhami et al., 1997; Cattle & Howie, 2007; Endler & Bond, 2008; Mbano, 2003; Shayer & Adhami, 2007; Shayer et al., 1999), solo algunas investigaciones se han ocupado de explorar el impacto que el programa de desarrollo profesional docente ha tenido en los profesores participantes (Adey, 2004; Hodgen, 2003; Johnson, Hodgen, & Adhami, 2004).

En base a la evidencia que la investigación AC ha producido, y a los hallazgos de este estudio, tiene sentido pensar que los futuros profesores podrían haber sufrido cambios importantes en términos de sus puntos de vista y enfoques sobre la enseñanza y el aprendizaje de matemáticas luego de participar en el programa; tal como ocurrió con sus profesores (Hodgen, 2003; Hodgen & Askew, 2007; Hodgen, Johnson, & Adhami, 2004; Johnson et al., 2004). En otras palabras, el éxito del programa de desarrollo profesional docente no solo depende de los profesores que deberán ser capaces de impartir el programa AC

eficazmente, sino también, de que puedan hacer la transición hacia enfoques más productivos en torno a la enseñanza y el aprendizaje. En este sentido, a pesar de que este estudio no analizó ninguno de esos cambios, sería interesante incluirlos en una investigación futura.

Finalmente, otro aspecto que sería interesante considerar es continuar el diseño de estas iniciativas en otros contextos culturales, con el fin de comprobar si el enfoque AC es exitoso universalmente, y no según el país en el cual se aplique. Además, sería interesante repetir la experiencia con otros grupos de futuros profesores de otros países, ya que esta investigación fue la primera experiencia con estos estudiantes.

El artículo original fue recibido el 18 de julio de 2014

El artículo revisado fue recibido el 27 de agosto de 2014

El artículo fue aceptado el 3 de septiembre de 2014

Referencias

- Adey, P. (2004). *The professional development of teachers: Practice and theory*. EE.UU: Springer.
- Adey, P. (2005). Issues arising from the long-term evaluation of cognitive acceleration programs. *Research in Science Education*, 35, 3-22.
- Adey, P., Robertson, A., & Venville, G. (2001). *Let's think! A programme for developing thinking in five and six year olds*. Londres: NFERNelson.
- Adey, P., Robertson, A., & Venville, G. (2002). Effects of a cognitive acceleration programme on year 1 pupils. *British Journal of Educational Psychology*, 72(1), 1-25.
- 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. doi: 10.1002/tea.3660270309
- Adey, P., & Shayer, M. (1994). *Really raising standards: cognitive intervention and academic achievement*. Londres: Routledge.
- Adey, P., & Shayer, M. (2002). *Learning intelligence: cognitive acceleration across the curriculum from 5 to 15 years*. Buckingham: Open University Press.
- Adhami, M., Johnson, D., & Shayer, M. (1997). *Does CAME work? Summary report on phase 2 of the cognitive acceleration in mathematics education, CAME, project*. Trabajo presentado en la British Society for Research into Learning Mathematics Proceedings, Bristol, Reino Unido.
- Adhami, M., Johnson, D., & Shayer, M. (1998). *Thinking Maths: the cognitive acceleration in maths education project*. Oxford: Heinmann.
- Adhami, M., Shayer, M., & Twiss, S. (2005). *Let's think through maths! Six to nine years*. Londres: NFERNelson.
- Anderson, D. E. (2003). *Longitudinal study of formal operations in college students*. Trabajo presentado en la 111th Annual Convention of the American Psychological Association, Toronto, Canadá.
- Anderson, J. R., Reder, L. M., & Simon, H. A. (1996). Situated learning and education. *Educational Researcher*, 25(4), 5-11.
- Arlin, P. K. (1982). A multitrait-multimethod validity study of a test of formal reasoning. *Educational and Psychological Measurement*, 42(4), 1077-1088.
- Barak, M., & Dori, Y. J. (2009). Enhancing higher order thinking skills among inservice science teachers via embedded assessment. *Journal of Science Teacher Education*, 20, 459-474.
- Brownell, G., Jadallah, E., & Brownell, N. (1993). Formal reasoning ability in preservice elementary education students: matched to the technology education task at hand? *Journal of Research on Computing Education*, 25(4), 439-446.
- Brunner, J. J. (2009). *Tipología y características de las universidades chilenas*. Santiago, Chile: Centro de Políticas Comparadas en Educación.
- Budiman, Z., Halim, L., Meerah, T. S., & Osman, K. (2009). *Cognitive conflict management module and its effect on cognitive development and science achievement*. Trabajo presentado en la International Conference on Science and Mathematics Education, Penang, Malasia.
- Carlson, J. S., Dalton, S., & Fagal, R. E. (1977). A comparison of the predictive validity of a measure of general intelligence and a Piaget-derived test relative to an achievement examination in high school chemistry. *Educational and Psychological Measurement*, 37(4), 999-1003. doi: 10.1177/001316447703700423
- Case, R. (1974). Structures and strictures: some functional limitations on the course of cognitive growth. *Cognitive Psychology*, 6(4), 544-574.
- Cattle, J., & Howie, D. (2007). An evaluation of a school programme for the development of thinking skills through the CASE@KS1 approach. *International Journal of Science Education*, 30(2), 185-202. doi: 10.1080/09500690601116373
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Oxford: Routledge Publishers.
- Cox, C. (2007). Educación en el Bicentenario: Dos agendas y calidad de la política. *Revista Pensamiento Educativo*, 40(1), 175-204.
- Demetriou, A., Platsidou, M., Efklides, A., Metallidou, Y., & Shayer, M. (1991). The development of quantitative-relational abilities from childhood to adolescence: Structure, scaling, and individual differences. *Learning and Instruction*, 1(1), 19-43.
- Endler, L. C., & Bond, T. G. (2008). Changing science outcomes: cognitive acceleration in a US setting. *Research in Science Education*, 38(2), 149-166.
- Fennema, E., Carpenter, T. P., Franke, M. L., Levi, L., Jacobs, V. R., & Empson, S. B. (1996). A longitudinal study of learning to use children's thinking in mathematics instruction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(4), 403-434.
- Feuerstein, R., Rand, Y. A., Hoffman, M. B., & Miller, R. (1980). *Instrumental enrichment: an intervention programme for cognitive modifiability*. Baltimore: University Park Press.

- Hautamäki, A. (1986). Activity environment, social class and educational career: development of mastery among 11-17-year-olds. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 30(1), 1-16. doi: 10.1080/0031383860300101
- Hesse-Biber, S. N. (2010). *Mixed methods research: merging theory with practice*. Nueva York: Guilford Press.
- Hodgen, J. (2003). *Teacher identity and professional development in primary school mathematics*. (Tesis doctoral). King's College London, Universidad de Londres, Londres.
- Hodgen, J., Johnson, D., & Adhami, M. (2004). Teacher reflection, identity and belief change in the context of primary came primary mathematics and the developing professional. En A. Millett, M. Brown, & M. Askew (Eds.), *Primary mathematics and the developing professional* (pp. 219-244). Países Bajos: Kluwer Academic Publishers.
- Hodgen, J., & Askew, M. (2007). Emotion, identity and teacher learning: becoming a primary mathematics teacher. *Oxford Review of Education*, 33(4), 469-487. doi: 10.1080/03054980701451090
- Howe, A. C., & Shayer, M. (1981). Sex-related differences on a task of volume and density. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(2), 169-175. doi: 10.1002/tea.3660180209
- Iqbal, H. M., & Shayer, M. (2000). Accelerating the development of formal thinking in Pakistan secondary school students: achievement effects and professional development issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(3), 259-274. doi: 10.1002/(sici)1098-2736(200003)37:3<259::aid-tea3>3.0.co;2-w
- Johnson, D., Hodgen, J., & Adhami, M. (2004). Professional development from a cognitive and social standpoint. En A. Millett, M. Brown, & M. Askew (Eds.), *Primary mathematics and the developing professional* (pp. 185-218). Países Bajos: Kluwer Academic Publishers.
- Kennedy, M. M. (1990). *A survey of recent literature on teachers' subject matter knowledge*. Michigan: Michigan National Center for Research on Teacher Education.
- Kuhn, D., & Angelev, J. (1976). An experimental study of the development of formal operational thought. *Child Development*, 47(3), 697-706.
- Kuhn, D., Ho, V., & Adams, C. (1979). Formal reasoning among pre- and late adolescents. *Child Development*, 50(4), 1128-1135.
- Kutnick, P., & Thomas, M. (1990). Dyadic pairings for the enhancement of cognitive development in the school curriculum: some preliminary results on science tasks. *British Educational Research Journal*, 16(4), 399-406.
- Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11-24.
- Lawson, A. E., & Blake, A. J. D. (1976). Concrete and formal thinking abilities in high school biology students as measured by three separate instruments. *Journal of Research in Science Teaching*, 13(3), 227-235. doi: 10.1002/tea.3660130306
- Lawson, A. E., & Nordland, F. H. (1976). The factor structure of some Piagetian tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 13(5), 461-466. doi: 10.1002/tea.3660130510
- Lawson, A. E., Nordland, F. H., & Devito, A. (1975). Relationship of formal reasoning to achievement, aptitudes, and attitudes in preservice teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(4), 423-431. doi: 10.1002/tea.3660120414
- Lawson, A. E., & Snitgen, D. A. (1982). Teaching formal reasoning in a college biology course for preservice teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(3), 233-248. doi: 10.1002/tea.3660190306
- Leat, D. (1995). The costs of reflection in initial teacher education. *Cambridge Journal of Education*, 25(2), 161-174.
- Lee, H.-J. (2005). Understanding and assessing preservice teachers' reflective thinking. *Teaching and Teacher Education*, 21(6), 699-715.
- Lim, T. K. (1988). Relationships between standardized psychometric and Piagetian measures of intelligence at the formal operations level. *Intelligence*, 12(2), 167-182.
- Lim, T. K. (1994). Gender-related differences in intelligence: application of confirmatory factor analysis. *Intelligence*, 19(2), 179-192.
- Maume, K., & Matthews, P. (2000). A study of cognitive accelerated learning in science. *Irish Educational Studies*, 19(1), 95-106. doi: 10.1080/0332331000190110
- Mbano, N. (2003). The effects of a cognitive acceleration intervention programme on the performance of secondary school pupils in Malawi. *International Journal of Science Education*, 25(1), 71-87.
- McCormack, L., Finlayson, O. E., McCloughlin, T., & CASTeL, D. C. U. (2010). *The cognitive developmental levels of a sample of first year university science students*. Trabajo presentado en la International Conference on Engaging Pedagogy, Maynooth, Irlanda.
- McDiarmid, G. W., Ball, D. L., & Anderson, C. W. (1989). *Why staying one chapter ahead doesn't really work: Subject-specific pedagogy*. Nueva York: Pergamon.

- McDonald, C. V. (2010). The influence of explicit nature of science and argumentation instruction on preservice primary teachers' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1137-1164. doi: 10.1002/tea.20377
- McGuinness, C. (2000). *ACTS (Activating Children's Thinking Skills): A methodology for enhancing thinking skills across the curriculum (with a focus on knowledge transformation)*. Trabajo presentado en el ESRC Teaching and Learning Research Programme, First Annual Conference University of Leicester, Leicester, Reino Unido.
- Niaz, M. (1985). Evaluation of formal operational reasoning by Venezuelan freshmen students. *Research in Science and Technological Education*, 3(1), 43-50.
- Panizzon, D. L., & Bond, T. G. (2007). *Measuring scientific understanding: A pedagogical problem and its potential solution?* Trabajo presentado en la Australian Association for Research in Education (AARE) Conference. Recuperado de <http://www.aare.edu.au/07pap/pan07136.pdf>
- Peterson, R., & Treagust, D. (1995). Developing preservice teachers' pedagogical reasoning ability. *Research in Science Education*, 25(3), 291-305. doi: 10.1007/bf02357403
- Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176-186.
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15(1), 1-12.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. Londres: Routledge & Kegan Paul Ltda.
- Preiss, D. D., & Sternberg, R. J. (2006). Effects of technology on verbal and visual-spatial abilities. *Cognitive Technology*, 1(11), 14-22.
- Prophet, R. B., & Vlaardingerbroek, B. (2003). The relevance of secondary school chemistry education in Botswana: a cognitive development status perspective. *International Journal of Educational Development*, 23(3), 275-289.
- Reyes, D. J. (1987). Cognitive development of teacher candidates: an analysis. *Journal of Teacher Education*, 38(2), 18-21.
- Reynolds, A. (1992). What is competent beginning teaching? A review of the literature. *Review of Educational Research*, 62(1), 1-35.
- Roberge, J. J., & Flexer, B. K. (1982). The formal operational reasoning test. *Journal of General Psychology*, 106(1), 61.
- Rogan, J. M., & MacDonald, M. A. (1983). The effect of schooling on conservation skills. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 14(3), 309-322. doi: 10.1177/0022002183014003004
- Rosenshine, B. (1992). Using scaffolds for teaching higher level cognitive strategies. En J. W. Keefe, & H. J. Walberg (Eds.), *Teaching for Thinking* (pp. 35-47). Reston: National Association of Secondary School Principles.
- Rosenthal, D. A. (1979). The acquisition of formal operations: the effect of two training procedures. *Journal of Genetic Psychology*, 134(1), 125-140.
- Rowell, J. A., & Hoffman, P. J. (1975). Group tests for distinguishing formal from concrete thinkers. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(2), 157-164.
- Shayer, M. (1977). *Science Reasoning Tasks*. Londres: University of London, Chelsea College of Science Technology: NFER.
- Shayer, M. (1996). *The long-term effects of cognitive acceleration on pupil's school achievement*. Trabajo presentado en la Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, Estados Unidos.
- Shayer, M., Adey, P., & Wylam, H. (1981). Group tests of cognitive development ideals and a realization. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(2), 157-168. doi: 10.1002/tea.3660180208
- Shayer, M., Johnson, D., & Adhami, M. (1999). Does CAME work? (2) Report on key stage 3 results following the use of the cognitive acceleration in mathematics education, came, project in year 7 and 8. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 19(2), 79-84.
- Shayer, M., Kuchemann, D. E., & Wylam, H. (1976). The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary school children. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 164-173.
- Shayer, M., & Adey, P. (1981). *Towards a science of science teaching: cognitive development and curriculum demand*. Londres: Heinemann Educational Books.
- Shayer, M., & Adhami, M. (2003). Realising the cognitive potential of children 5-7 with a mathematics focus. *International Journal of Educational Research*, 39, 743-775.
- Shayer, M., & Adhami, M. (2006). The long-term effects from the use of CAME (Cognitive Acceleration in Mathematics Education), some effects from the use of the same principles in Y1&2, and the maths teaching of the future. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 26(2), 97-102.

- Shayer, M., & Adhami, M. (2007). Fostering cognitive development through the context of mathematics: results of the CAME project. *Educational Studies in Mathematics*, 64(3), 265-291. doi: 10.1007/s10649-006-9037-1
- Shayer, M., & Wylam, H. (1978). The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary school children. II - 14- to 16-year-olds and sex differentials. *British Journal of Educational Psychology*, 48(1), 62-70.
- Shemesh, M., Eckstein, S. F., & Lazarowitz, R. (1992). An experimental study of the development of formal reasoning among secondary school students. *School Science and Mathematics*, 92, 26-30.
- Siegler, R. S., Liebert, D. E., & Liebert, R. M. (1973). Inhelder and Piaget's pendulum problem: teaching preadolescents to act as scientists. *Developmental Psychology*, 9(1), 97-101.
- Silverman, F., & Creswell, J. (1982). Preservice teachers: a profile of cognitive development. *Texas Tech Journal of Education*, 9(3), 175-185.
- Sprod, T. (1998). "I can change your opinion on that": Social constructivist whole class discussions and their effect on scientific reasoning. *Research in Science Education*, 28(4), 463-480. doi: 10.1007/bf02461510
- Tobin, K. G., & Capie, W. (1981). The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41(2), 413-423. doi: 10.1177/001316448104100220
- Torff, B. (2003). Developmental changes in teachers' use of high order thinking and content knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 3(95), 563-569.
- Valanides, N. (1997a). Cognitive abilities among twelfth-grade students: Implications for science teaching. *Educational Research and Evaluation*, 3, 160-186.
- Valanides, N. (1997b). Formal reasoning abilities and school achievement. *Studies in Educational Evaluation*, 23, 169-185.
- Wyatt, M. L. (1983). *Formal operational thinking and the role of training*. Trabajo presentado en la Annual Meeting of the Southeastern Psychological Association, Atlanta, Estados Unidos.
- Shayer, M., Kuchemann, D. E., & Wylam, H. (1976). The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary school children. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 164-173.
- Shayer, M., & Adey, P. (1981). *Towards a Science of Science Teaching: Cognitive Development and Curriculum Demand*. London: Heinemann Educational Books.
- Shayer, M., & Adhami, M. (2003). Realising the Cognitive Potential of Children 5-7 with a Mathematics Focus. *International Journal of Educational Research*, 39, 743-775.
- Shayer, M., & Adhami, M. (2006). The long-term effects from the use of CAME (Cognitive Acceleration in Mathematics Education), some effects from the use of the same principles in Y1&2, and the maths teaching of the future. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 26(2), 97-102.
- Shayer, M., & Adhami, M. (2007). Fostering Cognitive Development Through the Context of Mathematics: Results of the CAME Project. *Educational Studies in Mathematics*, 64(3), 265-291. doi: 10.1007/s10649-006-9037-1
- Shayer, M., & Wylam, H. (1978). The Distribution of Piagetian Stages of Thinking in British Middle and Secondary School Children. II - 14- to 16-year-olds and sex differentials. *British Journal of Educational Psychology*, 48(1), 62-70.
- Shemesh, M., Eckstein, S. F., & Lazarowitz, R. (1992). An Experimental study of the Development of Formal Reasoning among Secondary School Students. *School Science and Mathematics*, 92, 26-30.
- Siegler, R. S., Liebert, D. E., & Liebert, R. M. (1973). Inhelder and Piaget's Pendulum Problem: Teaching Preadolescents to Act as Scientists. *Developmental Psychology*, 9(1), 97-101.
- Silverman, F., & Creswell, J. (1982). Preservice Teachers: A Profile of Cognitive Development. *Texas Tech Journal of Education*, 9(3), 175-185.
- Sprod, T. (1998). "I can change your opinion on that": Social constructivist whole class discussions and their effect on scientific reasoning. *Research in Science Education*, 28(4), 463-480. doi: 10.1007/bf02461510
- Tobin, K. G., & Capie, W. (1981). The Development and Validation of a Group Test of Logical Thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41(2), 413-423. doi: 10.1177/001316448104100220
- Torff, B. (2003). Developmental Changes in Teachers' Use of High Order Thinking and Content Knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 3(95), 563-569.
- Valanides, N. (1997a). Cognitive Abilities among twelfth-grade students: Implications for Science Teaching. *Educational Research and Evaluation*, 3, 160-186.
- Valanides, N. (1997b). Formal Reasoning Abilities and School Achievement. *Studies in Educational Evaluation*, 23, 169-185.
- Wyatt, M. L. (1983). *Formal Operational Thinking and the Role of Training*. Trabajo presentado en la Annual Meeting of the Southeastern Psychological Association, Atlanta, Estados Unidos.