



Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras

EL PAPEL DE LAS PEDAGOGÍAS METACOGNITIVAS



Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras

EL PAPEL DE LAS PEDAGOGÍAS METACOGNITIVAS

Investigación e innovación educativas

Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras

EL PAPEL DE LAS PEDAGOGÍAS METACOGNITIVAS

Zemira Mevarech y Bracha Kramarski



La calidad de la traducción y su correspondencia con la lengua original de la obra son responsabilidad del Instituto Politécnico Nacional. En caso de discrepancias entre esta traducción al español y la versión original en inglés, sólo la versión original se considerará válida.

Esta obra es publicada bajo la responsabilidad del secretario general de la OCDE.
Las opiniones expresadas y los argumentos empleados no reflejan necesariamente
las opiniones oficiales de los países miembros de la OCDE.

Este documento, y los mapas incluidos en el mismo, se presentan sin perjuicio de la
condición o de la soberanía sobre un territorio, de la delimitación de fronteras o lími-
tes internacionales y del nombre de ninguno de los territorios, ciudades o zonas.

FOTOGRAFÍA DE PORTADA: Istockphoto.com.

EDICIÓN Y COORDINACIÓN EDITORIAL: Xicoténcatl Martínez Ruiz

TRADUCCIÓN: SANAM ESHGHI-ESFAHANI

REVISIÓN ACADÉMICA DE LA TRADUCCIÓN: Xicoténcatl Martínez Ruiz

DISEÑO Y FORMACIÓN: Quinta del Agua Ediciones, SA de CV

Publicado originalmente en 2014 por la OCDE en inglés bajo el título:
Critical Maths for Innovative Societies: The Role of Metacognitive Pedagogies

© 2014, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), París.
Todos los derechos reservados.

© 2017, Instituto Politécnico Nacional, para la presente edición en español.
Publicado por acuerdo con la OCDE, París.

D.R. de la primera edición en español © 2017, Instituto Politécnico Nacional
Av. Luis Enrique Erro s/n
Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”, Zacatenco,
Deleg. Gustavo A. Madero, C. P. 07738, Ciudad de México

Coordinación Editorial de la Secretaría Académica
Secretaría Académica, 1er. Piso,
Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”
Zacatenco, Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México

ISBN: 978-926-4273-07-8 (PDF)

Hecho en México



Contenido

Siglas y acrónimos	11
Prefacio.....	13
Agradecimientos	14
Presentación institucional	15
Prefacio a la edición en español	17
Resumen ejecutivo	21
Resultados clave y recomendaciones	23
Introducción	25
Capítulo 1. La educación matemática y la capacidad de resolver problemas en sociedades innovadoras	29
La solución de problemas complejos, desconocidos y no rutinarios	29
Razonamiento matemático	31
Creatividad matemática, pensamiento divergente y planteamiento de problemas	33
Comunicación matemática	36
Conclusión.....	38
Referencias	38
Capítulo 2. ¿Qué es la metacognición?	41
¿Cuál es la diferencia entre la cognición y la metacognición?	42
Modelos de metacognición	42
Metacognición general y metacognición específica de un dominio.....	46
¿Cómo se desarrolla la metacognición con la edad?	46
¿Cómo afecta la metacognición al aprendizaje y los logros?	48
Conclusión.....	49
Referencias	49
Capítulo 3. Pedagogías metacognitivas	53
¿La metacognición puede enseñarse?	53
¿Cuál es el papel del aprendizaje cooperativo?.....	54
¿Es necesaria la práctica explícita?	58

Pedagogías metacognitivas: ¿cómo, cuando y para quién?.....	59
Conclusiones	60
Referencias	61
Capítulo 4. Pedagogías metacognitivas en la educación matemática	65
La heurística de Polya para resolver problemas de matemáticas	66
El modelo de enseñanza metacognitivo de Schoenfeld	67
El modelo IMPROVE.....	69
El modelo de instrucción metacognitiva de Verschaffel para matemáticas de primaria	73
Modelo Singapur para la solución de problemas matemáticos	74
Comparación de modelos metacognitivos.....	75
Conclusión.....	78
Referencias	79
Capítulo 5. Los efectos de la enseñanza metacognitiva en el desempeño.....	81
El impacto de programas metacognitivos en la solución de problemas entre diferentes grupos de edad	82
Efectos inmediatos, retardado y duraderos de la enseñanza metacognitiva.....	99
¿Qué condiciones funcionan mejor para los modelos de enseñanza metacognitivos?.....	102
Conclusión.....	109
Referencias	111
Capítulo 6. Los efectos de las pedagogías metacognitivas en las capacidades sociales y emocionales	115
¿Se pueden enseñar las capacidades socio-emocionales?.....	117
Pedagogías metacognitivas y sus efectos en las habilidades socio-emocionales.....	119
Estudios tipo I: los efectos de las intervenciones enfocadas en el éxito.....	120
Estudios tipo II: uso de pedagogías metacognitivas para promover las capacidades socio-emocionales.....	124
Estudios tipo III: el método combinado.....	128
Conclusión.....	131
Referencias	133
Capítulo 7. Combinar la tecnología y los procesos metacognitivos para promover el aprendizaje.....	135
Combinación del software específico para matemáticas con la enseñanza metacognitiva	137
El aprendizaje virtual apoyado por la enseñanza metacognitiva.....	141
Redes de aprendizaje asíncronas apoyadas por la enseñanza metacognitiva.....	143
El aprendizaje móvil en matemáticas	144
Software de tutoría inteligente	145
Libros electrónicos de matemáticas	146
Conclusión.....	146
Referencias	148

Capítulo 8. Programas metacognitivos para la capacitación de los docentes 151
 ¿Cómo aplican los maestros los procesos metacognitivos en el aula? 152
 Implementar pedagogías metacognitivas en programas de desarrollo profesional 153
 Los efectos de las pedagogías metacognitivas en docentes pre-profesionales 161
 Conclusión 168
 Referencias 170

Capítulo 9. Reflexión: resumen y conclusión 173
 Referencias 177

Recuadros

Recuadro 1.1. Ejemplos de tareas CUN, auténticas y rutinarias 32
 Recuadro 3.1. Métodos de aprendizaje cooperativos utilizados en las aulas de matemáticas 55
 Recuadro 4.1. Estrategias matemáticas cognitivas y metacognitivas 72
 Recuadro 6.1. Componentes y habilidades socio-emocionales 118
 Recuadro 7.1. Ejemplos de las actividades del asistente reflexivo 139

Cuadros

Cuadro 4.1. Comparación de los modelos metacognitivos 77
 Cuadro 6.1. Modelo para procesar información en seis pasos 119
 Cuadro 6.2. Referencias de estudiantes en el tratamiento RULER y grupos de control 127
 Cuadro 6.3. Tipos de estímulos y elementos del aprendizaje autorregulado incorporados
 en textos de comprensión de lectura científica 129
 Cuadro 7.1. Reglas y sub-reglas de RIDE impartidas a través de la enseñanza
 computarizada 142
 Cuadro 8.1. Modificando IMPROVE para la capacitación de docentes y alumnos 156
 Cuadro 8.2. Tipos de auto-cuestionamiento de IMPROVE y sus componentes SRL
 incorporados en tareas PCK 167

Figuras

Figura 2.1. El modelo del monitoreo cognitivo de Flavell 43
 Figura 4.1. El modelo de Polya de cuatro etapas 67
 Figura 4.2. Resolver un problema con y sin cuestionamiento autodirigido:
 cronograma de actividades 68
 Figura 4.3. Marco pentagonal de Singapur para la solución de problemas matemáticos 75
 Figura 5.1. Impacto de IMPROVE en el desempeño matemático de estudiantes
 de tercer grado 85

Figura 5.2. Impacto de IMPROVE en el razonamiento matemático de estudiantes de los primer años de secundaria.....	85
Figura 5.3. El impacto de la realidad virtual y el cuestionamiento autorregulado en las habilidades de rotación mental.....	90
Figura 5.4. El impacto de la realidad virtual y el cuestionamiento autorregulado en el razonamiento espacio-visual.....	90
Figura 5.5. Impacto de IMPROVE en las tareas complejas y rutinarias.....	93
Figura 5.6. Impacto de IMPROVE en los componentes para resolver una tarea no rutinaria.....	94
Figura 5.7. Impacto de IMPROVE en el desempeño matemático de estudiantes universitarios.....	95
Figura 5.8. Impacto de IMPROVE en el conocimiento de la cognición de estudiantes universitarios.....	96
Figura 5.9. Impacto de IMPROVE en la regulación de la cognición de estudiantes universitarios.....	96
Figura 5.10. Impacto de IMPROVE en el desempeño matemático de alto impacto de estudiantes de secundaria.....	99
Figura 5.11. Impacto de IMPROVE a lo largo de un año académico.....	100
Figura 5.12. Impacto inmediato y duradero de IMPROVE en el desempeño matemático.....	101
Figura 5.13. Impacto de la orientación metacognitiva y el aprendizaje cooperativo en el desempeño matemático.....	103
Figura 5.14. Efecto de la orientación metacognitiva en la habilidad científica general.....	105
Figura 5.15. Efecto de la enseñanza metacognitiva en la descripción de fenómenos.....	105
Figura 5.16. Efecto de la orientación metacognitiva en la formulación de hipótesis.....	106
Figura 5.17. Efecto de la orientación metacognitiva en la identificación de resultados (variables dependientes).....	106
Figura 5.18. Efecto de la orientación metacognitiva en la identificación de causas (variables independientes).....	107
Figura 5.19. Efecto de la orientación metacognitiva en declarar resultados y llegar a conclusiones.....	107
Figura 5.20. Logros matemáticos en la tarea de la pizza por condiciones de aprendizaje.....	108
Figura 6.1. Relación entre metacognición y experiencias metacognitivas.....	116
Figura 6.2. Cambios en la ansiedad causada por las matemáticas en estudiantes de alto y bajo desempeño.....	121
Figura 6.3. Efectos en la habilidad científica, la motivación y la autoeficacia.....	123
Figura 6.4. El efecto de las intervenciones cognitivas, metacognitivas y motivacionales en la habilidad científica.....	130
Figura 6.5. El efecto de las intervenciones cognitivas, metacognitivas y motivacionales en la motivación.....	130
Figura 6.6. El efecto de las intervenciones cognitivas, metacognitivas y motivacionales en la autorregulación.....	131
Figura 7.1. El impacto de IMPROVE en la manipulación, el razonamiento y patrones algebraicos y el análisis de cambios.....	138
Figura 7.2. Actividad reflexiva en la evaluación de experiencias de resolver problemas.....	140
Figura 7.3a. Calificaciones promedias de regulación de tareas para grupos de RIDE y de control.....	142

Figura 7.3b. Calificaciones promedias de regulación de equipos para grupos de RIDE y de control.....	143
Figura 7.4. El impacto de la orientación metacognitiva en la habilidad científica en ambientes de aprendizaje presenciales o asíncronos.....	144
Figura 8.1. Impacto de IMPROVE en el conocimiento del contenido pedagógico.....	155
Figura 8.2. El impacto de IMPROVE sobre el conocimiento matemático de los docentes.....	157
Figura 8.3. El impacto de IMPROVE sobre el conocimiento del contenido pedagógico de los docentes.....	157
Figura 8.4. El impacto de IMPROVE sobre la evaluación del aprendizaje.....	159
Figura 8.5. El impacto de IMPROVE sobre la precisión de la evaluación del aprendizaje de los docentes.....	160
Figura 8.6. El efecto del soporte metacognitivo en el conocimiento del contenido de tecnología pedagógica.....	162
Figura 8.7. El efecto del andamio/soporte metacognitivo en el aprendizaje autorregulado.....	162
Figura 8.8. El impacto de estímulos de solución de problemas y de reflexión en el análisis de casos.....	163
Figura 8.9. El efecto de la metacognición en el aprendizaje autorregulado en contextos de aprendizaje presenciales y virtuales.....	164
Figura 8.10. El efecto de la metacognición en el conocimiento del contenido pedagógico en contextos de aprendizaje virtuales y presenciales.....	165
Figura 8.11. El efecto del soporte reflexivo en planificar, procesar, monitorear y eliminar fallas.....	166
Figura 8.12. El efecto del Soporte Reflexivo en la motivación, autoeficacia y ansiedad de enseñar.....	167
Figura 8.13. El efecto de intervenciones diferentes en el aprendizaje autorregulado entre docentes pre-profesionales.....	168
Figura 8.14. El efecto de las intervenciones diferentes en el conocimiento metacognitivo entre docentes pre-profesionales.....	169
Figura 8.15. El efecto de diferentes intervenciones en la autoeficacia entre docentes pre-profesionales.....	169

Siglas y acrónimos

AAR	Aprendizaje autorregulado
AE	Aprendizaje electrónico
APTS-E	Prueba del perfil de aptitud del razonamiento espacio-visual
AR	Asistente de reflexión
ARE	Aprendizaje regulado externamente
ASE	Aprendizaje socio-emocional
BASC	Sistema de evaluación conductual para niños
CAD	Cuestionamiento autodirigido
CAP	Comunidades de aprendizaje profesional
CASEL	Colaboración para el aprendizaje académico, social y emocional
CCP	Conocimiento del contenido pedagógico
CUN	Complejos, desconocidos, no rutinarios
EA	Evaluación del aprendizaje
EMM	Enseñanza metacognitivo multinivel
F2F	Presencial
GPS	Sistemas de posicionamiento global
IMPROVE	Por sus siglas en inglés, conlleva los siguientes elementos en relación con el aprendizaje: I ntroducir nuevos conceptos; cuestionamiento M etacognitivo; P ráctica, R evisión y reducción de dificultades; O btención de dominio; V erificación; y, E nriquecimiento.
ICM	Inventario de conciencia metacognitivo
ME	Meta-experiencia
MSLQ	Cuestionario de estrategias motivadas para el aprendizaje
NCTM	Consejo Nacional de Docentes de Matemáticas de los Estados Unidos
NJMCF	Marco Curricular de las Matemáticas de Nueva Jersey
PAL	Aprendizaje con ayuda de compañeros
PISA	Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos-OCDE
PMC	Precisión del monitoreo del conocimiento
PRM	Puebas de rotación mental
RAA	Redes de aprendizaje asíncronas
RIDE	Respeto, colaboración inteligente, decidir juntos y alentar
RULER	Reconocer, entender, denominar, expresar, regular
SAC	Sistema algebraico
SDC	Sentimientos de conocimiento computacional
SMC	Sesgo del monitoreo del conocimiento

SMS	Servicio de mensajes cortos
SR	Soporte reflexivo
STAD	Equipos de aprendizaje por divisiones
STI	Software de tutoría inteligente
TAI	Individualización con ayuda de equipo
TE	Tamaño del efecto
TGT	Torneo de equipos de aprendizaje
TIC	Tecnologías de información y comunicación



Prefacio

En la medida en que los científicos e ingenieros impulsan tanto nuestra innovación y creación del conocimiento como una educación de alta calidad para la ciencia, la tecnología y la ingeniería, las matemáticas resultan fundamentales para el éxito de las economías avanzadas. Dada su naturaleza transversal, la educación matemática es una piedra angular en este proyecto.

Más allá de apoyar el talento de los matemáticos, científicos e ingenieros, una adecuada educación en matemáticas también fomentará las capacidades innovadoras de toda la población estudiantil, lo cual incluye las capacidades creativas, el pensamiento crítico, la comunicación, el trabajo en equipo y el autoestima.

Este libro explora la manera idónea de lograr esos objetivos. Con base en la revisión de resultados de investigación cuasi experimental y de vanguardia, propone que se deberían incluir nuevos tipos de problemas en los planes de estudio de las matemáticas, y muestra cómo las pedagogías que favorecen la metacognición tienen un impacto sobre los resultados de las matemáticas, incluidos el razonamiento matemático, y el sentimiento de ansiedad vinculado con la comunicación y las matemáticas, desde el nivel preescolar hasta universitario.

Entre los hallazgos de este libro, dos me han llamado particularmente la atención. Primero, las pedagogías que destacan la metacognición son aun más eficaces en ambientes colaborativos. Segundo, su eficacia aumenta cuando abordan tanto la dimensión “cognitiva” como “emocional” del aprendizaje. Singapur ha sido pionero en implantar a gran escala esta metodología, y se enfatiza de manera explícita la metacognición en los planes de estudio para matemáticas. Es interesante que cuenta con uno de los mejores desempeños en matemáticas y en la solución de problemas en el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) entre los países de la OCDE. Ello sugiere que algunos cambios en la pedagogía podrían preparar mejor a los estudiantes para desarrollar el tipo de capacidades matemáticas necesarias para las sociedades más innovadoras.

Complementario a dos libros recientes del Centro para la Investigación e Innovación Educativa (CERI) de la OCDE, *La naturaleza de aprender* y *¿El arte por el arte?*, este libro está diseñado para ayudar tanto a los docentes como a los responsables de diseñar los planes de estudio y las políticas educativas enfocadas a preparar mejor a los estudiantes de hoy para el mundo de mañana.

ANDREAS SCHLEICHER
Director para Educación y Habilidades

Agradecimientos

Este libro fue escrito por Zemira Mevarech y Bracha Kramarski, profesora y profesora asociada, respectivamente, de la Universidad Bar-Ilan de Israel. A partir de su investigación sobre la enseñanza metacognitiva, Mevarech y Kramarski diseñaron el libro en colaboración con Stéphan Vincent-Lancrin, analista principal y líder de proyecto en la Dirección de Educación y Habilidades, del Centro para la Investigación e Innovación Educativa (CERI) en la OCDE.

En el Secretariado de la OCDE, el libro fue revisado por Stéphan Vincent-Lancrin y Carlos Gonzalez-Sancho, analista del CERI. Francesco Avvisati, Kiira Kärkkäinen y Gwénaél Jacotin hicieron comentarios valiosos en el primer borrador del libro. Anne-Lise Prigent hizo comentarios sobre una versión posterior. Sally Hinchcliffe corrigió el libro; Gwénaél Jacotin preparó las gráficas; Riitta Carré y Rhodia Diallo formatearon el manuscrito y proporcionaron ayuda durante todo el proceso; mientras Lynda Hawe y Anne-Lise Pringente coordinaron el proceso final de publicación. Por último, si bien no menos importante, se agradece a Dirk Van Damme, jefe de la División de Innovación y Medición de Progreso en la Dirección de Educación y Habilidades por su apoyo continuo a lo largo del proyecto.

El libro es un resultado de la Estrategia de Innovación para la Educación y la Formación del CERI, proyecto dirigido por Vincent-Lancrin. Una vertiente del proyecto explora cómo los planes de estudio y las pedagogías pueden ofrecer a los estudiantes mejores “habilidades para la innovación,” es decir, habilidades técnicas, de pensamiento y creatividad, pero también sociales y de comportamiento. Con frecuencia se considera que los artistas, los científicos y los emprendedores tienen un papel fundamental en los sistemas de innovación de un país. Por tanto, el proyecto sintetiza la evidencia en torno al impacto de las habilidades innovadoras en educación artística, educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (CTIM) y en educación para el emprendimiento.

Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras. El papel de las pedagogías metacognitivas complementa, entonces, un libro anterior de este proyecto: *¿El arte por el arte? El impacto de la educación artística*, así como reportes recientes de otros proyectos del CERI, en particular *La naturaleza del aprendizaje*.

La traducción y publicación de esta obra en español no hubieran sido posibles sin el importante apoyo del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y, en particular, del Dr. Xicoténcatl Martínez Ruiz, así como la colaboración del Centro de la OCDE en México para América Latina.

Presentación institucional

La participación de una empresa en el mercado está en función de su competitividad, por lo que la aportación de las personas que la conforman, a través de sus habilidades, conocimientos y aptitudes, es indispensable en su fortalecimiento. El éxito académico en el sistema educativo se refleja en el sector productivo, favoreciéndose así el crecimiento y el posicionamiento de las empresas, las cuales contribuyen, con sus resultados, al desarrollo económico del país y permiten el retorno de la inversión en educación y en otros sectores relacionados con la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

Por otra parte, la innovación es un proceso complejo, asociado a la competitividad, para el cual se requiere en principio una base sólida de conocimientos sobre el objeto de mejora; así como la habilidad para gestionar ideas con base en enfoques sistémicos, matemáticos, científicos y creativos que permitan cuestionar, discutir, reflexionar, analizar, hacer analogías y socializar constructivamente tales ideas.

Para la competitividad y la innovación, el pensamiento matemático y las competencias matemáticas en niveles aceptables son fundamentales ya que inciden directamente en la forma en la que una persona o un grupo de personas aborda la solución de problemas, los procesos de construcción de ideas, las metodologías y las técnicas.

La importancia que se le otorgue a la educación en las áreas de matemáticas, ingeniería, tecnología y ciencias, reeditarán en el desarrollo económico y bienestar social de los países. Por lo tanto, mejorar la enseñanza de las matemáticas es una tarea urgente de atender, mediante formas didácticas novedosas, que ayuden a los estudiantes a desarrollar la habilidad de resolver tareas complejas que requieren de la aplicación de procesos metacognitivos como la comprensión, la reflexión y el análisis.

Este texto aporta nuevos enfoques útiles para el diseño curricular, didáctico y metodológico en la enseñanza de las matemáticas. Se basa en investigaciones sobre la educación matemática, la educación científica, los escenarios con estudiantes “típicos” y los efectos de la instrucción metacognitiva, destacándola como elemento diferenciador y como promotor del trabajo eficaz en ambientes colaborativos en el aula.

Esta publicación, ahora en español, busca poner a disposición de los educadores en matemáticas referentes prácticos para fomentar una educación en esta ciencia, orientada al desarrollo de capacidades innovadoras y creativas, pensamiento crítico, comunicación, trabajo en equipo y autoestima. El objetivo es producir un impacto positivo sobre los resultados del aprendizaje, así como el pensamiento y las emociones, desde el nivel preescolar hasta la educación superior.



Prefacio a la edición en español

• **C**ómo cultivar las capacidades en los estudiantes que les permitan construir desde ahora las condiciones de un futuro de sociedades innovadoras, críticas e incluyentes? La reflexión, más que la respuesta enciclopédica, nos invita a considerar un comienzo sencillo: no hay predicción asertiva del futuro sino su construcción en el hoy y en el ahora. Los resultados de investigación contenidos en *Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras. El papel de las pedagogías metacognitivas* son un comienzo asequible para construir en este presente las condiciones de una educación futura que cultive lo mejor del ser humano.

Este libro de Zemira Mevarech y Bracha Kramarski se enfoca en un proceso central del aprendizaje: la conciencia reflexiva del pensar, que se ha expresado con el término “metacognición”, es decir, “pensar en pensar” (Flavell, 1979). La investigación reciente en metacognición ha mostrado dos elementos, conocimiento y regulación, que afinan su significado general y uso pedagógico, a saber: el conocimiento acerca de una “cognición” que es susceptible de ser regulado. Las pedagogías metacognitivas tienen antecedentes profundos y sistematizados por la psicología del siglo XX, que también apuntan a problemas filosóficos, preocupaciones de la epistemología occidental y del sur de Asia, por ejemplo: ¿cómo es posible un pensamiento que es conciencia reflexiva de sí mismo, es decir, cómo es posible pensar en pensar? ¿Qué aspectos posibilitan un proceso auto-reflexivo y qué lo regula?

Desde mediados del siglo XX hasta nuestros días, esas preguntas han dado paso a un cúmulo importante de investigaciones e intervenciones de tipo metacognitivo. Algunos con enfoques psicológicos, otros de tipo pedagógico y algunos filosóficos. Por ejemplo el modelo de Polya (1949) formuló un marco de referencia metacognitivo de entendimiento, planeación, implementación y reflexión; por su parte Flavell, (1979) en su modelo describe cuatro aspectos: el conocimiento metacognitivo, las experiencias metacognitivas, las tareas y las estrategias (Papaleontiou-Louca, 2008). Más tarde es Schoenfeld, (1985) y Verschaffel, (1999) quienes, entre otros aportes, logran ubicar aspectos importantes para entender la metacognición, tales como la complejidad de la experiencia afectiva, los aspectos sociales y los emocionales. Otro modelo es IMPROVE (1997), que ofrece ejemplos de pedagogías metacognitivas, las cuales han logrado ser incorporadas a programas de enseñanza de matemáticas.

IMPROVE es un método metacognitivo diseñado, aplicado y evaluado por Mevarech y Kramarski, cuyos resultados dan sustento a *Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras. El papel de las pedagogías metacognitivas*. IMPROVE significa, por sus siglas en inglés: (I) introducir nuevos conceptos, (M) cuestionar con enfoque metacognitivo auto-dirigido, (P) practicar mediante el cuestionamiento auto-dirigido, (R) revisar nuevos materiales desde la práctica del cuestionamiento, (O) obtener un dominio de procesos cognitivos, (V) verificar la adquisición de habilidades cognitivas y metacognitivas y (E) enriquecer, reflexionar y regular.

La presente obra de Kramarski y Mevarech —en esta edición en español— invita al lector a preguntarse: ¿cómo pueden las pedagogías metacognitivas mejorar el razonamiento matemático en escenarios con problemas desconocidos, no rutinarios y complejos? ¿Cómo esa confluencia entre metacognición y matemáticas puede fomentar sociedades que orienten sus esfuerzos hacia la innovación con un sentido crítico y de beneficio social? El libro muestra, con diversos estudios y evidencias, cómo los problemas matemáticos para las sociedades innovadoras tienen características no convencionales, en tanto son problemas que no están basados en algoritmos prefabricados, sino que son complejos, desconocidos y no rutinarios, denominados CUN, por sus siglas en inglés.

Antes de continuar, el lector tiene que preguntarse: ¿por qué es importante este libro? Consideremos las implicaciones que tiene para el aprendizaje la experiencia de estar conscientes de nuestro propio pensamiento; conscientes de un segundo pensar que acentúa la experiencia de vivir el proceso de aprendizaje, más que la atención obsesiva en el resultado. Ese enfoque en el resultado pierde de vista el lugar imprescindible de la curiosidad, la emoción de descubrir, el cuestionamiento y la inquietud científica que, en conjunto, son parte del proceso de aprendizaje. También puede ser un factor considerable de estrés en un niño o un joven, incluso puede ser decisivo en la aversión por la escuela, por el aprendizaje de las ciencias, por las matemáticas o como muestran estudios recientes en EUA, que revelan la disminución del interés en ciencias por parte de estudiantes jóvenes (Itzek-Greulich y Vollmer, 2017). Así, las implicaciones del pensar en pensar no son ingenuas.

El “conocimiento de una cognición” es un ejercicio de conciencia reflexiva que permite al estudiante pensar en su proceso de aprendizaje y, al mismo tiempo, fijar la atención en los momentos significativos de ese proceso donde se genera una pregunta. Subrayo esto último —la atención en el momento donde surge el cuestionamiento—, porque ahí reside otra de las implicaciones cruciales que dan sentido al título del libro: el cultivo de las capacidades críticas y creativas en las sociedades actuales. Tanto la capacidad de pensamiento crítico como creativo alimentan la inquietud científica, autoindagatoria y agudizan el razonamiento de un estudiante ante problemas desconocidos y complejos.

La importancia, el análisis y la pertinencia de las pedagogías metacognitivas recorren los nueve capítulos de *Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras. El papel de las pedagogías metacognitivas*. La creatividad, el uso de las tecnologías de la información y comunicación, la realidad virtual y el enfoque en los problemas de la vida cotidiana, son aspectos que caracterizan las intervenciones de Mevarech y Kramarski para mejorar el razonamiento matemático. Elaborar y re-elaborar soluciones para problemas matemáticos complejos, desconocidos y no rutinarios en sociedades que valoran la creatividad, hace de los capítulos 4, 5 y 7 una guía ilustrada —con casos concretos e intervenciones en la educación matemática— que muestra el valor y el rol complejo de las pedagogías metacognitivas.

Entre dichas intervenciones destaca la capacidad de regular la cognición mediante habilidades de planeación. De este modo, un estudiante redirige una estrategia para solucionar un problema, adapta, monitorea, evalúa, regula y reflexiona en torno a un proceso o una solución. El estudio aclara que aún falta evidencia concluyente para afirmar que la metacognición sea susceptible de ser enseñada (Capítulo 3, p. 53); sin embargo, es posible elaborar mecanismos y ofrecer ejemplos para despertar la conciencia en el proceso, así como para activar las estrategias que llevan a un estudiante a aprender mediante métodos metacognitivos.

Esa posibilidad queda ilustrada en el caso de Singapur donde la metacognición forma parte del currículo matemático y ha dado grandes resultados, que se relacionan, principalmente,

con los problemas complejos, desconocidos y no rutinarios. En la intersección de esas tres características también ocurre la reflexión acerca de la innovación: “Innovar para aprender y aprender a innovar se ha vuelto un tema fundamental en las matemáticas críticas para el siglo XXI”. (Capítulo 9, p. 173). Las capacidades matemáticas de un estudiante pueden orientarse hacia el razonamiento y la comunicación efectiva ante problemas no rutinarios y más cercanos a los que acontecen en la vida; alejándose así de la memorización o de algoritmos preestablecidos para problemas rutinarios y ya conocidos.

Pensar en la pertinencia de las matemáticas en los contextos sociales de este tiempo nos avisa del papel de la creatividad en las matemáticas, el pensamiento crítico y divergente; los cuales se relacionan con aspectos como la movilidad social mediante la educación, la empleabilidad y la disminución de la desigualdad. En este sentido Mevarech y Kramarski expresan: “Por lo general la creatividad se conceptualiza como una forma del pensamiento divergente que involucra la creación de varias respuestas a un problema determinado (Guilford, 1967). Esto en contraste con el pensamiento convergente que se dirige hacia una sola solución correcta a un problema.” (Capítulo 1, p. 34). De este modo, “pensar en pensar” tiene un rol clave en el desarrollo de la conciencia del actuar, el razonamiento y la creatividad en la solución de problemas CUN.

Los procesos creativos recurren a los conocimientos previos con mecanismos flexibles, que recuperan ideas significativas para problemas cotidianos donde el enfoque se centra en la capacidad de ajustar un método para solucionar un problema no rutinario. Recurrir y recuperar lo que ya integra el conocimiento de un estudiante genera una conciencia del pensar y una búsqueda de soluciones alternativas, no dadas. Ese enfoque metacognitivo está en la base misma de la idea de matemáticas críticas, concepto clave en la investigación e informe de Mevarech y Kramarski.

Algunas de las capacidades que destacan de las investigaciones e intervenciones que presenta este libro son: planear, monitorear y evaluar el progreso del aprendizaje; estas mismas habilidades también se analizaron en el desempeño en geometría; por ejemplo los estudios de Yang (2012) que buscaron relaciones estructurales entre lectura metacognitiva y aprendizaje de geometría. Otro enfoque importante se encuentra en las conexiones con la lectura para entender un problema mediante un cuestionamiento autodirigido. Hay que destacar las conexiones entre pensamiento matemático, lectura, ciencias y métodos metacognitivos —que en conjunto presenta el libro—, por una simple razón: los resultados de las evaluaciones no ayudan si no se usan para mejorar las prácticas educativas. En otras palabras, para desarrollar intervenciones efectivas, tanto las políticas educativas como los rediseños curriculares tienen que considerar críticamente los resultados de evaluaciones estandarizadas y, así, ponerlos en diálogo con la realidad en las aulas.

Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras. El papel de las pedagogías metacognitivas queda en las manos del lector de habla hispana como el resultado del esfuerzo conjunto entre el Instituto Politécnico Nacional y la OCDE; y continúa los temas y alcances de una coedición previa, me refiero a la versión en español de *¿El arte por el arte? La influencia de la educación artística* (IPN-OCDE, 2014). Ambos trabajos ofrecen un diálogo que presenta evidencias para un mejor futuro de nuestros sistemas educativos, pautas, datos, información, estrategias y resultados para ser considerados por quienes diseñan las políticas educativas de un país. En este esfuerzo de coedición hay un propósito que anima nuestro trabajo: los resultados de las evaluaciones estandarizadas en matemáticas, lectura y ciencias no generan estrategias ni cambios sólo por citar las cifras. Saberlos, citarlos no es suficiente; es necesario entenderlos en

un contexto amplio, objetivo y crítico para intervenir con decisiones y acciones que mejoren la educación que reciben niños y jóvenes.

XICOTÉNCATL MARTÍNEZ RUIZ
Editor en Jefe Revista *Innovación Educativa*

Referencias

- Itzek-Greulich, H. y Vollmer, C. (2017). Emotional and Motivational Outcomes of LabWork in the Secondary Intermediate Track: The Contribution of a Science Center Outreach Lab. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(1), 3-28.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Polya, G. (1949). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Papaleontiou-Louca, E. (2008) *Metacognition and Theory of Mind*, UK: Cambridge Scholars Publishing, Newcastle.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Nueva York, NY: Academic Press.
- Verschaffel, L. (1999). Realistic mathematical modeling and problem solving in the upper elementary school: Analysis and improvement. En J. H. M Hamers, J. E. H Van Luit y B. Csapo (Eds.). *Teaching and Learning Thinking Skills*. Lisse, NL: Swets and Zeitlinger.
- Yang, K. L. (2012). Structures of cognitive and metacognitive reading strategies use for reading comprehension of geometry proof. *Educational Studies in Mathematics*, 80, 307-326.

Resumen ejecutivo

La educación ha cambiado de manera radical en años recientes: de una educación elitista ofrecida únicamente a un pequeño porcentaje de la población, a una educación obligatoria de la que ningún niño debe quedar al margen. Las habilidades necesarias para la sociedad de la época industrial han sido suplantadas por las consideradas más acordes para el mundo basado en el conocimiento y la información. Nuestros modelos de aprendizaje también se ha desarrollado: en lugar de considerar a los alumnos como un *tabulae rasae* o página en blanco, que tan sólo absorbe información, ahora se les considera participantes activos en la información y construcción del conocimiento.

Los sustanciales cambios en nuestro entendimiento de la naturaleza del aprendizaje han desplazado el enfoque del “qué” al “cómo”. Se dispone de amplio consenso de que en las sociedades impulsadas por la innovación, la enseñanza de habilidades matemáticas básicas es necesario pero no insuficiente. Las escuelas tienen que guiar a los estudiantes para la solución de problemas complejos, desconocidos y no rutinarios (CUN), y fomentar mayor creatividad y mejor comunicación en matemáticas. Esta metodología se refleja, por ejemplo, en el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de la OCDE, adoptado por más de 65 países y economías hasta 2014. Pero la “pregunta del millón” aún sigue vigente: ¿cómo aumentar las habilidades de los estudiantes para resolver tanto las tareas rutinarias como las no rutinarias?

Los investigadores de la educación han analizado cómo tales tareas se llevan a cabo. Con base en abundante evidencia derivada de la investigación, la metacognición —regular y pensar sobre el pensamiento— es el “motor” que enciende, regula y evalúa los procesos cognitivos. En función de tales hallazgos, se han desarrollado varios modelos para ayudar a los estudiantes a regular su conducta durante el aprendizaje de las matemáticas. Entre ellos se encuentran el creado por Polya, Schoenfeld y Verschaffel; el modelo IMPROVE desarrollado por Mevarech y Kramarski, y el currículo matemático de Singapur. Los tres modelos ofrecen técnicas para capacitar a los estudiantes a utilizar algún modo de cuestionamiento metacognitivo autodirigido para resolver problemas matemáticos. Estos modelos funcionan mejor en un ambiente de aprendizaje cooperativo, donde los alumnos estudian en pequeños grupos, exponen su razonamiento matemático y describen su heurística. En todos ellos el maestro juega un papel importante, pues le corresponde elaborar manera explícita el uso de la metacognición.

De manera primordial, las pedagogías metacognitivas han sido examinadas en el campo de la investigación educativa. Entre esos métodos, IMPROVE es el que ha sido más ampliamente estudiado. Fundamentado en teorías socio-cognitivas sólidas, se ha establecido como un método práctico basado en evidencias. En IMPROVE las preguntas autodirigidas actúan como un soporte para el pensamiento comprensivo (“¿de qué se trata el problema?”), el pensamiento conectivo (“¿he resuelto problemas así antes?”), el pensamiento estratégico (“¿cuáles estrate-

gias son adecuadas para resolver la tarea?”) y el pensamiento reflexivo (“estoy atorado, ¿por qué?, ¿qué información adicional necesito?, ¿puedo resolver el problema de otra manera?”). Estas preguntas metacognitivas autodirigidas son genéricas y, por tanto, podrían ser fácilmente modificadas para utilizarse en campos como los de la ciencia y la lectura, e incluso para fomentar ciertos efectos socio-emocionales. Los resultados de las investigaciones demuestran que esta pedagogía metacognitiva resulta:

- Efectiva en todos los niveles educativos: en el kínder, en escuelas primarias y secundarias, en educación media superior y superior.
- Aplicable para tareas rutinarias y no rutinarias, aunque los efectos son considerablemente más evidentes en éstas en comparación con las rutinarias.
- Fácilmente modificable para usarse en otros campos (por ejemplo, la ciencia), ya que el cuestionamiento metacognitivo autodirigido es genérico.
- Plataformas libres, lo cual significa que puede ser insertado en varios ambientes de aprendizaje, incluido el aprendizaje cooperativo o las tecnologías de información y comunicación.

Los estudios han demostrado que los alumnos que usan IMPROVE superaron a sus compañeros en los grupos de control en tareas rutinarias de libros de texto, tareas no rutinarias y problemas auténticos. Estos efectos positivos se encontraron en aritmética, álgebra y geometría. Es más, IMPROVE demostró tener efectos duraderos incluso en situaciones de alto impacto como los exámenes de admisión. De manera general, la pedagogía metacognitiva incide también de manera positiva en los estudiantes de bajo desempeño, pero no a costa de los de alto desempeño. Además, estudios recientes han demostrado que el modelo IMPROVE tiene efectos positivos en la habilidad científica.

La investigación actual en neurociencias ha mostrado cómo los sistemas cognitivos y emocionales están entrelazados en el cerebro. Por tanto, mejorar las capacidades socio-emocionales de los niños puede tener un impacto en su aprendizaje. Las versiones modificadas de IMPROVE, y otras pedagogías metacognitivas semejantes, pueden utilizarse entonces no sólo para mejorar el desempeño académico, sino también tienen resultados afectivos, como reducir la ansiedad o aumentar la motivación.

La observación de casos ha demostrado que muchos maestros utilizan procesos metacognitivos de manera implícita en su enseñanza, pero rara vez presentan de manera explícita las capacidades metacognitivas; sin embargo, los programas de desarrollo profesional para docentes han empezado a incluir algunos elementos de la metacognición. Algunos estudios de alcance limitado han permitido observar que el empleo de pedagogías metacognitivas en los cursos de desarrollo profesional parece ser efectivo para incrementar el conocimiento y las capacidades del maestro, así como su opinión de qué tan probable es poner en práctica lo aprendido. Sin embargo, en ninguno de esos estudios se ha seguido a los maestros dentro de sus aulas de clase para evaluar el impacto en su enseñanza o en sus alumnos.

Mientras siga desarrollándose el campo de la metacognición en general y las pedagogías metacognitivas en particular, es necesario que existan vínculos entre la investigación, la práctica y las políticas educativas. Puesto que la mayoría de los países pretenden diseñar sus políticas de acuerdo con pruebas, la evidencia demostrada con respecto a las pedagogías metacognitivas debería llevar a un uso más amplio de estas técnicas. Por tanto, los docentes, administradores y diseñadores de currícula en matemáticas no necesitan reinventar la rueda

en sus tentativas para implantar esos métodos, cuyos principios son bien conocidos y han sido descritos en varios estudios. Las pedagogías metacognitivas constituyen una estrategia en función de la cual la educación matemática pueda preparar a los estudiantes para una más adecuada interacción en las sociedades innovadoras.

Resultados clave y recomendaciones

- Los problemas CUN deberían de ser un pilar de toda la educación matemática en las sociedades impulsadas por la innovación, no solamente para estudiantes dotados.
- Resolver tales problemas requiere que el estudiante ponga en práctica habilidades metacognitivas, y en particular para regular su pensamiento a partir de planificación, monitoreo, control y reflexión.
- La metacognición se puede enseñar en clases “regulares” y con maestros ordinarios. Aumentar las capacidades metacognitivas tiene beneficios positivos para el desempeño académico, en particular para resolver problemas CUN.
- A los alumnos se les tiene que enseñar de manera explícita cómo activar esos procesos, y se les tiene que dar suficiente oportunidad para practicar con ellos.
- Al considerar la importancia de la metacognición específica para cada campo, los ambientes de aprendizaje deben integrar la metacognición a los contenidos del aprendizaje.
- El cuestionamiento autodirigido, utilizado por la mayoría de las pedagogías metacognitivas, es una manera efectiva de enseñar las habilidades metacognitivas y puede ser adaptado para utilizarse con estudiantes de cualquier edad y en diferentes dominios disciplinarios.
- Las pedagogías metacognitivas son más efectivas cuando se combinan con ambientes de aprendizaje cooperativos, y cuando son aplicadas en más de un dominio.
- Las pedagogías metacognitivas pueden utilizarse de manera efectiva en ambientes de aprendizaje basados en las TIC, y eso incluye redes de aprendizaje asíncrono, herramientas cognitivas, aprendizaje con dispositivos móviles y software específico para un campo.
- La orientación metacognitiva puede utilizarse para mejorar determinados efectos socio-emocionales, como reducir la ansiedad o aumentar la motivación.
- Las pedagogías metacognitivas que combinan los componentes tanto cognitivos como motivacionales parecen resultar más efectivas frente a las que aplican solo un componente.
- Los programas de desarrollo profesional para docentes tendrían que reestructurarse y enfatizar los procesos metacognitivos por encima del contenido y las habilidades, aunque se requiere más investigación en cómo la capacitación efectiva de los docentes se traduce a la práctica.
- Esfuerzos internacionales en conjunto podrían avanzar de manera importante en la investigación y el desarrollo de pedagogías metacognitivas, con el objetivo de mejorar los resultados académicos en sociedades impulsadas por la innovación.



Introducción

Este libro está basado en decenas de estudios, todos con el afán de comprender cómo la educación puede fomentar las habilidades adecuadas para las sociedades innovadoras. Se enfoca en la educación matemática, una materia destacada a nivel mundial, pero que aún se le considera un obstáculo para el aprendizaje entre muchos estudiantes. Y si bien existe un consenso casi absoluto de que los problemas matemáticos adecuados para el siglo XXI deben ser complejos, desconocidos y no rutinarios (CUN, por sus siglas en inglés), la mayoría de libros de texto sólo incluyen problemas rutinarios basados en la aplicación de algoritmos prefabricados. El reto se podrá hacer mayor conforme el desarrollo de la habilidad matemática llegue a ser un objetivo clave en los currículos escolares. Es indudable la necesidad de introducir métodos didácticos innovadores para mejorar la educación matemática, y en particular la habilidad de los estudiantes para resolver tareas complejas y no rutinarias. Éstas requieren de la aplicación de procesos metacognitivos, tales como la planeación, el control y la reflexión. Será fundamental capacitar a los estudiantes a “pensar en su pensamiento” durante el proceso de aprendizaje.

En las siguientes páginas exploramos estas preguntas:

- ¿Qué clases de problemas matemáticos y conjuntos de capacidades son útiles en las sociedades impulsadas por la innovación?
- ¿Cuáles son los pensamientos de alto nivel y los procesos metacognitivos que permitirían aumentar la habilidad de los alumnos para resolver tareas de matemáticas rutinarias y no rutinarias?
- ¿Qué modelos pedagógicos metacognitivos han sido desarrollados para estos propósitos?
- ¿Cuál es la evidencia que apoya el método metacognitivo? ¿Los efectos de esos métodos son benéficos para diferentes habilidades de manera simultánea, o se sacrifican unas por otras?
- ¿Hasta qué punto son evidentes las diferentes pedagogías metacognitivas en la escuela y en los estudiantes de educación superior?
- ¿En ambientes modificados por las TIC, cómo podrían incorporarse los diferentes tipos de apoyos metacognitivos para ayudar a mejorar la educación matemática?
- ¿Cuáles son sus implicaciones para el desarrollo de docentes profesionales y en formación?

Estas preguntas básicas son factores clave para los creadores de políticas educativas, administradores, docentes, padres de familia, pedagogos e investigadores. Al contestarlas, surgirá una imagen de cómo implantar una educación matemática efectiva. Por ejemplo, es neces-

rio reconocer que no basta con enseñar a los estudiantes a aplicar algoritmos prefabricados para resolver problemas matemáticos, ni podrá llevar a comprender la importancia de que sean competentes en la aplicación del aprendizaje metacognitivo. Reconocer que los niños de preescolar y de primaria podrían verse beneficiados por la enseñanza metacognitiva podría llevar a una aproximación diferente a la educación temprana. Saber que la orientación metacognitiva puede apoyarse en los ambientes de tecnologías de información y comunicación (TIC) podría animar a los docentes a utilizar la tecnología en las clases de matemáticas. La buena noticia es que el potencial de todos estos procesos puede enseñarse de manera exitosa en clases ordinarias de todos los niveles escolares, así como en educación media superior y superior, con y sin las TIC.

Esta publicación se basa en gran parte en estudios sobre educación matemática, pero también incluye ejemplos tomados de la educación científica. Se ha enfocado de manera específica en estudiantes “típicos” de escuelas comunes, aunque también existen otros estudios en los que se analizan los efectos de la instrucción metacognitiva en niños con discapacidad en el aprendizaje, o con necesidades especiales, al igual que en otros grupos.

El primer capítulo se enfoca en los tipos de problemas matemáticos y los conjuntos de habilidades que son de utilidad en las sociedades impulsadas por la innovación. Se describe en qué consisten las tareas CUN, el razonamiento matemático, la creatividad, el planteamiento de problemas y la comunicación.

En el segundo capítulo se describen los procesos de pensamiento metacognitivo de alto nivel, lo cual permite a las personas resolver problemas. Aquí se revisan diferentes de modelos de metacognición, entre ellos los de Flavell, Brown, y Schraw y colaboradores. También analiza las diferencias entre la cognición y la metacognición, la metacognición general y específica de un dominio, y los debates sobre el desarrollo de la metacognición en función de la edad.

El tercer capítulo proporciona una visión generalizada de la instrucción metacognitiva, empezando con la cuestión de si la metacognición puede ser enseñada. Plantea preguntas como las siguientes: ¿cuál es el papel del aprendizaje cooperativo para facilitar los procesos metacognitivos y cognitivos? ¿Estos procesos tienen que practicarse de forma explícita? ¿Cuáles son los elementos clave en las pedagogías metacognitivas?

El cuarto capítulo se enfoca en los métodos pedagógicos metacognitivos para la educación matemática. Ahí se describen los modelos desarrollados e implementados en varios países, entre ellos el desarrollado por Polya, Schoenfeld, Mevarech y Kramarski (IMPROVE), Verschaffel, y el currículo matemático de Singapur. Este capítulo concluye con un análisis de las similitudes y diferencias entre estos modelos.

El capítulo cinco revisa la evidencia que apoya el uso de IMPROVE y otros modelos pedagógicos semejantes. Analiza los efectos inmediatos, retardados y duraderos de estos modelos en el desempeño matemático en las tareas matemáticas rutinarias, no rutinarias, auténticas y en situaciones de alto impacto. También analiza las condiciones ideales requeridas para implantar esos programas.

En el capítulo seis se analizan los efectos de las pedagogías metacognitivas sobre los efectos socio-emocionales, entre ellos reducir la ansiedad o aumentar la motivación; se describen tres tipos de intervenciones metacognitivas: 1) las enfocadas en la cognición y la metacognición pero no explícitamente en procesos emocionales, basándose en la idea de que mejorar los resultados cognitivos-metacognitivos también mejorará los factores emocionales; 2) enfocarse en mejorar los factores emocionales, y a partir de ellos mejorar también el desempeño cognitivo; 3) el método combinado se enfoca tanto en la cognición-metacognición como en los

efectos emocionales, con base en la idea de que se necesitan ambos factores. En todos estos estudios los efectos de las pedagogías metacognitivas fueron comparadas con el aprendizaje “tradicional” sin intervenciones metacognitivas.

En el séptimo capítulo se enfoca en incorporar la orientación metacognitiva en los ambientes educativos modificados por el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. Ahí se describen tres tipos de ambientes modificados por las TIC: 1) software específico para matemáticas; 2) aprendizaje con dispositivos electrónicos móviles, lo cual incluye: redes de aprendizaje asíncronas y aprendizaje mediante servicio de mensajes cortos o SMS); 3) tecnologías generales adoptadas para la educación matemática, como libros electrónicos. Se compara los efectos de estas tecnologías con y sin el apoyo de la orientación metacognitiva.

En el octavo capítulo se analiza la aplicación de intervenciones metacognitivas a los programas de desarrollo de docentes pre-profesionales y profesionales. Los participantes en estos cursos juegan un doble papel al ser estudiantes y maestros a la vez, y esto tiene diferentes implicaciones en el diseño de las intervenciones. También se evalúa el uso combinado de las TIC y la orientación metacognitiva para docentes pre-profesionales. Finalmente, se señala cómo los docentes evalúan su aprendizaje mediante la instrucción metacognitiva, y hasta qué punto su evaluación del aprendizaje es preciso en comparación con el aprendizaje “tradicional” sin orientación metacognitiva.

Finalmente, el último capítulo trata las implicaciones de estos modelos pedagógicos para la educación matemática.

Los estudios aquí revisados son tan sólo una prueba del tema. Esta publicación pretende apuntalar el entendimiento de las pedagogías metacognitivas, cómo se pueden implantar en el aula, cómo pueden mejorar la solución de problemas rutinarios y no rutinarios, junto con algunos efectos socio-emocionales, así como sus beneficios y desventajas. En el presente estudio se muestra evidencia sobre el curso de acción recomendado para desarrollar ciudadanos competentes en matemáticas, de tal manera que puedan contribuir con —y prosperar en— las sociedades innovadoras.

CAPÍTULO 1

La educación matemática y la capacidad de resolver problemas en sociedades innovadoras

La solución de problemas es el centro de toda la educación matemática. La solución de problemas complejos, desconocidos y no rutinarios (CUN) tiene que ser un pilar fundamental para cualquier ambiente efectivo de aprendizaje de las matemáticas para el siglo XXI. Mientras al resolver problemas rutinarios los estudiantes pueden depender de la memorización, resolver problemas CUN requiere capacidades matemáticas que no incluyen únicamente la lógica y la deducción, sino también la creatividad en matemáticas y en otros campos de conocimiento. La aproximación a la comunicación matemática también ha cambiado, y los estudiantes de todas las edades son alentados a participar en el discurso matemático así como a compartir ideas y soluciones, además de explicar el propio pensamiento. Desarrollar estas habilidades puede resultar en una mejoría de la interacción social y en la formación de ciudadanos competentes en matemáticas.

La solución de problemas complejos, desconocidos y no rutinarios

Las matemáticas se enseñan en las escuelas de todos los niveles, a un ritmo de cuatro a cinco horas a la semana. Sin duda, la mayoría del trabajo escolar de las matemáticas implica la solución de problemas. Como señalan Stanie y Kilpatrick en su revisión de las “Perspectivas históricas sobre la solución de problemas en el currículo matemático:” “los problemas han ocupado un lugar central en el currículo escolar de las matemáticas desde la antigüedad [...] El término ‘solución de problemas’ se ha convertido en un lema que abarca diferentes visiones sobre qué es la educación, qué es la instrucción, qué son las matemáticas, y por qué deberíamos enseñar las matemáticas en general y la solución de problemas en particular” (citado en Schoenfeld, 1992).

Aunque la solución de problemas en matemáticas ha sido enseñada desde la época de los griegos, si no desde antes, el concepto de solución de problemas ha cambiado de manera radical en la última década. En épocas pasadas la “solución de problemas” se refería sobre todo a la aplicación de algoritmos prefabricados para resolver ejercicios rutinarios y problemas narrativos. Sin embargo, según el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de la OCDE, la evaluación de capacidades matemáticas para el siglo XXI debería enfocarse en la “capacidad de los estudiantes a analizar, razonar y comunicar de manera efectiva mientras que plantean, resuelven e interpretan problemas matemáticos en una variedad

de situaciones que implican conceptos cuantitativos, espaciales, de probabilidad, entre otros” (OCDE, 2004, p. 37). Los estudiantes tienen que ser “matemáticamente competentes”: tienen que “poseer el conocimiento y entendimiento matemático, aplicar el conocimiento y las capacidades en áreas claves de las matemáticas [...] y activar sus habilidades matemáticas para resolver problemas que encuentran en la vida” (OCDE, 2004, p. 37; OCDE, 2013).

El término “solución de problemas” tiene dos componentes: el tipo de problema a resolverse, y el conocimiento y habilidad requeridos para resolverlo. El tipo tradicional de problema matemático incluye cálculos aritméticos, ciertas ecuaciones, problemas de geometría y problemas narrativos “rutinarios” que consisten en dos o tres frases que incluyen la información matemática, y una pregunta que guía al estudiante en la construcción de la ecuación adecuada para resolver el problema. En geometría, a los estudiantes se les presentan algunas propiedades de las formas y los teoremas para las demostraciones (OCDE, 2004). Por lo general la información requerida se plantea en el problema, y los estudiantes deben aplicar los teoremas a lo que debe ser demostrado.

Es claro que las habilidades necesarias para resolver esos tipos de problemas son limitados, y enseñar esas capacidades consiste en primero demostrar la técnica adecuada, seguido de una serie de problemas similares para la práctica (Schoenfeld, 1992). A pesar de que el desarrollo del pensamiento matemático es uno de los objetivos principales en la educación matemática, Yan y Lianghuo (2006) observaron que la mayoría de problemas en la educación matemática son este tipo de problema rutinario, donde casi siempre es evidente qué tipo de matemáticas se requiere para su solución. Como resultado, muchos estudiantes admiten que la memorización es la habilidad más importante requerida para tener éxito en el aprendizaje de las matemáticas (Schoenfeld, 1992).

En contraste con estos problemas, el tipo de tareas matemáticas adecuadas para el siglo XXI es diferente no sólo en el contenido, construcción y contextos en que se plantean los problemas, sino también en el proceso requerido para resolverlos. Según el PISA (OCDE, 2004, 2013, 2014), el *contenido* plantea las grandes ideas matemáticas; el *contexto* se relaciona frecuentemente con situaciones auténticas de la vida real, desde situaciones personales hasta situaciones públicas y científicas; y las *construcciones* son más complejas que en los problemas tradicionales. Los problemas pueden incluir información matemática que no siempre se plantea de manera explícita, y puede tener varias respuestas correctas. Estos problemas para el mundo del futuro pueden consistir en un párrafo completo, o en el que se incorpora la información matemática. Los estudiantes deben tomar decisiones fundamentadas en su conocimiento matemático y en los procesos que llevan a cabo. Con frecuencia los problemas incluyen diferentes tipos de representación, y a veces requieren que los estudiantes busquen información adicional, ya sea por medio de la computadoras o de otras fuentes. Los problemas de cálculo también pueden ser diferentes a los tradicionales al requerir no solamente que los estudiantes ejecuten los cálculos, sino también que resuelven el problema de diferentes maneras, que sugieran procesos creativos para resolverlo y que reflexionen y critiquen su propia solución y la de otros. Estos tipos de solución de problemas son típicos del componente de solución de problemas del PISA 2012 (OCDE, 2014). Esto no significa que los ejercicios y problemas rutinarios se deben de excluir del currículo. Al contrario, la solución de problemas rutinarios es necesaria para practicar, dominar las habilidades y poder responder de forma automática. Pero la educación matemática debe ir más allá de los problemas rutinarios e incluir problemas innovadores que se caracterizan por ser complejos, desconocidos y no rutinarios (CUN).

Otra característica de los problemas matemáticos adecuados para el siglo XXI es que puede haber varias soluciones correctas. Los problemas innovadores como los que se describen son auténticos, y se presentan en contextos de la vida real que con frecuencia plantean preguntas para las que hay más de una respuesta adecuada. La solución de problemas que pueden tener más de una respuesta depende de la suposición básica que el estudiante adopta. Basándose en tales supuestos, el estudiante construye un diagrama de flujo con distintas rutas. Trabajar en equipo puede exponer al estudiante a otros conjuntos de suposiciones para las que existen diferentes soluciones y/o diferentes estrategias para la solución. Bajo estas circunstancias, es esencial que los estudiantes reflexionen sobre el resultado y los procesos utilizados.

El recuadro 1.1 presenta tres ejemplos del mismo contexto (comprar y vender). La primera es una tarea bastante abierta para la que hay varias soluciones correctas, lo cual depende del conjunto de supuestos y de la información que los estudiantes elijan para resolver el problema. La segunda, la tarea de la pizza, es una tarea más abierta y con información específica incorporada en el problema. La tercera es una tarea “rutinaria.”

Naturalmente, estas diferentes clases de problemas requieren diferentes tipos de procesos y habilidades para resolverlas. Considerando que los problemas se basan en un contexto de la vida real, los estudiantes primero deben identificar de qué se trata el problema y qué conocimiento matemático se tiene que utilizar para resolverlo. Para lograrlo, los estudiantes deben conjugar su conocimiento existente y la información planteada en la tarea. Después, de manera gradual, los estudiantes tienen que sugerir estrategias para “transformar el problema en uno para el cual se dispone de una solución matemática directa” (OCDE, 2004). Los pasos finales implican algún tipo de reflexión sobre el resultado, su integración y aplicabilidad al problema original (OCDE, 2004, 2013, 2014).

En el contexto del PISA, las diferentes habilidades requeridas para emplear estos procesos son especificadas de la siguiente manera: “pensamiento y razonamiento, argumentación, comunicación, modelar, plantear y resolver problemas, representación, utilizar lenguaje y operaciones simbólicos, formales y técnicos” (OCDE, 2004, p. 40).

En resumen, el nuevo tipo de problemas matemáticos que son complejos, desconocidos y no rutinarios (CUN), que van más allá de la solución tradicional de problemas, quizá son más adecuados para preparar a los estudiantes en cuanto al uso auténtico de las matemáticas. Este tipo de problemas trata situaciones formales y de la vida real, implican la coordinación del conocimiento y la experiencia previa, incluyen varias representaciones y patrones de inferencia, tienen una o varias respuestas correctas y estimulan la reflexión en todas las etapas de la solución de problemas. Y si bien es cierto que la solución de problemas CUN se basa en el conocimiento y las habilidades “tradicionales”, también lo es que requiere de otras habilidades de alto nivel.

Razonamiento matemático

El razonamiento se refiere a la capacidad de crear un sentido de las cosas; de establecer y verificar los hechos, y de cambiar o justificar las prácticas, instituciones y creencias. El razonamiento matemático incluye el uso de la lógica y las demostraciones, además del uso de categorías como causa y efecto, pensamiento deductivo, pensamiento inductivo e inferencia formal. Por tanto, el razonamiento matemático se basa en la capacidad de reflexionar

Recuadro 1.1. Ejemplos de tareas CUN, auténticas y rutinarias

La tarea del supermercado: ejemplo de una tarea CUN

Antes de las vacaciones, varios supermercados se promocionaron como el supermercado más económico de la ciudad. Por favor recopila información y decide cuál de las publicidades es correcta.

La tarea de la pizza: ejemplo de una tarea auténtica

Tus compañeros de la escuela organizan una fiesta y la escuela va a proporcionar los refrescos; tu tarea es pedir las pizzas. El presupuesto es de \$ 85.00. Se trata de comprar todas las pizzas que puedas. Aquí están los menús de tres pizzerías. Por favor compara los precios y sugiere la oferta más económica al tesorero de la escuela. Tienes que escribir un reporte en el que justificas tu sugerencia.

	Precio por pizza	Diámetro (cm)	Precio por ingrediente extra
PIZZA BOOM			
Pizza personal	\$ 3.50	15	\$ 4.00
Chica	3.50	15	4.00
Mediana	6.50	23	7.75
Grande	12.50	38	14.45
Extra grande	15.50	45	17.75
SUPER PIZZA			
Chica	8.65	30	9.95
Mediana	9.65	35	10.95
Grande	11.65	40	12.95
MC PIZZA			
Chica	6.95	25	1.00
Grande	9.95	35	1.25

Una venta: ejemplo de tarea rutinaria

En el supermercado A, 1 kg de carne cuesta \$ 8 y 1 kg de pollo cuesta \$ 4. En el supermercado B, 1 kg de carne cuesta \$ 7 y 1 kg de pollo cuesta \$ 5. El señor Gómez quiere comprar 3 kg de carne y 2 kg de pollo.

¿Cuál supermercado es más económico?

sobre la solución, aplicar el criterio y poder expresar el pensamiento matemático. Con bastante frecuencia el razonamiento matemático incluye la intuición, el sentido de números, e inferencias que son rigurosos y sugestivos (Steen, 1999), aunque las demostraciones formales quizá son más evidentes para los matemáticos profesionales o avanzados que para los estudiantes de las matemáticas.

Mejorar el razonamiento matemático es una parte fundamental de los estándares escolares para la educación primaria y secundaria planteados por el National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2000), y por otros como el New Jersey Mathematics Coalition/ New Jersey Department of Education (1996). También está alineado con la definición del PISA de las habilidades matemáticas (OCDE, 2004, 2012). Por ejemplo, la New Jersey Mathematics Coalition/ New Jersey Department of Education (NJDOE) declara:

Todos los estudiantes desarrollarán la habilidad de razonamiento y se volverán pensadores matemáticos independientes y autodependientes [...] El razonamiento matemático es la capacidad crítica que permite a un estudiante hacer uso de todas las otras habilidades matemáticas. Con el desarrollo del razonamiento matemático los estudiantes reconocen que las matemáticas tienen sentido y se pueden entender. Aprenden cómo evaluar las situaciones, cómo seleccionar estrategias para resolver problemas, cómo llegar a conclusiones lógicas, cómo desarrollar y describir soluciones y a reconocer cómo estas soluciones pueden ser aplicadas. Los razonadores matemáticos son capaces de reflexionar sobre soluciones a problemas y determinar si tienen sentido. Aprecian la utilidad generalizada y el poder del razonamiento como parte de las matemáticas [...] Los estudiantes deben ser capaces de evaluar para ellos mismos la precisión de sus respuestas; deben poder aplicar el potencial del razonamiento matemático a otras materias y a su vida cotidiana. Deben poder reconocer que el razonamiento matemático se puede utilizar en diferentes situaciones para ayudarles a elegir y llegar a una decisión (NJDOE, 1996, p. 1).

Los estándares NJMCF del NJDOE resumen la importancia del razonamiento matemático, denominándole “el pegamento que une todas las otras habilidades matemáticas” (NJDOE, 1996; Resnik, 1987).

Aunque haya un consenso amplio acerca de la necesidad de mejorar el razonamiento matemático en las clases de primaria y secundaria, todavía existe mucho debate sobre qué significa eso. A veces se refiere a las matemáticas formales con base en el uso del lenguaje matemático exacto. En otras ocasiones implica las intuiciones, percepciones, análisis lógico e inferencias informales descritas en un lenguaje menos riguroso (Steen, 1999). Para algunos docentes, el uso del lenguaje matemático informal contradice la esencia misma de las matemáticas. Para otros, el quehacer matemático no se limita a las demostraciones formales. Steen indica que el razonamiento matemático formal es útil para resolver los problemas rutinarios planteados en los libros de texto, pero no necesariamente para resolver lo que denominamos problemas CUN, para los cuales “el razonamiento formal es sólo una entre varias herramientas” (Steen, 1999, p. 1). Por ejemplo, muchos programas de las TIC guían a los estudiantes para desarrollar inferencias basándose en la búsqueda de datos de baja calidad, lo cual incluye más información de la necesaria, información incompleta o imperfecta. Con frecuencia las soluciones a los problemas auténticos también se basan en la intuición y la heurística, y no pueden entonces ser limitadas únicamente al “razonamiento formal”. Según este método (Steen, 1999), sería inadecuado basar la enseñanza de las matemáticas solamente en el razonamiento formal, aunque es importante. El razonamiento formal es tan sólo una de las habilidades en el área de las matemáticas.

Creatividad matemática, pensamiento divergente y planteamiento de problemas

Las matemáticas implican la solución de problemas, lo cual suele asociarse de manera frecuente con las “habilidades técnicas” del campo, el “saber hacer”. Sin embargo en las sociedades innovadoras es fundamental poder pensar de una manera no convencional: crear ideas originales y establecer conexiones entre diferentes objetos, aproximaciones o dominios.

Aun cuando el tema de la creatividad matemática es un tema “crítico” (Sheffield, 2013 p. 159) en las sociedades impulsadas por la innovación —y a pesar de que ha sido destacado por la OCDE (2004, 2014) y muchas otras organizaciones—, ha sido ignorado en gran parte en el campo de la investigación de la educación matemática (Leikin y Pitta-Pantazi, 2013). Varias razones interrelacionadas pueden explicar esta negligencia. Primero, no existe una definición establecida de la creatividad en matemáticas. Segundo, no existe casi ninguna herramienta para evaluar la creatividad matemática. Por último, incluso en nuestros días se conoce poco acerca de cómo desarrollar la creatividad matemática entre alumnos de los diversos niveles educativos.

Por lo general, la creatividad se conceptualiza como una forma del pensamiento divergente que involucra la creación de varias respuestas a un problema determinado (Guilford, 1967). Esto en contraste con el pensamiento convergente que se dirige hacia una sola solución correcta a un problema. Las actividades que promueven el pensamiento divergente incluyen construir un conjunto de preguntas, hacer lluvias de ideas o diseñar juegos matemáticos. Torrance (1966, p. 6) definió la creatividad como “un proceso de volverse sensible a los problemas, las deficiencias, los vacíos en el conocimiento, los elementos que faltan, las desarmonías, y demás; identificar la dificultad; buscar las soluciones, adivinar, formular hipótesis sobre las deficiencias; probar y volver a probarlas y, finalmente, comunicar los resultados”. Las pruebas del pensamiento creativo de Torrance identificaron cuatro componentes principales de la creatividad: fluidez, flexibilidad, originalidad y elaboración. La fluidez se refiere a un número total de ideas significativas y pertinentes generadas en respuesta a un estímulo; la flexibilidad es el cambio de métodos utilizados cuando se generan las respuestas a un estímulo; la originalidad es la infrecuencia estadística de las respuestas; y la elaboración incluye la cantidad de detalles utilizada en las respuestas.

Cerca de dos décadas después, Sternberg y Davidson (1995) identificaron tres componentes en los procesos mentales asociados con la creatividad: 1) el uso de diferentes representaciones; 2) la construcción de conexiones mentales entre diferentes objetos y el planteamiento de explicaciones y justificaciones; y 3) la solución de problemas de diferentes tipos (citados en Leikin y Pitta Pantazi, 2013). Sheffield (2013) propone un modelo No lineal de cinco etapas para la creatividad: relacionar, investigar, comunicar, evaluar y crear. Según sus observaciones, quienes resuelven los problemas pueden empezar en cualquier punto (componente) y proceder en cualquier orden; con frecuencia repiten varios procesos conforme los problemas se definen de manera más clara, y exploran soluciones posibles al plantear nuevas preguntas. Pueden establecer conexiones entre los problemas en cuestión y sus conocimientos matemáticos previos; utilizar una variedad de estrategias para investigar posibles soluciones; crear una gama de soluciones, modelos y preguntas relacionadas; evaluar su trabajo a lo largo del proceso de solución y no solamente al final, y comunicarse con sus compañeros, maestros y otros adultos interesados mientras trabajen en el problema y el flujo de la solución (Sheffield, 2013, p. 326).

Según Wallas (1926), el proceso creativo implica la preparación, incubación, ilustración y verificación. Todos los modelos hacen hincapié en la importancia de relacionarse con conocimientos previos.

Aunque los estudios referidos analizaron la creatividad sin hacer referencia a ningún campo específico, esos modelos podrían aplicarse fácilmente a la educación matemática. Los matemáticos pueden enseñar a sus alumnos a resolver problemas de dos maneras diferentes; cambiar entre aritmética, álgebra, geometría, etc., y pedir a los alumnos propuestas de solu-

ciones originales. Por ejemplo, el hecho de resolver la tarea del supermercado (recuadro 1.1) con frecuencia se fundamenta en el pensamiento divergente, pues requiere que el estudiante sea flexible, fluido y original, además de poder presentar respuestas elaboradas.

En esta categoría de la creatividad matemática también se incluye el encontrar o plantear un problema, y esto refiere a un gran rango de habilidades: desde formular preguntas relacionadas con un texto matemático en particular, hasta el descubrimiento de problemas innovadores.

En las clases de matemáticas, encontrar problemas se utiliza por lo general como un medio para facilitar la solución de los mismos. Durante la enseñanza de cómo resolver cierto tipo de problema, los alumnos también practican encontrar problemas relacionados con el tipo de problema planteado. El hecho de encontrar/plantear problemas, o bien proponer numerosos problemas, representa la “fluidez”; la habilidad para moverse entre diferentes tipos de problemas se considera como la “flexibilidad”, y sugerir problemas inusuales indica la “originalidad”. Sin embargo, encontrar problemas puede ser más difícil que resolverlos. El caso clásico del último teorema de Fermat ejemplifica una situación en que la identificación del problema fue evidente, pero su solución formal tardó tres siglos y medio (el teorema fue publicado en 1637 y su demostración en 1995).

La definición misma de encontrar un problema está relacionada con la creatividad, lo cual también implica la búsqueda de soluciones alternativas, la identificación de problemas innovadores o la reconsideración de las definiciones del problema (Silver, 1997; Csikszentmihalyi, 1996).

El desarrollo de la búsqueda de problemas por parte de los alumnos ha sido experimentado en gran parte en las clases de matemáticas (para una revisión excelente, véase Silver, 1997). Es frecuente que la fluidez y la flexibilidad se fomentan al pedir a los alumnos que generen varias soluciones correctas a problemas no concluyentes y mal estructurados, o al guiar a los alumnos a proponer diferentes estrategias para resolver un problema dado. Analizar y evaluar las soluciones presentadas por sus compañeros de clase puede ayudar a los alumnos a proporcionar varias soluciones (fluidez), a buscar diferentes tipos de métodos (flexibilidad) y a sugerir nuevas soluciones (originalidad). La tarea de la pizza presentada en el recuadro 1.1 ilustra cómo la creatividad se puede fomentar en la clase de matemáticas, puesto que se requieren varias interpretaciones para concluirla: los alumnos tienen que decidir qué artículos incluir en los análisis, las cantidades de cada uno de los artículos y los precios normales o de promoción). Procesos similares también se implementan en la solución de la tarea del supermercado. Un alumno que decide incluir únicamente productos alimenticios en el análisis podría llegar a una respuesta diferente que otro alumno que incluyó una muestra de todos los artículos, o de los artículos vendidos con más frecuencia. Es evidente que estos problemas no tienen una sola respuesta correcta, y las diferentes respuestas dependen de la interpretación básica de los datos ofrecidos. Esta clase de problemas se pueden plantear en diferentes niveles educativos, según el conocimiento y las habilidades matemáticas de los alumnos.

En resumen, “el pensamiento creativo es una actividad cognitiva que dirige a encontrar soluciones a un problema nuevo. El pensamiento crítico acompaña al pensamiento creativo y se emplea para evaluar las posibles soluciones” (OCDE, 2012, p. 13). Los problemas CUN pueden ayudar a desarrollar algunas de estas dimensiones del pensamiento divergente y de la creatividad. También permiten a los estudiantes a lidiar con la incertidumbre y la toma de decisiones.

Comunicación matemática

La comunicación en matemáticas se refiere a la lectura, escritura y discusión de esta disciplina. A veces las tres habilidades se juntan bajo el concepto del discurso matemático.

La aproximación básica a la comunicación en las clases de matemáticas ha cambiado desde finales de los años 90 y principios del nuevo siglo. Hasta entonces los instructores creían que su papel principal era difundir el conocimiento, los hechos y los algoritmos, y casi siempre esperaban que sus alumnos los replicaran (Brooks y Brooks, 1993); la comunicación en las clases de matemáticas se llevaba a cabo sobre todo por parte del profesor. El maestro (o la maestra) es la persona que “habla” las matemáticas, presenta nuevos conceptos matemáticos a los estudiantes al utilizar un “lenguaje matemático”, y explica los símbolos y términos matemáticos a utilizar en la resolución de problemas. Bajo estas circunstancias, la mayoría de maestros dependía de manera importante de los libros de texto (Ben-Peretz, 1990), y los estudiantes trabajaban de manera individual para dominar los nuevos procedimientos y algoritmos. Puesto que los libros de texto incluían en su mayor parte problemas rutinarios (Yan y Lianghuo, 2006), y ya que los estudiantes trabajan de manera individual en estos problemas, existía poco lugar para promover que los alumnos discutieran, explicaran o se involucraran en cualquier tipo de discurso matemático.

Además, algunos instructores se oponen a la idea de involucrar a los alumnos en la comunicación matemática porque: 1) la mayoría de los alumnos que tienen dificultad con las matemáticas también tienen dificultad con la lectura y escritura, y por ello los maestros tienen la preocupación de que enfatizar en la comunicación impondría más dificultades a los alumnos; 2) el currículo matemático resulta pesado e intenso y no deja tiempo para enfatizar otras habilidades que no sean las matemáticas “puras”; 3) la lectura y escritura son parte de las humanidades y no de las ciencias, como las matemáticas; 4) dar a los alumnos la oportunidad de “hablar” sobre matemáticas podría resultar en que utilicen los términos de manera imprecisa, cuando un lenguaje matemático debe ser exacto.

El cambio en el contenido, procesos y contexto de la educación matemática para el siglo XXI ha llevado de manera natural (o debería llevar) a una diferencia en el acercamiento básico a la comunicación matemática en las clases. Cuando los alumnos se enfrentan con problemas CUN en vez de algoritmos de procedimiento, es inevitable que compartan ideas, discutan soluciones y expliquen su propio pensamiento. Al comunicar de manera escrita u oral, los alumnos tienen que ser claros, convincentes y precisos. Light y Mevarech (1992) indican que el razonamiento mutuo es un medio efectivo para lograr el cambio cognitivo, porque dar explicaciones y escuchar las ideas de los demás proporciona a los alumnos una oportunidad para observar la solución de diferentes maneras y reflexionar no solamente sobre su propia solución, sino también sobre la de los demás. En una serie de estudios, Webb (1989) demostró que si bien durante el razonamiento mutuo todos los participantes se benefician del discurso, quien presenta las explicaciones se beneficia aún más que quienes las escuchan. Las explicaciones elaboradas basadas en aclaraciones detalladas y múltiples fuentes de información o representaciones tenían el efecto más importante en el logro matemático. Además, King (1998) indica que el nivel de las preguntas realizadas durante las interacciones entre compañeros influye en el nivel cognitivo del que responde, de manera que las preguntas que incitan a la reflexión generan un pensamiento reflexivo y otros tipos de respuestas cognitivas de alto nivel.

La comunicación matemática también puede ayudar a descubrir errores e ideas equivocadas que de otra manera se quedarían implícitos. A veces los estudiantes cometen dos

errores que entre sí se neutralizan y de este modo llegan a la respuesta correcta, y solamente a través de la comunicación matemática pueden manifestarse esos errores. En otros casos, los estudiantes pueden desarrollar sus propias reglas matemáticas, lo cual con frecuencia les lleva a ideas matemáticas equivocadas —por ejemplo, “la multiplicación siempre aumenta el número de las cosas”. Estas ideas equivocadas persisten a pesar de la evidencia posterior e instrucciones de lo contrario (Steen, 1999). La comunicación, sea oral o escrita, puede ayudar a los instructores y a otros participantes a detectar tales errores y hacer que las matemáticas sean más amables para los usuarios (Maher y Martino, 1997).

La importancia de la comunicación en la educación matemática no se limita únicamente a los estudiantes de mayor edad. El Consejo Nacional de Docentes de Matemáticas de los Estados Unidos (NCTM) aclara que la comunicación matemática debe empezar a una edad temprana, desde el nivel del kínder hasta los finales de la preparatoria y la universidad. Según los estándares de comunicación del NCTM, los estudiantes deben poder:

- organizar y consolidar su pensamiento matemático a través de la comunicación
- comunicar su pensamiento matemático de manera coherente y clara a sus compañeros, maestros y otros
- analizar y evaluar el pensamiento y las estrategias matemáticas de otros
- utilizar el lenguaje de las matemáticas para expresar ideas matemáticas de una manera precisa

Por ejemplo, Prytula (2012) afirma que cuando los estudiantes trabajan en pequeños grupos, todas las ideas deben de tener una razón, ser explicadas y analizadas; todos deben tener una oportunidad de hablar, justificar o comprobar sus concepciones. Prytula concluye que el desarrollo pre-profesional y profesional necesita mover su enfoque de la dominación de las capacidades hacia la metacognición.

El NCTM no es la única institución que enfatiza la importancia de la comunicación en las clases de matemáticas. Por ejemplo, en el marco del PISA se plantea de manera reiterada la importancia de que los estudiantes justifiquen su razonamiento matemático (OCDE, 2004, 2013, 2014). Según la OCDE, las habilidades de comunicación se requieren a todos los niveles, hasta el nivel más avanzado, en el que “los estudiantes pueden formular y comunicar precisamente sus acciones y reflexiones en torno a sus hallazgos, interpretaciones, argumentos y la pertinencia de éstos a las situaciones originales” (OCDE, 2004, p. 55).

Por la importancia de la comunicación para la solución de problemas CUN, es probable que la comunicación también mejore algunos aspectos de las habilidades sociales, que tienen mucha importancia en la vida real. Según la OCDE (2004), las capacidades sociales incluyen, entre otras, la habilidad de 1) crear, mantener y manejar relaciones personales con los demás; 2) cooperar en el trabajo en equipo, compartir responsabilidades, apoyar a otros y el liderazgo; 3) manejar y resolver problemas o conflictos que surgen en el grupo debido a necesidades, intereses, objetivos o valores divergentes. La comunicación es un componente importante de las habilidades sociales porque interactuar con los demás requiere la capacidad para presentar ideas de manera coherente y escuchar a los demás, de dar y recibir retroalimentación constructiva, de entender las dinámicas de los debates y de poder negociar y a veces darse por vencido. Resolver conflictos requiere la consideración de los intereses y necesidades, tanto de uno mismo como de los demás, y la generación de soluciones en que ambos partidos ganen. Por tanto, un mejor razonamiento y una mejor comunicación

matemática podría derivar en la promoción de capacidades sociales, un resultado importante por sí mismo.

Conclusión

Las tareas complejas, desconocidas y no rutinarias (CUN) deben componer el núcleo de la educación matemática adecuada para las sociedades innovadoras, y los estudiantes deben de estar involucrados en resolver dichas tareas, además de problemas matemáticos rutinarios. El razonamiento, la creatividad y la comunicación matemática son componentes esenciales para resolver problemas CUN. Desarrollar estas habilidades no debe limitarse a los estudiantes dotados o a niveles escolares avanzados. Al contrario, pueden ser aplicados a todas las edades y deben ser el pilar de cualquier ambiente efectivo de aprendizaje. Cómo diseñar tales ambientes es el tema del siguiente capítulo.

Referencias

- Ash, D. (2004). Reflective scientific sense-making dialogue in two languages: The science in the dialogue and the dialogue in the science. *Science Education*, 88(6), 855-884.
- Ben-Peretz, M. (1990). *The Teacher-Curriculum Encounter: Freeing Teachers from the Tyranny of Text*. Albany, NY: The State University of New York Press.
- Brooks, J. G., y Brooks, M. G. (1993). *In Search of Understanding: The Case for Constructivist Classrooms*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. Nueva York, NY: Harper Perennial.
- Guilford, J. R. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. Nueva York, NY: McGraw Hill.
- Iluz, S., Michalsky, T., y Kramarski, B. (2012). Developing and Assessing the Life: Challenges Teacher Inventory for Teachers' Professional Growth. *Studies in Educational Evaluation*, 38(2), 44-54.
- King, A. (1998). Transactive Peer Tutoring: Distributing cognition and metacognition. *Educational Psychology Review*, 10(1), 57-74.
- Leikin, R., y Pitta-Pantazi, D. (2013). Creativity and Mathematics Education: The State of the Art. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 45(2), 159-166.
- Light, P. H., y Mevarech, Z. R. (1992). Cooperative learning with computers: An Introduction. *Learning and Instruction*, 2(3), 155-159.
- Maher, C. A., y Martino, A. M. (1997). Conditions for Conceptual Change: From Pattern Recognition to Theory Posing. En H. Mansfield y N. H. Pateman (Eds.), *Young Children and Mathematics: Concepts and their Representation* (pp. 58-81). Sydney: Australian Association of Mathematics Teachers.
- NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- NCTM (1991). *Professional Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- New Jersey Mathematics Coalition / New Jersey Department of Education (1996). *New Jersey Mathematics Curriculum Framework: The First Four Standards, standard 4-reasoning, K-12 overview*. Trenton, NJ: State of New Jersey, Department of Education.
- OCDE (2014). *PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems* (volumen V). París: PISA / OCDE. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en>.
- OCDE (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. París: OCDE. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en>.
- OCDE (2004). *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. París, FR: PISA/OECD (Education and Skills). Disponible en <http://dx.doi.org/10.1787/9789264101739-en>.

- Prytula, M. P. (2012). Teachers' Metacognition within the Professional Learning Community. *International Education Studies*, 5(4). doi: <http://dx.doi.org/10.5539/ies.v5n4p112>.
- Resnick, L. B. (1987). *Education and Learning to Think*. Washington, DC: National Academy Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics (pp. 334-370). En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching*. Nueva York, NY: MacMillan Publishing.
- Sheffield, L. J. (2013). Creativity and school mathematics: Some modest observations. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 45(2), 325-332.
- Silver, E. A. (1997). Fostering Creativity through Instruction Rich in Mathematical Problem Solving and Problem Posing, *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 29(3), 75-80.
- Steen, G. J. (1999). Genres of discourse and the definition of literature. *Discourse Processes*, 28(2), 109-120.
- Sternberg, R. J., y Davidson, J. E. (Eds.) (1995). *The Nature of Insight*. Boston, MA: The MIT Press.
- Torrance, E. P. (1966). *The Torrance Tests of Creative Thinking Norms-Technical Manual Research Edition: Verbal Tests, Forms A and B; Figural Tests, Forms A and B*. Princeton, NJ: Princeton Personnel Press.
- Wallas, G. (1926). *The Art of Thought*. Nueva York, NY: Harcourt Brace.
- Yan, Z., y Lianghuo, F. (2006). Focus on the Representation of Problem Types in Intended Curriculum: A Comparison of Selected Mathematics Textbooks from Mainland China and the United States. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(4), 609-629.
- Webb, N. M. (1989). Peer Interaction and Learning in Small Groups. *International Journal of Educational Research*, 13(1), 21-39.

CAPÍTULO 2

¿Qué es la metacognición?

El término metacognición fue concebido para indicar el proceso de “pensar en pensar”. Si bien el concepto ha sido elaborado y refinado, la definición principal se ha mantenido intacta. Hoy en día se considera que la metacognición cuenta con dos componentes principales: “el conocimiento de la cognición” —el conocimiento declarativo, de procedimiento y condicional—, y la más importante “regulación de la cognición”, en tanto implica planeación, monitoreo, control y reflexión. Parece que las habilidades metacognitivas básicas empiezan a desarrollarse en niños desde una etapa temprana de su aprendizaje, pero se vuelven más sofisticadas con la edad y el desarrollo intelectual. Aun cuando no es claro hasta qué punto puede transferirse la capacidad metacognitiva de un campo de conocimiento a otro, existe una relación sólida entre la metacognición y los resultados escolares —lo cual conlleva implicaciones para docentes, investigadores y autoridades educativas.

Reconocer que los tipos de problemas matemáticos adecuados para sociedades impulsadas por la innovación, e identificar las capacidades y procesos cognitivos apropiados para resolverlos, representa sólo un componente del escenario. Ejecutar tareas complejas requiere disponer de un “programa” de más alto nivel que actúe como un motor cognitivo para iniciar el proceso, regular el funcionamiento cognitivo, y evaluar el producto y el curso de acción en su totalidad. Este motor cognitivo recibe información del nivel del objeto, lo procesa, depura errores —en caso de que se hayan identificado—, evalúa la ejecución y canaliza información al nivel del objeto para realizar más análisis (Nelson y Narens, 1990). Flavell (1979) denominó a estos procesos “metacognición” para destacar sus *meta*-propiedades, el uso del prefijo *meta* significa *acerca de*, *más allá de* o *por encima* de su propia categoría. Por tanto, la metacognición quiere decir “pensar en pensar” (Flavell, 1979) o “la cognición de la cognición” (Wellman, 1985, p. 1).

Por consiguiente, la metacognición es una forma de la cognición, un segundo proceso de pensamiento, o de más alto nivel, que implica el control activo sobre los procesos cognitivos. Permite a los estudiantes planear y asignar recursos de aprendizaje, monitorear su conocimiento actual y sus capacidades; evaluar su nivel de aprendizaje en varios puntos durante la solución de problemas y la adquisición de conocimiento o alcanzar objetivos personales.

Flavell (1976, p. 232) ofrece algunos ejemplos útiles que explican el concepto: “Estoy activando la metacognición si me doy cuenta que tengo más dificultad para aprender A que B; si me parece que debería de revisar C antes de aceptarlo como una verdad; (...) si me hago consciente de que no estoy seguro de lo que el experimentador quiere realmente que yo haga; si pienso en preguntar a alguien acerca de E para ver si tengo razón”.

¿Cuál es la diferencia entre la cognición y la metacognición?

Desde el primer uso del concepto de metacognición los investigadores han señalado que si bien existe una coincidencia considerable entre la cognición y la metacognición, los conceptos son diferentes (Flavell, 1979; Brown, 1987, p. 66). Por ejemplo, recordar el NIP de tu tarjeta de crédito es cognitivo, pero estar consciente de la estrategia que te ayudaría a recordarlo se considera metacognitivo. Resolver una ecuación es una función cognitiva, mientras reflexionar sobre la respuesta y darte cuenta de que la solución obtenida corresponde o no corresponde con la información dada en el problema es parte del proceso metacognitivo.

Estos ejemplos pueden parecer claros, pero la diferencia es a veces más elusiva. Debido a la intercambiabilidad de las funciones cognitivas o metacognitivas, cierta actividad puede ser vista ya sea como cognitiva o metacognitiva. Flavell supone que la metacognición y la cognición se distinguen en su contenido y sus funciones, pero se parecen en su forma y su calidad; es decir ambas, pueden ser adquiridas, olvidadas, correctas o incorrectas, subjetivas, compartidas o validadas. No obstante, mientras el contenido de la cognición es el problema en sí, cuya función es ejecutar la solución, los contenidos de la metacognición son los pensamientos y su función consiste en regularlos (Hacker, 1998; Vos, 2001).

Las relaciones entre cognición y metacognición han sido estudiadas por Veenman y sus colegas (Veenman *et al.*, 1997; Veenman y Beishuizen, 2004; Veenman y Spaans, 2005; Veenman, 2013). En una serie de estudios con estudiantes de diversas edades, Veenman reportó correlaciones de medianas a altas entre la cognición y la metacognición. También en el área de las matemáticas, Van der Stel, Veenman, Deelen y Haenen (2010) mostraron que entre alumnos de último nivel de primaria y primer nivel de secundaria la metacognición y la capacidad intelectual están correlacionadas en cierta medida. Además, estos investigadores reportaron que en ambos grupos de edad la metacognición tiene su propia contribución al desempeño matemático, en conjunto con la capacidad intelectual.

Modelos de metacognición

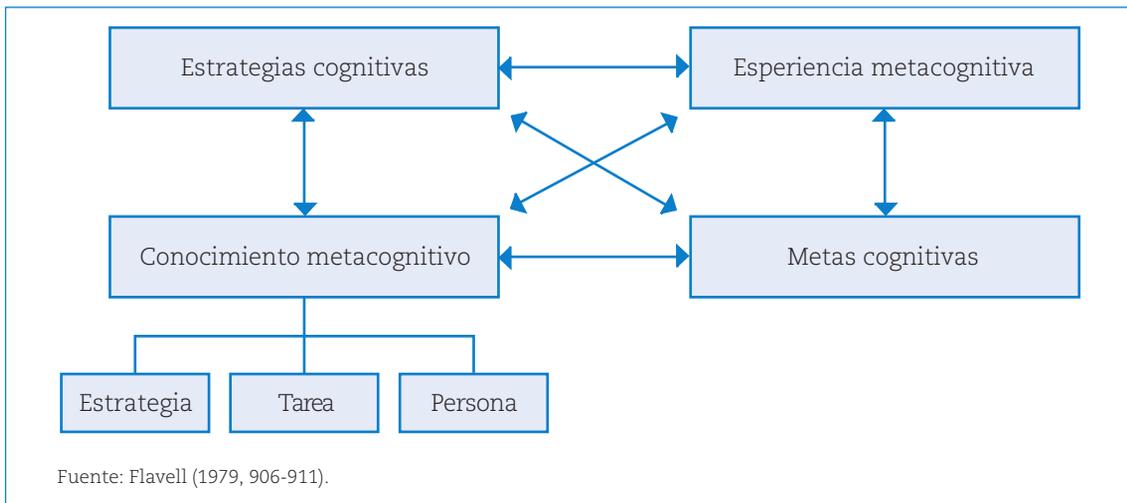
La investigación en el área de la metacognición ha prosperado en décadas recientes (Stillman y Mevarech, 2010), en tanto incluye el desarrollo de modelos teóricos (Flavell, 1979; Brown, 1987; Nelson y Narens, 1990; Schraw *et al.*, 2006; Veenman, 2013), estudios empíricos y cuasi-experimentales y programas de intervención.

Definir la metacognición llevó a los investigadores a construir modelos para aclarar los componentes específicos de la metacognición y las relaciones que existen entre ellos. A continuación se presenta una breve revisión de los principales modelos de metacognición.

Modelo de monitoreo cognitivo de Flavell

En su artículo clásico, “Metacognición y el monitoreo cognitivo”, Flavell (1979) hace el primer intento para definir los componentes de la metacognición al proponer un modelo formal del monitoreo/regulación cognitivo. Su propuesta incluye cuatro componentes: 1) conocimiento metacognitivo, 2) experiencias metacognitivas, 3) metas o tareas y 4) acciones o estrategias (figura 2.1).

Figura 2.1. El modelo del monitoreo cognitivo de Flavell



Flavell define *conocimiento metacognitivo* como el conocimiento o las creencias propias en torno a los factores relacionados con las actividades cognitivas. La distinción entre el conocimiento cognitivo y metacognitivo no es muy clara: por lo general reside ya sea en el uso del conocimiento o en su objeto, y no en el tipo del conocimiento en sí. Se percibe que el conocimiento metacognitivo dirige al individuo para que participe o abandone la tarea, y por ello se le percibe de modo posterior a las actividades cognitivas. Por ejemplo, evaluar que una tarea es difícil y que las habilidades personales pertinentes son inadecuadas podría resultar en que se abandona la tarea o, en cambio, en invertir más esfuerzo para ejecutarla. Debido a esto, Flavell (1979) supone que el conocimiento metacognitivo es la principal categoría que regula el desempeño cognitivo.

Flavell (1979) identifica tres categorías del conocimiento metacognitivo: *persona*, *tarea* y *estrategia*. La categoría de *persona* incluye todo el conocimiento y las creencias que una persona tiene de sí misma y de los otros como procesadores cognitivos. En el mismo tenor, la categoría de *tarea* se refiere al conocimiento y las creencias de cada uno acerca de la naturaleza de la tarea en cuestión y sus exigencias: ¿es difícil o fácil? ¿Incluye toda la información necesaria para resolverlo? ¿La cuestión o las exigencias se expresan claramente? Por último, la categoría de *estrategia* incluye la identificación de las metas de la tarea y el conocimiento acerca de qué procesos cognitivos serán más efectivos para resolver la tarea. Según Flavell, aun cuando estas tres categorías sean independientes, operan juntas cuando se intenta llegar a una solución. El siguiente caso ilustra cómo el conocimiento metacognitivo regula el desempeño cognitivo:

A Ruth se le pidió que se acordara de un número de teléfono. Sabía que es importante acordarse de las siete cifras en el orden correcto (categoría de *tarea*), pero cree que sus habilidades de memoria son bajas (categoría de *persona*), y entonces tiene que buscar estrategias que le ayudarían a recordarse del número (categoría de *estrategia*). El acto de recordar el número representa el proceso cognitivo (Flavell, 1979).

Este ejemplo demuestra claramente que cuando una persona está consciente de las exigencias de la tarea y de sus habilidades personales, incluso una tarea de aprendizaje por

memorización, como la que se acaba de describir, depende de la activación de los procesos metacognitivos. Mientras el aprendizaje por memorización con frecuencia se lleva a cabo de manera automática o inconsciente, sin pasar por el camino metacognitivo, no es el caso cuando se realizan tareas complejas, como los problemas CUN. La definición misma de las tareas complejas quiere decir que la solución no se puede obtener mediante la aplicación automática de algoritmos prefabricados. En tareas complejas, el estudiante debe aproximar el nivel de dificultad de la tarea con respecto a sus habilidades y decidir qué hacer en consecuencia. Por tanto, al resolver tareas complejas, la activación de los procesos metacognitivos es inevitable.

La *experiencia metacognitiva*, la segunda categoría importante, se refiere a los procesos conscientes o inconscientes que acompañan cualquier logro o fracaso en aprender o realizar un empeño cognitivo; por ejemplo una sensación de confusión después de leer un texto, o una sensación de éxito después de resolver tareas matemáticas complicadas. Tales experiencias ocurren en cualquier etapa de la ejecución de la tarea y, por lo tanto, pueden influir en el desempeño actual o futuro. Las experiencias metacognitivas pueden llevar al individuo a invertir más tiempo y energía mental en la tarea, o bien a sentirse frustrado y abandonar la tarea. Flavell (1979) y Efkelides (2011) llegan a la conclusión de que tales experiencias ocurren con más frecuencia en situaciones que exigen un pensamiento mucho muy cuidadoso, consciente y reflexivo (más información sobre experiencias metacognitivas en el capítulo 6).

Las *metas cognitivas*, la tercera categoría importante, se refiere a los objetivos reales de un empeño cognitivo, tal como leer y entender un texto para un examen inminente, o poder resolver un problema narrativo de múltiples pasos. Las metas cognitivas desencadenan el uso del conocimiento metacognitivo que, a su vez, activa los otros componentes metacognitivos.

Por último, las *estrategias* o *acciones* se refieren al uso de técnicas específicas que pueden ayudar a lograr estas metas, como acordarse de que presentar la información en una tabla había ayudado de manera previa a incrementar la comprensión.

Las cuatro categorías principales en el modelo de Flavell se influyen una a la otra de manera directa o indirecta y, por lo tanto, monitorean y controlan las funciones cognitivas. No obstante, se sabe que el conocimiento de la cognición no garantiza su regulación. El mero hecho de que uno sepa cómo funciona el cerebro, o bien cómo monitorear procesos cognitivos, no conduce necesariamente a su monitoreo y control. Por lo tanto, una década después de que Flavell presentara su modelo metacognitivo, Brown (1987) propuso un nuevo modelo para distinguir entre el conocimiento de la cognición y su regulación.

El modelo de conocimiento y regulación metacognitiva de Brown

Brown (1987) divide la metacognición en dos categorías generales: 1) el conocimiento de la cognición, y 2) su regulación. La primera categoría se define como el conjunto de actividades que implican la reflexión consciente sobre las capacidades y actividades cognitivas propias. La regulación de la cognición se refiere a los mecanismos autorreguladores utilizados durante un intento continuo de aprender o resolver problemas. Según Brown, aunque estas dos formas de metacognición están relacionadas de manera estrecha, alimentándose recursivamente, también se diferencian con facilidad.

El *conocimiento de la cognición* implica la información que las personas tienen acerca de sus propios procesos cognitivos. Se basa en la suposición de que los estudiantes pueden distanciarse y considerar sus procesos cognitivos como objetos de pensamiento y reflexión. Los estu-

diantes saben, por ejemplo, que tienen que volver a leer un texto para poder recordarlo, o que subrayar las ideas importantes durante la lectura es una estrategia efectiva, o que dibujar una gráfica ayuda en identificar tendencias.

La *regulación de la cognición* consiste en las actividades utilizadas para regular y supervisar el aprendizaje. Estos procesos incluyen tareas de *planeación* antes de emprender el aprendizaje —por ejemplo, predecir resultados y programar estrategias—; *monitorear* las actividades durante el proceso de aprendizaje —monitorear, poner a prueba, revisar y reprogramar las estrategias para aprender—, y verificar soluciones al *evaluar* los resultados de cualquier acción estratégica contra criterios de eficacia y efectividad. Este modelo enfatiza los procesos ejecutivos, en tanto destaca la importancia del control que las personas aportan o no logran aportar a su empeño cognitivo.

El modelo metacognitivo de Schraw

A mediados de la década de 1990 Schraw y Dennison (1994) propusieron un modelo que profundiza en el concepto metacognitivo de Brown. Utiliza los mismos dos componentes básicos: el conocimiento de la cognición y su regulación, si bien los desglosa en varias subcategorías. El *conocimiento de la cognición* incluye tres componentes: 1) *conocimiento declarativo*: conocimiento acerca de nosotros mismos como estudiantes y qué factores influyen en nuestro desempeño; 2) *conocimiento de procedimiento*: conocimiento acerca de las estrategias y otros procedimientos pertinentes para resolver un problema o aumentar el aprendizaje; 3) *conocimiento condicional*: conocimiento acerca de por qué y cuándo utilizar cierta estrategia. La regulación cognitiva comprende los mismos tres conceptos básicos propuestos por Brown: planeación, monitoreo y evaluación.

Para validar el modelo, Schraw y Dennison (1994) aplicaron un cuestionario de 56 preguntas a estudiantes universitarios. El análisis factorial reveló dos componentes adicionales: *manejo de información* y *depuración de errores*. Entonces, en el modelo de Schraw y Dennison la planeación implica establecer una meta, asignar los recursos, elegir las estrategias adecuadas y presupuestar el tiempo. El *monitoreo* incluye las habilidades de autoevaluación necesarias para controlar el aprendizaje y depurar los errores cuando se diagnostican. El *manejo de información* incluye la capacidad para organizar, clasificar y recuperar información. La *evaluación* se refiere a la valoración de productos, la revisión de procesos de aprendizaje y la reevaluación de las metas. Por lo general la planeación se lleva a cabo antes del aprendizaje, mientras el monitoreo, el control, la depuración y el manejo de información se activan durante el aprendizaje y la evaluación tiene lugar inmediatamente después.

Esta distinción entre el conocimiento y su regulación ha llevado a cambios importantes en la forma en que ahora percibimos la metacognición. Hasta fechas recientes, la mayoría de estudios metacognitivos suponían que la metacognición debía ser consciente y verbal. Por consiguiente, los investigadores suponían que el conocimiento y el auto-monitoreo debían ser expresados para que pudiesen considerarse metacognición. Sin embargo, en estudios posteriores se han empezado a preguntar si la regulación debe ser forzosamente consciente. Si una niña no puede describir sus pensamientos, ¿significa que no tuvo un monitoreo o control de sus procesos de solución? Los padres de familia, instructores de kínder y estudios rigurosos basados en observaciones (Whitebread, 1999) han sugerido que incluso los niños pequeños que no pueden expresar su pensamiento planifican, monitorean, controlan y evalúan sus actividades cuando la tarea corresponde con las habilidades e intereses del niño. Sangster-

Jokic y Whitebread sugirieron que “algunos procesos implicados en el control metacognitivo pueden no siempre estar disponibles a la conciencia o almacenados como conocimiento expresado”. Este argumento ha provocado un cambio en las suposiciones y una conceptualización más incluyente de la metacognición, pues argumenta que tanto las formas de aprendizaje conscientes como las implícitas en torno a los procesos metacognitivos deben ser reconocidas para lograr un entendimiento más completo de la metacognición y de la manera en que se desarrolla en los niños” (Sangster-Jokic y Whitebread, 2011, p. 82).

Aunque la importancia de la metacognición se reconoce ampliamente (Veenman *et al.*, 2006), ha surgido confusión y ambigüedad debido a diferentes formas de entender la metacognición y al uso de un solo término para describir diferentes fenómenos (por ejemplo, Flavell comparado con Brown), y a la distinción poco clara entre cognición y metacognición. Este último concepto se ha convertido en un escudo muy amplio que permite cubrir muy diferentes procesos y habilidades de pensamiento.

Metacognición general y metacognición específica de un dominio

Un asunto de especial importancia para los docentes e investigadores es la cuestión de si la metacognición es general, o específica de una tarea o dominio. Los docentes se preguntan con frecuencia si los alumnos que saben cómo monitorear y controlar la solución de problemas de matemáticas también podrían regular su comprensión de lectura. En este mismo tenor, los investigadores se preguntan sobre qué tanto de la habilidad para regular en cierto dominio se puede transferir a otro. Se trata de un tema con implicaciones prácticas, porque si la metacognición es de carácter general, podría enseñarse en una situación de aprendizaje y los estudiantes podrían aprender a transferirla a otras situaciones, mientras una metacognición específica a un dominio tendría que enseñarse de manera distinta para cada tarea o dominio.

Sin embargo, los descubrimientos en torno a esta cuestión son inconsistentes: mientras en algunos estudios se indica que las habilidades de monitoreo son generales por naturaleza (Schraw y Nietfield, 1998), en otros se presenta evidencia a favor de la idea de habilidades específicas a un dominio (Kelemen, Frost y Weaver, 2000), y no falta quien reporte la existencia de profundas relaciones entre el conocimiento metacognitivo generalizado y el específico a un dominio (Neuenhaus, Artelt, Lingel y Schneider, 2010). Es posible, como ha sugerido Brown (1987), que el conocimiento acerca de la cognición sea más generalizado, resulte relativamente consistente para los diferentes individuos y se desarrolle a una edad más tardía; en cambio, la regulación de la cognición depende más del contexto, cambia de una situación a otra, es afectada por variables como la motivación y el concepto de uno mismo, y por lo general resulta menos accesible a los procesos de pensamiento. De cualquier manera, estudios recientes han mostrado que en ambientes de aprendizaje efectivos son capaces de transferir su capacidad metacognitiva de un contexto a otro (Mevarech y Amrany, 2008), o de un dominio a otro (Mevarech, Michalsky y Sasson).

¿Cómo se desarrolla la metacognición con la edad?

Los investigadores no logran ponerse de acuerdo en cuanto a la edad más temprana en que puede activarse la metacognición. Mientras en los primeros estudios sobre el tema se argu-

menta que los estudiantes pueden realizar actividades metacognitivas únicamente en la parte final de la escuela primaria, en otros se propone que el conocimiento y las capacidades metacognitivas ya se han desarrollado desde la etapa preescolar o en los primeros años de la educación primaria (una excelente revisión del tema se encuentra en Veenman *et al.*, 2006). Pueden existir varias razones para estos resultados contradictorios.

Primero, la capacidad metacognitiva no es una facultad que los individuos podrían tener o no, pues se extiende a lo largo de un continuo. Es muy posible que un niño de kínder adquiera la metacognición a un nivel muy elemental, pero se torna más sofisticada y orientada hacia la academia a lo largo de la vida. Mevarech (1995) reportó cómo los niños de kínder, de 4 a 5 años de edad, son capaces de activar el conocimiento metacognitivo mientras resolvían problemas de matemáticas. Whitebread (1999) utilizó observaciones naturales para describir la metacognición entre educandos de 3 a 5 años de edad, mientras Shamir, Mevarech y Gida (2009) reportaron la manera en que los niños de kínder describieron a sus compañeros diferentes estrategias para lograr acordarse de las tareas asignadas. Por otro lado, Veenman *et al.* (2006) mostraron que la metacognición surge entre los ocho y diez años de edad, si bien se expande durante los años posteriores (Berk, 2003; Veenman y Spaans, 2005; Veenman *et al.*, 2006). En una serie de estudios los investigadores presentan evidencia de que el conocimiento metacognitivo se desarrolla conforme a una línea de crecimiento constante a lo largo de los años escolares, en paralelo al desarrollo de las habilidades intelectuales de los estudiantes. Schraw *et al.* (2006) señalan que los adultos disponen de conocimiento metacognitivo y pueden planificar de una manera adecuada al contexto.

Segundo, la metacognición incluye múltiples componentes, por lo que evaluar uno de ellos podría no reflejar las habilidades que corresponden a otro componente (Berk, 2003; Veenman y Spaans, 2005; Veenman *et al.*, 2006). Por ejemplo, Brown (1987) argumenta que el conocimiento de la cognición se desarrolla de manera posterior a la regulación cognitiva. Parece que ciertas capacidades metacognitivas, como el monitoreo y la evaluación, maduran más tarde que otras, como la planeación, probablemente porque los niños están menos expuestos a tales procesos en la escuela (Focant, Gregoire y Desoete, 2006). Roebers *et al.* (2009) realizaron un estudio en el que niños de 9 años mostraron habilidades de monitoreo bien desarrolladas, pero eran menos capaces de controlar sus procesos de solución de problemas que los estudiantes de 11 y 12 años de edad. Esta conclusión fue respaldada por estudios recientes donde se evidencia que durante el proceso de solución de problemas matemáticos los niños de 8 años de edad mostraron un mayor nivel de planeación y evaluación que de auto-monitoreo (Kramarski, Weisse y Koloshi-Minsker, 2010).

Finalmente, ampliar la definición de metacognición para incluir actividades no verbales e inconscientes permite a los investigadores documentar la metacognición en niños muy pequeños —por ejemplo de tres a cinco años de edad— cuando las tareas corresponden a las habilidades e intereses del niño (Whitebread y Coltman, 2010). Mientras la conciencia metacognitiva se presenta en niños de cuatro a seis años de edad como la sensación de que algo está mal (Blöte, Van Otterloo, Stevenson y Veenman, 2004; Demetriou y Efklides, 1990), se ha mostrado reiteradamente que los niños de nivel preescolar sobreestiman su propio desempeño en un gran rango de contextos (Schneider, 1998). En dos experimentos realizados con niños de entre cuatro y seis años, Schneider (1998) puso en evidencia que esta sobreestimación entre los niños se debe más a sus ilusiones que a una metacognición inadecuada.

En resumen, mientras los primeros estudios sobre metacognición suponían que los niños no podían aplicar procesos metacognitivos a la solución de problemas, los más recientes

muestran que 1) la metacognición aparece desde una edad muy temprana, alrededor de los 3 años, y 2) se desarrolla en función de la edad del niño. Cuando una tarea corresponde con sus intereses y habilidades, incluso los niños en edad preescolar pueden planear, monitorear sus actividades y reflexionar sobre los procesos y los resultados. Sin embargo, muchas preguntas siguen sin respuesta, entre ellas ¿cómo se puede evaluar la metacognición en niños que aún no pueden expresar su pensamiento? ¿Qué tareas son adecuadas para los grupos más jóvenes? ¿Qué condiciones promueven que los niños pequeños activen sus procesos metacognitivos?

¿Cómo afecta la metacognición al aprendizaje y los logros?

Los estudios destacan la relación entre metacognición y éxito académico. En la última década se ha reconocido abiertamente que la metacognición tiene un papel fundamental en el desempeño escolar y más allá (Boekaerts y Cascallar, 2006; Sangers-Jokic y Whitebread, 2011). Niños y jóvenes con mayor nivel de habilidades metacognitivas tienden a lograr un mejor desempeño académico que los estudiantes con menor nivel de metacognición (Duncan *et al.*, 2007; McClelland *et al.*, 2000). Veenman *et al.* (2006) mostraron que la metacognición es un pronóstico del éxito en varias áreas académicas y en diferentes niveles escolares, aun cuando la capacidad intelectual está controlada. Al revisar los factores que influyen en el aprendizaje Veenman *et al.* (2006) citaron un estudio de Wang, Haertel y Walberg (1990, p. 3) en el cual se “demostró que la metacognición es un indicador poderoso del aprendizaje”.

Se reportaron resultados parecidos en el área de las matemáticas. Stillman y Mevarech (2010a, 2010b) y Desoete y Veenman (2006) describieron numerosos estudios enfocados en la metacognición y el aprendizaje matemático. En particular, la metacognición está relacionada con la solución de problemas complejos, desconocidos y no rutinarios (CUN) más que a la solución de problemas rutinarios y familiares, probablemente porque esta última se puede ejecutar de manera automática al aplicar algoritmos prefabricados, mientras la solución de problemas CUN implica activar diversos componentes de la metacognición (Mevarech *et al.*, 2010). Tales resultados aplican no sólo para las tareas CUN de matemáticas, sino también a tareas de otros campos de conocimiento. Por ejemplo, cuando se lee una frase “sencilla” es posible comprenderla sin aplicar estrategias metacognitivas de manera consciente, mientras al leer un texto difícil la aplicación de estrategias metacognitivas es fundamental (Carlisle y Rice, 2002).

La investigación intensiva también ha mostrado que los estudiantes con menos éxito, y con discapacidad para el aprendizaje, tienen deficiencias para monitorear y controlar su proceso de aprendizaje (Desoete, 2007). Son estudiantes que suelen tener dificultades para evaluar su aprendizaje y utilizar el conocimiento metacognitivo para resolver los problemas (Efklides *et al.*, 1999). Tener experiencias metacognitivas desacertadas puede llevar a estudiantes con bajo nivel de éxito a abandonar las tareas sin siquiera intentar resolverlas (Paris y Newman, 1990).

En el interesante estudio realizado por Sangster-Jokic y Whitebread (2011, p. 93) se logró poner en evidencia cómo la metacognición puede ayudar en el monitoreo y control del desempeño de la motricidad en niños con dispraxia. Al revisar la literatura sobre el tema, los autores concluyen que la examinación de la autorregulación y la habilidad metacognitiva es un área prometedora para un mejor entendimiento de las dificultades de los niños con dispraxia.

Conclusión

El concepto de metacognición ha provocado un cambio en nuestra manera de entender el aprendizaje, sobre todo al desplazar el enfoque de los procesos cognitivos a los metacognitivos y propiciar la aplicación de algoritmos para “pensar en pensar”, además de enfatizar la importancia de los sistemas de planeación, monitoreo, control y reflexión que regulan las actividades cognitivas individuales. El hecho de implantar el “motor metacognitivo” es fundamental para ejecutar tareas de aprendizaje, lo cual incluye las tareas en el área de matemáticas.

Los principios derivados de los estudios metacognitivos tienen implicaciones significativas para la educación y, entre ellas, se destacan las siguientes:

- Si bien los procesos cognitivos y metacognitivos son entidades diferentes, están vinculadas de manera muy estrecha. Los estudiantes que aplican procesos metacognitivos tienden a alcanzar un mejor desempeño académico, y viceversa. Los estudiantes con mayor éxito normalmente aplican los procesos metacognitivos en el aprendizaje y la solución de problemas.
- Según Flavell, la metacognición se refiere a la tarea, la persona y las estrategias. Al enseñar cómo resolver problemas, los maestros y los alumnos deben abordar estos tres elementos y las relaciones existentes entre ellos.
- La regulación de la cognición incluye: la planeación, el monitoreo, el control, la reflexión, la depuración de errores, o evaluación, y el procesamiento de información. Los maestros deberían pensar en incorporar estas habilidades a su enseñanza de manera constante.
- La importancia de regular la cognición significa que los estudiantes tienen que desarrollar una implementación dinámica de las capacidades metacognitivas, en vez de tener sólo un conocimiento teórico de ellas.
- Dada la importancia de la metacognición específica a un dominio, los ambientes de aprendizaje tienen que proporcionar al estudiante las herramientas metacognitivas específicas de un dominio.
- En la mayoría de estudios recientes se indica que incluso los niños pequeños pueden aplicar procesos metacognitivos cuando la tarea corresponde con sus intereses y habilidades. Se trata de un descubrimiento importante, en la medida que evidencia el hecho de que los procesos metacognitivos pueden ser puestos en práctica a cualquier edad y en varios tipos de tareas, ya sean rutinarias o no rutinarias.

Referencias

- Berk, L. E. (2003). *Child Development* (6a. ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Boekaerts, M., y Cascallar, E. (2006). How far have we moved toward the integration of theory and practice in self-regulation? *Educational Psychology Review*, 18(3), 199-210.
- Blöte, A. W., Van Otterloo, S. G., Stevenson, C. E., y Veenman, M. V. J. (2004). Discovery and maintenance of the many-to-one counting strategy in 4-year olds: A microgenetic study. *British Journal of Developmental Psychology*, 22(1), 83-102.
- Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms. En F. Weinert y R. Kluwe (Eds.), *Metacognition, Motivation and Understanding* (pp. 65-116). Hillside, NJ: Erlbaum.

- Carlisle, J. F., y Rice, M. S. (2002). *Improving Reading Comprehension: Research-Based Principles and Practice*. Timonium, MD: York Press.
- Desoete, A. (2007). Evaluating and improving the mathematics teaching-learning process through metacognition. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 5(3), 705-730.
- Desoete, A., y Veenman, M. V. J. (2006). Introduction. En A. Desoete y M. V. J. Veenman (Eds.), *Metacognition in Mathematics Education* (pp. 1-10). Nueva York, NY: Nova Science Publishers.
- Demetriou, A., y Efklides, A. (1990). The objective and subjective structure of metacognitive abilities from early adolescence to middle age. En H. Mandl, E. De Corte, N. Bennett y H.F. Friedrich (Eds.), *Learning and Instruction: European Research in an International Context* (pp. 161-180). Oxford, MA: Pergamon.
- Duncan, G. J. et al. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446.
- Efklides, A. (2011). Interactions of metacognition with motivation and affect in self-regulated learning: The MASRL model. *Educational Psychologist*, 46(1), 6-25.
- Efklides, A., Samara, A., y Petropoulou, M. (1999). Feeling of difficulty: An aspect of monitoring that influences control. *European Journal of Psychology of Education*, 14(4), 461-476.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En L. B. Resnick (Ed.), *The Nature of Intelligence* (pp. 231-236). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Focant, J., Grégoire, J., y Desoete, A. (2006). Goal-setting, planning and control strategies and arithmetical problem solving at grade 5. En M. J. Veenman y A. Desoete (Eds.), *Metacognition in Mathematics Education* (pp. 51-71). Nueva York, NY: Nova Sciences Publishers.
- Hacker, D. J. (1998). Definitions and empirical foundations. En D. J. Hacker, J. Dunlosky y A. C. Graesser (Eds.), *Metacognition in Educational Theory and Practice* (pp. 1-23). Hillside, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kelemen, W. L., Frost, P. J., y Weaver III, C. A. (2000). Individual differences in metacognition: Evidence against a general metacognitive ability. *Memory and Cognition*, 28(1), 92-107.
- Kramarski, B., Weiss, I., y Kololshi-Minsker, I. (2010). How can self-regulated learning support the problem solving of third-grade students with mathematics anxiety? *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 179-193.
- McClelland, M. M., Morrison, F. J., y Holmes, D. L. (2000). Children at risk for early academic problems: The role of learning-related social skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 15(3), 307-329.
- Mevarech, Z. R. (1995). Metacognition, general ability and mathematical understanding in young children. *Early Education and Development*, 6(2), 155-168.
- Mevarech, Z. R., y Amrany, C. (2008). Immediate and delayed effects of metacognitive instruction on regulation of cognition and mathematics achievement. *Metacognition and Learning*, 3(2), 147-157.
- Mevarech, Z. R., Terkieltaub, S., Vinberger, T., y Nevet, V. (2010). The effects of meta-cognitive instruction on third and sixth graders solving word problems. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 195-203.
- Mevarech, Z. R., Michalsky, T., Sasson, H. (en prensa). *The effects of different self-regulated learning (SRL) interventions on students' science competencies*. Metacognition Special Interest Group biannual meeting, Estambul.
- Nelson, T. O., y Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. En G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (vol. 26, pp. 125-173). Nueva York, NY: Academic Press.
- Neuenhaus, N. et al. (2011). Fifth graders metacognitive knowledge: General or domain-specific? *European Journal of Psychology of Education*, 26(2), 163-178. doi: 10.1007/s10212-010-0040-7.
- Paris, S. G., y Newman, R. S. (1990). Developmental aspects of self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 25(1), 87-102.
- Roebbers, C. M., Schmid, C., y Roderer, T. (2009). Metacognitive monitoring and control processes involved in primary school children's test performance. *British Journal of Educational Psychology*, 79(4), 749-767.

- Sangster Jokic, C., y Whitebread, D. (2011). The role of self-regulatory and metacognitive competence in the motor performance difficulties of children with developmental coordination disorder: A theoretical and empirical review. *Educational Psychology Review*, 23, 75-98.
- Schneider, W. (1998). Performance prediction in young children: Effects of skill, metacognition and wishful thinking. *Developmental Science*, 1(2), 291-297.
- Schraw, G., y Dennison, R. S. (1994). Assessing meta-cognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460-475.
- Schraw, G., y Nietfeld, J. (1998). A further test of the general monitoring skill hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 236-248.
- Schraw, G., Crippen, K. J., y Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.
- Shamir, A., Mevarech, Z. R., y Gida, H. (2009). The assessment of young children's metacognition in different contexts: Individualized vs. peer assisted learning. *Metacognition and Learning*, 4(1), 47-61.
- Stillman, G., y Mevarech, Z. R. (eds.) (2010a). Metacognition research in mathematics education. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2).
- Stillman, G., y Mevarech, Z. R. (2010b). Metacognition research in mathematics education: From hot topic to mature field. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 145-148.
- Van der Stel, M., y Veenman, M. V. J. (2010). Development of metacognitive skillfulness: A longitudinal study. *Learning and Individual Differences*, 20(3), 220-224.
- Veenman, M. V. J. (2013). *Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations revisited. What have we learned during the last decade?* Ponencia presentada en la 15th Biennial EARLI Conference for Research on Learning and Instruction, 27-31 de agosto, Munich, Alemania.
- Veenman, M. V. J., y Beishuizen, J. J. (2004). Intellectual and metacognitive skills of novices while studying texts under conditions of text difficulty and time constraint. *Learning and Instruction*, 14(6), 619-638.
- Veenman, M. V. J., Wilhelm, P., y Beishuizen, J. J. (2004). The relation between intellectual and metacognitive skills from a developmental perspective. *Learning and Instruction*, 14(1), 89-109.
- Veenman, M. V. J., y Spaans, M. A. (2005). Relation between intellectual and metacognitive skills: Age and task differences. *Learning and Individual Differences*, 15(2), 159-176.
- Veenman, M. V. J., Elshout, J. J., y Meijer, J. (1997). The generality vs. domain-specificity of metacognitive skills in novice learning across domains. *Learning and Instruction*, 7(2), 197-209.
- Veenman, M. V. J., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., y Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1, 3-14.
- Vos, H. (2001). *Metacognition in higher education* (Tesis de doctorado). Enschede, Países Bajos: University of Twente. Recuperada de <http://doc.utwente.nl/37291/1/t0000011.pdf>.
- Wang, M. C., Haertel, G. D., y Walberg, H. J. (1990). What influences learning? A content analysis of review literature. *Journal of Educational Research*, 84(1), 30-43.
- Wellman, H. M. (1985). Origins of metacognition. En D. L. F. Pressley, G. E. McKinnon y T. G. Waller (Eds.), *Metacognition, Cognition and Human Performance*, Vol. 1. Orlando, FL: Academic Press.
- Whitebread, D. (1999). Interactions between children's metacognitive abilities, working memory capacity, strategies and performance during problem-solving. *European Journal of Psychology of Education*, 14(4), 489-507.
- Whitebread, D., y Coltman, P. (2010). Aspects of pedagogy supporting metacognition and self-regulation in mathematical learning of young children: Evidence from an observational study. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 163-178.

CAPÍTULO 3

Pedagogías metacognitivas

¿Acaso la metacognición puede enseñarse? Si es así, ¿cuáles son las condiciones que pueden facilitar la aplicación metacognitiva dentro de la clase? Aunque la investigación demuestra que la metacognición puede enseñarse con éxito, la orientación implícita no es suficiente. El aprendizaje cooperativo podría ayudar a fomentar la metacognición al ofrecer a los estudiantes varias oportunidades para expresar su pensamiento e involucrarse en el razonamiento mutuo; pero aun así, se les tiene que enseñar cómo aplicar estos procesos y practicarlos de manera intensiva. Una adecuada orientación metacognitiva tendría que ser explícita, incorporarse en la materia, implicar una capacitación prolongada e informar a los estudiantes acerca de sus beneficios. Se han desarrollado varias metodologías para enseñar los procesos metacognitivos, y todas ellas emplean las interacciones sociales y el cuestionamiento autodirigido para promover que los estudiantes sean conscientes de sus procesos metacognitivos y apliquen tales procesos en su aprendizaje.

La investigación ha demostrado correlaciones extremadamente positivas entre la solución de problemas y la metacognición en varias áreas, entre ellas, matemáticas (De Corte et al., 2000; Desoete y Veenman, 2006; Kramarski y Zoldan, 2008; Stillman y Mevarech, 2010); lectura (Palincsar y Brown, 1984), ciencias (Zion et al., 2005), e incluso la coordinación física (Kitsantas y Kavussanu, 2011). La relación positiva entre metacognición y desempeño académico pone sobre la mesa la cuestión de “¿cuál causa cuál?": ¿acaso la metacognición facilita una mejoría en los resultados escolares o sucede a la inversa? Si de hecho las habilidades metacognitivas influyen sobre los resultados escolares, resulta lógico suponer que enseñar esas habilidades metacognitivas podría mejorar el desempeño. Pero esto conlleva más preguntas: ¿cómo es la metacognición dentro de la clase y cuáles son las condiciones necesarias para implantar pedagogías metacognitivas? ¿El aprendizaje cooperativo y el uso de las tecnologías de la comunicación e información (TIC) son necesarios o simplemente facilitan la enseñanza del proceso metacognitivo? ¿Los maestros necesitan una capacitación explícita para fomentar la metacognición o es suficiente una orientación implícita? En breve, ¿cómo, cuando y para qué se considera necesaria la instrucción metacognitiva?

¿La metacognición puede enseñarse?

Todavía no está claro si la metacognición puede o no puede enseñarse, lo cual; nos recuerda el debate sobre si se puede enseñar a incrementar el coeficiente intelectual. Sin embargo, una investigación rigurosa ha puesto en evidencia que es factible enseñar el proceso metacognitivo no sólo en matemáticas sino en dominios como la lectura, las ciencias y los idiomas.

La investigación respalda algunas conclusiones generales. Primero, los estudiantes con buenos logros en matemáticas muestran una actividad metacognitiva (Schoenfeld, 1992). Esos alumnos piensan en lo que están haciendo y por qué lo hacen así, además de reflexionar sobre los resultados del aprendizaje. Segundo, es posible fomentar esas habilidades metacognitivas durante los primeros años escolares con beneficios positivos para el desempeño académico (Dignath y Buettner, 2008; Dignath, Buettner y Langfeldt, 2008; Fantuzzo et al., 2007). Finalmente, las condiciones de aprendizaje y los maestros tienen papeles importantes en la promoción de procesos cognitivos y metacognitivos (Cardelle-Elawar, 1995). El reto está en cómo se puede enseñar la metacognición y cuáles son sus beneficios y desventajas.

¿Cuál es el papel del aprendizaje cooperativo?

Muchos estudios han enfatizado la importancia de un ambiente social que apoya a los estudiantes para facilitar la cognición y la metacognición en el aprendizaje (Lai, 2011; Lin, 2001). En particular, los investigadores han recomendado el uso de estructuras de aprendizaje cooperativas para fomentar el desempeño académico (King, 1998; Slavin, 2010) y para aumentar las habilidades metacognitivas (Kuhn y Dean, 2004; Efklides, 2008; McLeod, 1997; Schraw y Moshman, 1995; Schraw et al., 2006). Steen (1999) afirma que quienes abogan por el aprendizaje cooperativo tienen dos formaciones diferentes: por un lado están los educadores, quienes consideran que estas actividades son efectivas para el aprendizaje; por otro lado están las personas ajenas al campo de la educación —en los negocios la ciencia, el deporte, la música, entre otros campos— y piensan que el trabajo en equipo es fundamental para generar resultados productivos. Sin embargo, muchos tienen dudas sobre si las actividades cooperativas en sí mismas reportan más éxito académico para el estudiante individual (Steen, 1999).

El aprendizaje cooperativo consiste en “pequeños equipos de estudiantes que trabajan en conjunto para resolver un problema, completar una tarea o lograr un objetivo en común” (Artzt y Newman, 1990, p. 448). El término cubre entonces varios métodos de enseñanza y aprendizaje, a veces denominado aprendizaje con ayuda de compañeros (Fuchs et al., 2001), o aprendizaje de equipo (Slavin, 2010). Con frecuencia el aprendizaje en parejas también se considera aprendizaje cooperativo (Dansereau, 1988; King, 1998). Una característica común a todas estas formas de aprendizaje cooperativo es la división de toda la clase en grupos de cuatro a seis estudiantes, quienes deben completar una tarea. El recuadro 3.1 describe los principales métodos cooperativos utilizados en las clases de matemáticas.

Los diferentes métodos de aprendizaje cooperativo se fundamentan en diferentes aproximaciones teóricas. Piaget (1985) y Vygotsky (1978) destacan el potencial de las interacciones estudiantiles para aumentar el desarrollo cognitivo. Según Piaget, cuando un estudiante enfrenta información contrastante o fenómenos desiguales, tiende a resolverlo para obtener el equilibrio, de ahí que a ese fenómeno le diera el nombre de “conflicto cognitivo”. Por ejemplo, en un experimento clásico se les pidió a los niños que conjeturaran si una pieza de madera se hundiría o flotaría en el agua. La mayoría de los niños dijo que se hundiría. Sin embargo, al observar que la madera flotaba en el agua, los niños sintieron curiosidad por resolver el conflicto. Otro ejemplo: en matemáticas, muchos estudiantes piensan erróneamente que $(a+b)^2$ es igual a $2a+2b$. Cuando se les pide que eleven $(2+3)$ al cuadrado, de inmediato se dan cuenta de que no es igual a $2 \times 2 + 2 \times 3$, e intentan encontrar el origen del error al simplificar $(a+b)^2$ en $(a+b) \times (a+b)$. En la escuela primaria, muchos estudiantes piensan erróneamente que la

Recuadro 3.1. Métodos de aprendizaje cooperativos utilizados en las aulas de matemáticas

El objetivo principal de todos estos métodos es incrementar la participación de cada estudiante en el proceso de aprendizaje y disponer de las mismas oportunidades para tener éxito (Slavin, 2010). Para lograr ambos objetivos los estudiantes de cada grupo se dividen en parejas o en equipos de tres a seis alumnos. Las diferencias se dan en el papel del maestro, las actividades de los estudiantes, la responsabilidad individual y el proceso de evaluación seguido de un premio para el éxito.

En los *equipos cooperativos y divisiones de rendimiento (student team-achievement division, STAD)* (Slavin, 1994), los estudiantes están asignados a grupos (o equipos, según la terminología de Slavin) de cuatro o cinco integrantes. El método utiliza un ciclo de cuatro pasos: 1) enseñar, 2) estudiar en equipo, 3) probar y 4) reconocer. Es decir, el instructor presenta el nuevo concepto a toda la clase, por lo general mediante la técnica de explicar-discutir. Los integrantes de los equipos trabajan de manera cooperativa en los ejercicios proporcionados por el maestro, ayudándose entre sí a preparar un examen que debe resolverse de manera individual. El maestro revisa el examen y compara las calificaciones de los exámenes anteriores de cada estudiante. El equipo recibe un premio en función de un avance general de todos sus integrantes. Cada ciclo dura entre tres y cinco sesiones de clase. STAD se ha implementado exitosamente en clases de matemáticas —y otras materias— desde segundo año de primaria hasta universidad.

El modelo de *torneo de equipos cooperativos (team games tournament, TGT)* es parecido al STAD, pero en vez de realizar exámenes semanales la evaluación se basa en torneos semanales donde los estudiantes compiten contra integrantes de otros equipos con un historial matemático similar. La calificación de cada equipo se basa en el número de puntos que gana cada integrante para el equipo. Como en el modelo anterior, los equipos son premiados conforme incrementan su nivel de aprendizaje.

Según Slavin (2010), el *modelo de equipos cooperativos e individualización asistida (team assisted individualization, TAI)* está diseñado para niveles avanzados de matemáticas en escuelas secundarias, o para estudiantes de preparatoria que no están preparados para los cursos de álgebra. En contraste con STAD y TGT, en TAI cada alumno es evaluado de manera individual antes de empezar el estudio y avanza según sus propias habilidades. El elemento cooperativo consiste en promover que los estudiantes se ayudan con cualquier problema. El premio semanal del equipo se basa en el número de módulos que completa cada integrante.

En el *aprendizaje con ayuda de compañeros (peer-assisted learning, PAL)*; los alumnos aprenden en parejas (Fuchs et al., 2001): los integrantes de la pareja se turnan para ser maestro y alumno. A los estudiantes se les enseñan estrategias sencillas de enseñanza para ayudarse. Las parejas son premiadas de acuerdo con las calificaciones de ambos estudiantes en el examen. El modelo PAL se ha implantado de manera más que satisfactoria en clases de matemáticas para primaria y secundaria.

En la estrategia de *rompecabezas (Aronson y Patnoe, 2011)* cada integrante del grupo es responsable de aprender —y después enseñar a los otros integrantes del equipo— una sección del módulo que se va a estudiar. Aronson sugiere utilizar un método de cinco pasos para implantar este modelo en la clase: 1) formar pequeños grupos de tres a seis estudiantes; 2) dividir el tema a estudiar en subsecciones o subtemas, con base en el número de estudiantes en cada equipo, y asignar una sección a cada integrante; 3) “grupos expertos” de estudiantes designados para enseñar la misma sección trabajan juntos por un tiempo para volverse expertos en esa sección; 4) los estudiantes “expertos” regresan a sus grupos originales y enseñan ese subtema a los otros integrantes de su equipo; 5) los estudiantes son evaluados respecto a todo el tema. Los grupos son premiados como en STAD. El modelo de rompecabezas ha sido adoptado en todos los niveles educativos hasta preparatoria.

En el modelo para *aprender juntos (Johnson y Johnson, 1999)* se forman equipos de entre cuatro y seis alumnos para resolver tareas de manera conjunta en cada grupo. El equipo entrega su respuesta en una sola hoja y recibe una calificación basada en el desempeño de todo el equipo.

Recuadro 3.1. Métodos de aprendizaje cooperativos utilizados en las aulas de matemáticas (continuación)

Antes de que los estudiantes empiecen a estudiar por grupos se presentan varias actividades para la “construcción de equipos” enfocadas a discusiones intragrupales, ofrecer retroalimentación constructiva, etc. *Aprender juntos* se ha implantado en las clases de matemáticas para nivel de primaria y secundaria.

En la *investigación en grupo* (Sharan y Sharan, 1992) los estudiantes eligen los integrantes de su equipo y pueden elegir hasta seis personas con quienes les gustaría trabajar en un tema de investigación o un proyecto. El tema/proyecto se divide en subtemas en que trabajan los integrantes. Después cada grupo hace una presentación para toda la clase.

El método de *aprendizaje cooperativo por dominio* (Mevarech, 1985, 1991) es parecido a STAD, pero después de los exámenes semanales los estudiantes que no lograron dominar el tema reciben actividades de recuperación y al resto se les dan tareas de enriquecimiento. Ambos tipos de actividad se llevan a cabo de manera cooperativa, o individual con la ayuda del maestro.

multiplicación “siempre aumenta”, y se sorprenden al comprobar que el producto de las fracciones menores a uno es menor que cada uno de los multiplicadores. La probabilidad de que surjan los conflictos cognitivos es mayor cuando los alumnos estudian juntos que cuando lo hacen de manera individual, pues cada alumno aporta su conocimiento a la situación de aprendizaje y ese conocimiento no siempre coincide.

Vygotsky (1978) consideró al aprendizaje —es decir, el desarrollo cognitivo— de manera diferente. Acuñó el término de “zona de desarrollo próximo” como la distancia entre lo que puede conseguir un solo individuo y lo que puede lograr con la ayuda de alguien más capaz, sea un compañero o un adulto. El trabajo en equipo permite muchas oportunidades para que los estudiantes participen en el razonamiento mutuo y la resolución de conflictos. Los conflictos cognitivos pueden surgir mientras los estudiantes examinan de manera crítica el razonamiento de los demás y participan en discusiones en grupo. A su vez, tales discusiones promueven que los estudiantes discutan los conflictos y sugieran formas de resolverlos (Artzt y Yaloz-Femia, 1999; McClain y Cobb, 2001; Mevarech y Light, 1992).

No obstante, es posible que el aprendizaje cooperativo tenga algunas desventajas. Por ejemplo, las discusiones en grupo pueden llevar a una polarización de posturas en vez de un intercambio productivo de ideas. Un integrante del equipo puede convencer a todos los demás a aceptar un concepto erróneo como correcto. Es frecuente que el grupo tenga demasiado afán de empezar la solución sin planear bien, o el grupo está dispuesto a terminar la tarea sin reflexionar sobre la solución. Además, los estudiantes menos exitosos o los tímidos pueden no involucrarse en el proceso de aprendizaje en grupo. Cuando hay grupos mixtos, a veces los niños se apoderan del grupo y las niñas son ignoradas. Es únicamente bajo ciertas condiciones que estos métodos de aprendizaje el resultado deseado (Slavin, 2010).

Kuhn y Dean (2004) afirman que el discurso social puede causar que los estudiantes “interioricen” procesos al dar explicaciones, lo que ha sido asociado con mejores resultados de solución de problemas. Al justificar el pensamiento de uno y explicarlo a otros, y al cuestionar las explicaciones de los compañeros de la solución del problema, los estudiantes pueden examinar su propio pensamiento y aumentar la eficacia de su proceso de solución de problemas (King, 1998; Mevarech y Light, 1992; Mevarech y Kramarski, 1997; Webb, 2008). En estudios en los que se analiza el comportamiento de los estudiantes en grupos cooperativos se observa

de manera consistente que los estudiantes que dan y reciben explicaciones comprensivas se benefician más del contexto cooperativo en relación tanto con las capacidades metacognitivas como con el desempeño del aprendizaje (King, 1998; Webb, 2008). De hecho, en esos estudios se muestran que dar y recibir respuestas finales sin explicaciones tiene correlaciones negativas con el desempeño académico. También se indica que quienes dieron las explicaciones se beneficiaron más de la interacción que quienes recibieron la explicación (Webb, 2008; Mevarech y Shabtay, 2012). La teoría de la metacognición explica este descubrimiento al sugerir que para dar explicaciones es necesario entender bien de qué se trata el problema, conectarlo con el conocimiento personal y con el de otros integrantes del grupo, sugerir estrategias apropiadas, discutir varias opciones y reflexionar sobre el proceso de solución en todas sus etapas: antes, durante y después de resolver el problema. Con frecuencia las discusiones en grupo hacen que los participantes piensen en cómo presentar la información para que se interprete de manera adecuada por parte de los demás integrantes del grupo (Hoppenbrouwers y Weigand, 2000), y así evitar la necesidad de señalar: “eso no era lo que quería decir” o “has malentendido lo que trataba de explicar”. Parece entonces que las interacciones en grupo pueden promover que los estudiantes aporten explicaciones y utilicen el lenguaje matemático de manera correcta al expresar su razonamiento (Kramarski y Dudai, 2009; Kramarski y Mizrachi, 2006; Mevarech y Kramarski, 1997).

Además, varios investigadores argumentan que durante la interacción social surge una experiencia metacognitiva compartida (Efklides, 2008; Lin, 2001), dado que los participantes actúan como reguladores externos del comportamiento cognitivo, metacognitivo y motivacional de sus compañeros. Por ende, las discusiones en grupo podrían aumentar la claridad del entendimiento de los estudiantes, además de fomentar la activación del conocimiento metacognitivo y las capacidades de regulación cognitiva (Hadwin, Järvelä y Miller, 2011; Schraw y Moshman, 1995).

En efecto, el aprendizaje cooperativo se conoce, y se utiliza de manera muy amplia, a nivel mundial desde hace más de cuatro décadas (Slavin, 2010). Además, de haberse implantado el aprendizaje cooperativo de manera intensiva, los investigadores han analizado sus efectos en varios ámbitos del aprendizaje, entre ellos la metacognición y un satisfactorio dominio de la matemática. Esta investigación ha sido resumida en varios estudios a partir del uso de técnicas meta-analíticas (Dignath y Buettner, 2008; Dignath et al., 2008; Hattie et al., 1996; Hattie, 1992; Marzano, 1998; Slavin, 2010). En particular, cabe mencionar los estudios de Slavin basados en los “síntesis de las mejores evidencias” (Slavin y Lake, 2008; Slavin et al., 2009), donde Slavin y sus colegas calculan la dimensión del efecto del aprendizaje cooperativo al seleccionar únicamente estudios que cumplen con criterios estrictos. En todos estos estudios experimentales se mostró que los métodos de aprendizaje cooperativos tienen efectos positivos en los resultados escolares, en comparación con grupos de control que estudiaron de manera individual.

Sin embargo, los resultados de investigación demuestran que si bien el aprendizaje cooperativo es un ambiente natural, donde los estudiantes pueden proponer explicaciones, expresar su razonamiento y reflexionar sobre sus procesos de solución —al igual que en los de otros estudiantes—, tales procesos no siempre se han materializado de forma espontánea (King, 1998; Kramarski, Mevarech y Arami, 2002). Por ejemplo, mientras para Steen (1999) el aprendizaje cooperativo resulta más eficaz para estudiantes de primaria, entre los estudiantes de preparatoria y adultos la evidencia es más difusa. Por el contrario, Dignath y Buettner (2008, p. 48) concluyen que el aprendizaje cooperativo tiene efectos positivos en el aprendizaje de estudiantes de secundaria y preparatoria, pero no tiene efecto —e incluso éstos pueden ser de

tipo negativo— entre estudiantes de primaria en comparación con la instrucción “tradicional”. Dignath y Buettner explicaron este resultado al considerar las experiencias de aprendizaje de los estudiantes en pequeños grupos:

Es evidente que los efectos positivos del aprendizaje cooperativo pueden surgir únicamente si los estudiantes conocen las reglas de cómo comportarse cuando trabajan en grupos; no sería suficiente dejar que los estudiantes se sienten alrededor de una mesa en pequeños grupos sin darles una instrucción sistemática. Por ende, una posible razón para el efecto negativo en el trabajo grupal a nivel de la primaria puede ser que los estudiantes no estaban acostumbrados a trabajar en grupos y no recibieron suficiente instrucción sobre el aprendizaje cooperativo. Es más probable que los estudiantes mayores conozcan el trabajo cooperativo, pues los niños desarrollan capacidades cooperativas durante la infancia intermedia (Dignath y Buettner, 2008, pp. 256-257)

Slavin, uno de los más importantes investigadores del aprendizaje cooperativo, acepta que el aprendizaje cooperativo “se ha mostrado efectivo en cientos de estudiantes alrededor del mundo (...) pero los estudios observacionales (Antil *et al.*, 1998) evidencian que la mayoría de la implementación del aprendizaje cooperativo es informal y no incorpora las metas del grupo ni la responsabilidad individual que la investigación ha identificado como esenciales” (Slavin, 2010, p. 173), y añade que el aprendizaje cooperativo debe moldearse para el siglo XXI.

Esta situación lleva a la pregunta de por qué aprender en contextos cooperativos no siempre ha alcanzado su potencial. La principal razón es que no basta proporcionar a los estudiantes una oportunidad para estudiar juntos sin orientarlos sobre cómo monitorear, controlar y evaluar su aprendizaje para promover la metacognición y la solución de problemas matemáticos. King (1998), Webb (2008) y otros investigadores que han estudiado de manera intensiva el comportamiento de los estudiantes en pequeños grupos llegaron a la conclusión que las interacciones de los estudiantes no son efectivas cuando se de un soporte metacognitivo. Por tanto, para la mayoría de estudiantes el disponer de, pistas implícitas —tal como “¿qué estás haciendo aquí?”— no resultan en que los estudiantes puedan poner en práctica procesos metacognitivos.

En resumen, aunque el aprendizaje cooperativo tiene potencial para facilitar el aprendizaje al proporcionar oportunidades para que los estudiantes expresen su pensamiento y se involucren en el razonamiento compartido, por sí solo no es suficiente para fomentar el aprendizaje cognitivo y metacognitivo. Los estudiantes no se animan de manera espontánea a poner en marcha los procesos metacognitivos en pequeños grupos, ni tampoco utilizan siempre los ambientes cooperativos para avanzar su propio aprendizaje, además del de sus compañeros. Por ende, si los estudiantes estudien de manera individual o cooperativa, se les debe enseñar de manera explícita cómo aplicar los procesos metacognitivos durante el aprendizaje.

¿Es necesaria la práctica explícita?

Todos sabemos que “la práctica hace al maestro”. Para ser un campeón en el deporte, el ajedrez, la música, las artes visuales, la ciencia y otros dominios, se tiene que practicar para alcanzar maestría. Entrevistar personas de gran talento revela las numerosas horas que dedi-

can todos los días a practicar (Bloom, 1985). Además, la mayoría de los talentos importantes practican con la ayuda de mentores o instructores que les guían de forma explícita en la planeación y regulación de sus comportamientos. Si para los campeones es necesario necesitan un entrenamiento metacognitivo y mucha práctica, es evidente que para los estudiantes ordinarios también lo es.

Aunque existe mucha evidencia (Dignath y Buettner, 2008; Kistner, 2010) en el sentido de la enseñanza implícita de la metacognición tiene tan sólo efectos menores en el comportamiento de los estudiantes y no aumenta la conciencia, los maestros tienden a dar la libertad a los alumnos para autorregular su aprendizaje. La observación en aulas indicado que los maestros no enseñan a los estudiantes de manera explícita cómo implementar los procesos metacognitivos y autorregular su aprendizaje, lo cual quizá se deba a las creencias de los instructores de que la enseñanza implícita es adecuada (Dignath, 2012; Verschaffel et al., 2007). Sin embargo, los resultados indican que la capacitación metacognitiva en el aula debe ser explícita y conllevar una práctica intensiva (Dignath y Buettner, 2008; Dignath et al., 2008).

Pedagogías metacognitivas: ¿cómo, cuando y para quién?

Al considerar los beneficios de la enseñanza metacognitiva explícita para los estudiantes de primaria y secundaria (Dignath y Buettner, 2008), los investigadores y educadores han empezado a diseñar una variedad de pedagogías metacognitivas. Son métodos para guiar a los estudiantes a implantar la metacognición en el aprendizaje, a veces denominados orientación metacognitiva, intervención metacognitiva, instrucción metacognitiva o soporte metacognitivo. Estas pedagogías son pertinentes en el ambiente escolar, es decir, los materiales, métodos y contextos se acercan a situaciones reales de las aulas de clase (Sangster Jokic y Whitebread, 2011).

Veenman et al. (2006) enfatizan los factores fundamentales para la implementación de la instrucción metacognitiva:

1. Integrar la instrucción metacognitiva en el contenido para asegurar la conexión del nuevo conocimiento con lo que los estudiantes ya conocen.
2. Informar a los estudiantes de la utilidad de las actividades metacognitivas para promover que lleven a cabo el esfuerzo extra inicial.
3. Capacitación prolongada para garantizar la aplicación fluida y permanente mantenida de la actividad metacognitiva.
4. Orientación explícita para asegurar la conciencia y la implantación eficiente.

Aunque existe una considerable variación entre esas intervenciones metacognitivas, los métodos comparten tres componentes: primero, las técnicas dependen de la capacidad del instructor de enseñar a los estudiantes a *ser conscientes* y a *reflexionar de modo consciente* sobre sus propios procesos de pensamiento, mientras enfatizan la importancia de dominar el tema; segundo, los estudiantes obtienen conocimiento metacognitivo a través de interacciones sociales con el instructor y sus compañeros; tercero, el cuestionamiento autodirigido es efectivo para promover la metacognición, ya que guía la regulación y desempeño del estudiante antes, durante y después de la solución del problema. En efecto, el cuestionamiento metacognitivo media entre la tarea, las interacciones estudiantiles y las respuestas cognitivas al dirigir a los

estudiantes a dar explicaciones elaboradas en respuesta al cuestionamiento metacognitivo (King, 1998).

Por ejemplo, en el método *Preguntar para pensar—Di por qué* (King, 1998), los estudiantes aprenden en parejas donde uno es el tutor y el otro es el tutelado. El tutor plantea cinco clases de preguntas del tipo “por qué” y “cómo”, en vez del tipo “qué”. Estas últimas son más bien preguntas de revisión (“¿Qué significa...? Descríbelo en tus propias palabras”); preguntas para pensar (“¿Cuál es la diferencia entre... y...?” “¿Qué crees que pasaría si...?”); preguntas de sondeo conforme se necesitan (“Por favor explica más”); preguntas que dan pistas (“¿Has pensado en...?” “¿Cómo te podría ayudar...?”); y preguntas metacognitivas (“¿Qué aprendiste que no sabías antes?” “¿Cómo los vas a recordar?”). Las respuestas del tutelado aumentan las interacciones metacognitivas y cognitivas entre los integrantes de la pareja. Por ende, el cuestionamiento mutuo facilita el soporte del pensamiento de cada compañero.

Lai (2011) describe varias técnicas de enseñanza que pretenden mejorar el desempeño matemático y la metacognición en el aula. Las técnicas primarias incluyen —pero no se limitan a— pensar en voz alta, discutir y articular, utilizar listas de verificación, el auto-cuestionamiento, las estrategias de enseñanza, los modelos y la retroalimentación. Estas técnicas han sido aplicadas con frecuencia tanto en estudios experimentales como en el aula (Gama, 2004; Lai, 2011), y suelen ser incorporadas en varios modelos pedagógicos metacognitivos.

Conclusiones

En casi todos los campos la gente talentosa practica de manera intensiva, y con frecuencia lo hace con ayuda de un mentor que les guía de forma explícita en la planeación, monitoreo, control y evaluación de sus logros. También se debe orientar esa misma forma a los estudiantes sobre cómo activar los procesos metacognitivos, seguido de una práctica intensiva e incorporada en el proceso de aprendizaje (específico al dominio). La necesidad de incluir un soporte metacognitivo se ha hecho evidente en varios ambientes de aprendizaje y en grupos de diferentes edades, como se explicará en los siguientes capítulos.

La metacognición se pueden enseñar y debe de ser practicada de forma intensiva en las aulas de matemáticas, así como en otros dominios. Aumentar las capacidades metacognitivas implica beneficios para el desempeño académico, sobre todo para la solución de problemas complejos y no rutinarios.

Los métodos de aprendizaje cooperativo tienen el potencial de mejorar los procesos cognitivos y metacognitivos porque ofrecen numerosas oportunidades para que los estudiantes expliquen su pensamiento, utilicen el lenguaje matemático, trabajen en su zona de desarrollo próximo, aporten explicaciones elaboradas y se involucren en la resolución de conflictos y el aprendizaje compartido. Para alcanzar este potencial es necesario guiar a los estudiantes sobre cómo aplicar la metacognición en su aprendizaje.

La pedagogía metacognitiva debe ser integrada en el contenido de la materia y se tiene que enseñar de forma explícita para que los estudiantes con habilidades en matemáticas puedan ejercer actividad metacognitiva. Así pueden pensar en la razón fundamental del problema, compararlo con problemas resueltos de manera previa, para encontrar similitudes y diferencias, además de sugerir estrategias adecuadas para resolver el problema y reflexionar en todas las etapas del proceso de solución. Todas estas actividades son elementos fundamentales en las pedagogías metacognitivas.

Sería útil informar a los instructores y estudiantes de las contribuciones de la metacognición a los procesos de aprendizaje, y en particular a la solución de los problemas complejos y no rutinarios.

Referencias

- Antil, R. L., Jenkins, J. R., Wayne, S. K., y Vadasy, P. F. (1998). Cooperative learning: Prevalence, conceptualizations, and the relation between research and practice. *American Educational Research Journal*, 35(3), 419-454.
- Aronson, E., y Patnoe, S. (2011). *Cooperation in the Classroom: The Jigsaw Method* (3ª ed.). Londres, RU: Pinter and Martin.
- Artzt, A. F., y Newman, C. M. (1990). Cooperative learning. *Mathematics Teacher*, 83, 448-449.
- Artzt, A. F., y Yaloz-Femia, S. (1999). Mathematical reasoning during small-group problem solving. En L. Stiff y F. Curio (Eds.). *Developing Mathematical Reasoning in Grades K-12: 1999 Yearbook* (pp. 115-126). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Bloom, B. S. (Ed.) (1985). *Developing Talent in Young People*. Nueva York, NY: Ballantine Books.
- Cardelle-Elawar, M. (1995). Effects of metacognitive instruction on low achievers in mathematics problems. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 81-95.
- Dansereau, D. F. (1988). Cooperative learning strategies. En C. E. Weinstein, E. T. Goetz y P. A. Alexander (Eds.), *Learning and Study Strategies: Issues in Assessment, Instruction, and Evaluation* (pp-103-120). Orlando, FL: Academic Press.
- De Corte, E., Verschaffel, L., y Op 't Eynde, P. (2000). Self-regulation: A characteristic and a goal of mathematics education. En M. Bockaerts, P. R. Pintrich y M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-Regulation* (pp. 687-726). San Diego, CA: Academic Press.
- Desoete, A., y Veenman, M. V. J. (2006). Introduction. En A. Desoete y M. V. J. Veenman (Eds.), *Metacognition in Mathematics Education* (pp. 1-10). Nueva York, NY: Nova Science.
- Dignath, C. (2012). *What teachers think about self-regulated learning (SRL). An investigation of teachers' knowledge and attitude towards SRL and their effects on teacher instruction of SRL in the classroom*. Ponencia presentada en Metacognition 2012 – Proceedings of the 5th Biennial Meeting of the EARLI Special Interest Group 16 Metacognition, 5-8 de septiembre, Milán.
- Dignath, C., y Buettner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students. A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition Learning*, 3, 231-264.
- Dignath, C., Buettner, G., y Langfeldt, H.-P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively? A meta-analysis on self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3(2), 101-129.
- Efklides, A. (2008). Metacognition: Defining its facets and levels of functioning in relation to self-regulation and co-regulation. *European Psychologist*, 13(4), 277-287.
- Fantuzzo, J., Bulotsky-Shearer, R., McDermott, P., McWayne, C., y Frye, D. (2007). Investigation of dimensions of social-emotional classroom behavior and school readiness for low-income urban preschool children. *School Psychology Review*, 36(1), 44-62.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Hosp, M. K., y Jenkins, J.R. (2001). Oral reading fluency as an indicator of reading competence: A theoretical, empirical, and historical analysis. *Scientific Studies of Reading*, 5(3), 239-256.
- Gama, C. A. (2004). Integrating metacognition instruction in interactive learning environments. Tesis de doctorado. Brighton, RU: University of Sussex. Recuperado de http://homes.dcc.ufba.br/~claudiag/thesis/Thesis_Gama.pdf.
- Hadwin, A. F., Järvelä, S., y Miller, M. (2011). Self-regulated, co-regulated, and socially-shared regulation of learning. En B. J. Zimmerman y D. H. Schunk (Eds.), *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance* (pp. 65-84). Nueva York, NY: Routledge.
- Hattie, J. A. (1992). Measuring the effects of schooling. *Australian Journal of Education*, 36(1), 5-13.

- Hattie, J. A., Biggs, J., y Purdie, N. (1996), Effects of learning skills interventions on student learning: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66(2), 99-136.
- Hoppenbrouwers, S., y Weigand, H. (2000). Meta-communication in the language action perspective. En *Proceedings of the Fifth International Workshop on the Language-Action Perspective on Communication Modelling* (LAP 2000), 14-16 de septiembre, Aachen, Alemania. Recuperado de <http://www-i5.informatik.rwth-aachen.de/conf/lap2000/paper131-149.pdf>
- Johnson, D. W., y Johnson, R. T. (1999). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning* (5ª ed.). Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- King, A. (1998), Transactive peer tutoring: Distributing cognition and metacognition, *Educational Psychology Review*, 10(1), 57-74.
- Kistner, S., Rakoczy, K., Otto, B., Dignath-van Ewijk, C., Büttner, G., y Klieme, E. (2010). Promotion of self-regulated learning in classrooms: Investigating frequency, quality, and consequences for student performance. *Metacognition Learning*, 5, 157-171.
- Kitsantas, A., y Kavussanu, M. (2011). Acquisition of sport knowledge and skill: The role of self-regulatory processes. En B. J. Zimmerman y D. Schunk (Eds.), *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance* (pp. 217-233). Nueva York, NY: Routledge.
- Kramarski, B., y Dudai, V. (2009). Group-metacognitive support for online inquiry in mathematics with differential self-questioning. *Journal of Educational Computing Research*, 40(4), 365-392.
- Kramarski, B., Mevarech, Z.R., y Arami, M. (2002). The effects of metacognitive training on solving mathematical authentic tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 49, 225-250.
- Kramarski, B., y Mizrachi, N. (2006). Online discussion and self-regulated learning: Effects of instructional methods on mathematical literacy. *The Journal of Educational Research*, 99(4), 218-230.
- Kramarski, B., y Zoldan, S. (2008). Using errors as springboards for enhancing mathematical reasoning with three metacognitive approaches. *The Journal of Educational Research*, 102(2), 137-151.
- Kuhn, D., y Dean, D. (2004). Metacognition: A bridge between cognitive psychology and educational practice. *Theory into Practice*, 43(4), 268-273.
- Lai, R. E. (2011). *Metacognition: A literature review*. Pearson's Research Report. Recuperado de www.pearsonassessments.com/hai/images/tmrs/Metacognition_Literature_Review.
- Lin, X. (2001). Designing metacognitive activities. *Educational Technology Research and Development*, 49(2), 23-40.
- Marzano, R. J. (1998). *A Theory-Based Meta-Analysis of Research on Instruction*. Aurora, CO: Mid-Central Regional Educational Laboratory.
- McClain, K., y Cobb, P. (2001). Supporting students' ability to reason about data. *Educational Studies in Mathematics*, 45, 103-129.
- McLeod, L. (1997). Young children and metacognition: Do we know what they know they know? And if so, what do we do about it?. *Australian Journal of Early Childhood*, 22(2), 6-11.
- Mevarech, Z. R. (1991). Learning mathematics in different mastery environments. *Journal of Educational Research*, 84(4), 225-231.
- Mevarech, Z. R. (1985). The effects of cooperative mastery learning strategies on mathematics achievement. *Journal of Educational Research*, 78(6), 372-377.
- Mevarech, Z. R., y Kramarski, B. (1997). IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-395.
- Mevarech, Z. R., y Light, P. (1992). Peer-based interaction at the computer: Looking backward, looking forward. *Learning and Instruction*, 2(3), 275-280.
- Mevarech, Z. R., y Shabtay, G. (2012). *Judgment-of-learning and confidence in mathematics problem solving: A metacognitive benefit for the explainer*. En *Metacognition 2012 – Proceedings of the 5th Biennial Meeting of the EARLI Special Interest Group 16 Metacognition*, 5-8 septiembre, Milán.
- Palincsar, A. S., y Brown, A. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1(2), 117-175.
- Piaget, J. (1985). *The Equilibration of Cognitive Structures: The Central Problem of Intellectual Development*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Sangster Jokic, C., y Whitebread, D. (2011). The role of self-regulatory and metacognitive competence in the motor performance difficulties of children with developmental coordination disorder: A theoretical and empirical review. *Educational Psychology Review*, 23, 75-98.

- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. En D. A. Grouws (Ed.). *Handbook of Research on Mathematics Teaching* (pp. 334-370). Nueva York, NY: MacMillan Publishing.
- Schraw, G., Crippen, K. J., y Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.
- Schraw, G., y Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351-371.
- Sharan, Y., y Sharan, S. (1992). *Expanding Cooperative Learning through Group Investigation*. Nueva York, NY: Teachers College Press.
- Slavin, R. E. (2010). Co-operative learning: What makes group-work work?. En H. Dumont, D. Istance y F. Benavides (Eds.). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. París, FR: OECD, Educational Research and Innovation. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-9-en>.
- Slavin, R. E. (1994). *Using Student Team Learning* (3ª ed.). Baltimore, MD: Johns Hopkins University.
- Slavin, R. E., y Lake, C. (2008). Effective programs in elementary school mathematics: A best-evidence synthesis. *Review of Educational Research*, 78(3), 427-515.
- Slavin, R. E., Lake, C., y Groff, C. (2009). Effective programs in middle and high school mathematics: A best-evidence synthesis. *Review of Educational Research*, 79(2), 839-911.
- Steen, G. J. (1999). Genres of discourse and the definition of literature. *Discourse Processes*, 28(2), 109-120.
- Stillman, G., y Mevarech, Z. R. (2010). Metacognition research in mathematics education: From hot topic to mature field. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 145-148.
- Veenman, M. V. J., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., y Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1, 3-14.
- Verschaffel, L., Depaepe, F., y De Corte, E. (2007). *Upper elementary school teachers' conceptions about and approaches towards mathematical modelling and problem solving: How do they cope with reality?* Ponencia presentada en la Conference on Professional Development of Mathematics Teachers Research and Practice from an International Perspective. Mathematische Forschungsinstitut, Oberwolfach, Alemania.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Webb, N. M. (2008). Learning in small groups. En T. L. Good (Ed.), *21st Century Education: A Reference Handbook* (pp. 203-211). Los Ángeles, CA: Sage Publications.
- Zion, M., Michalsky, T., y Mevarech, Z. R. (2005). The effects of metacognitive instruction embedded within an asynchronous learning network on scientific inquiry skills. *International Journal of Science Education*, 27(8), 957-958.

CAPÍTULO 4

Pedagogías metacognitivas en la educación matemática

Este capítulo revisa las cinco principales pedagogías metacognitivas utilizadas en la educación matemática, sus beneficios y sus desventajas. Los modelos son: Polya, Schoenfeld, IMPROVE, Verschaffel y Singapur. Aun cuando todos utilizan algún tipo de cuestionamiento autodirigido, difieren en sus detalles, alcance y rango de edad para su aplicación. Los modelos de Polya y Schoenfeld están diseñados para utilizarse con estudiantes universitarios y en tareas CUN individuales, mientras IMPROVE, y los modelos Verschaffel y Singapur pueden emplearse con estudiantes más jóvenes, ya sea para un conjunto de problemas o para todo el currículo. IMPROVE también ha sido modificado para utilizarse en otros dominios, y para el desarrollo profesional de los docentes con o sin tecnologías avanzadas. Al comparar los modelos se pueden apreciar las ventajas y los retos asociados con cada uno de ellos.

En principio los maestros podrían considerar que ya disponen, de manera espontánea, de una instrucción metacognitiva en su enseñanza, o que los estudiantes aplican automáticamente estrategias metacognitivas en su aprendizaje. Sin embargo, algunas observaciones demuestran que esto rara vez ocurre, pues los maestros con frecuencia ponen en práctica estrategias de manera implícita, sin darse tiempo para explicar a los estudiantes la importancia de los procesos metacognitivos y cómo implantarlos en el proceso de aprendizaje (Dignath y Buettner, 2008; Dignath et al., 2008).

Los maestros de matemáticas se enfrentan a retos adicionales. Muchos de ellos se enfocan únicamente en las matemáticas por sí mismas y piensan que todo lo demás no es importante o no forma parte de su programa. En consecuencia, esos maestros enfatizan la práctica de las capacidades cognitivas, pero rara vez hacen lo mismo en torno a los procesos metacognitivos. Nuestra experiencia demuestra que cuando los maestros experimentan los beneficios de la instrucción metacognitiva, modifican sus métodos de enseñanza de las matemáticas.

La inclusión de solución de problemas complejos, desconocidos y no rutinarios (CUN) en el currículo de las matemáticas, y la relación fuerte entre la metacognición y el éxito académico han incrementado aún más la importancia de enseñar a los estudiantes a monitorear, controlar y evaluar los procesos de solución de problemas. Polya (1957), Schoenfeld (1985), Mevarech y Kramarski (1997), Verschaffel (1999) y el Instituto Nacional de la Educación de Singapur (Lianghou y Yan, 2007) desarrollaron modelos pedagógicos de instrucción metacognitiva para alumnos de diferentes edades. Decidimos revisar esas intervenciones porque han sido utilizadas para la investigación o con fines prácticos, y todos —excepto el modelo Singapur—

reportaron las ventajas y desventajas relativo al desempeño matemático. Singapur es el único país donde la metacognición forma parte del currículo matemático y está vigente en todo el país. Resulta interesante que Singapur no sólo ocupe el primer lugar en la prueba internacional de la “solución creativa de problemas”, sino además ha obtenido altas calificaciones de manera consistente en las pruebas internacionales sobre los resultados de aprendizaje (OCDE, 2013, 2014).

A lo largo de los años, otras pedagogías metacognitivas han sido desarrolladas y evaluadas (Garofalo y Lester, 1985). Los modelos de Polya, Schoenfeld, Mevarech y Kramarski, Verschaffel y Singapur sientan las bases de las pedagogías metacognitivas en la educación matemática, y de manera particular las enfocadas sobre todo en tareas CUN.

La heurística de Polya para resolver problemas de matemáticas

Polya (1949), un matemático reconocido, propuso un modelo para resolver problemas en cuatro etapas, denominado “¿Cómo resolverlo?”. Aunque Polya no utilizó los términos asociados con la metacognición, los cuales se introdujeron hasta finales de la década de 1970, su modelo y heurística se refieren a lo que ahora denominamos metacognición (figura 4.1).

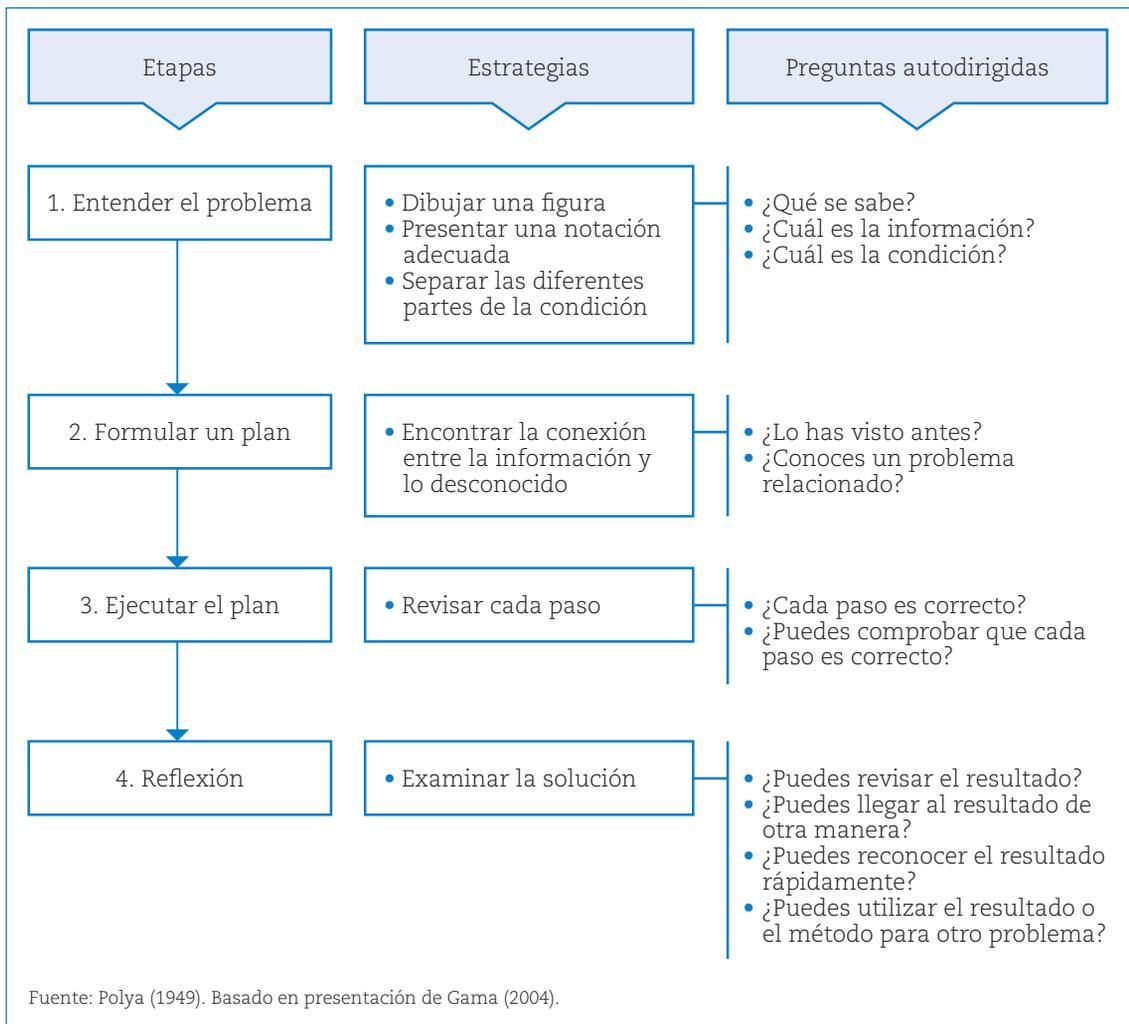
Polya (1949) basó su modelo en la noción de heurística, que se define como “una regla general para avanzar en problemas diferentes” (Schoenfeld, 1985). En ese existe una heurística para cada etapa: *entender* o identificar la información proporcionada, la deseada y las condiciones; *formular un plan* o hacer conexiones con el conocimiento existente; *ejecutar el plan* y revisar cada paso; *reflexión* o revisar el resultado y buscar otras formas de solución.

El modelo de Polya fue adoptado de inmediato entre los matemáticos. Aunque esta heurística nunca había sido enseñada como tal, diversos investigadores en matemáticas pensaron que Polya había logrado abrir la “caja negra”, pues describía exactamente lo que hacían los matemáticos al tratar de resolver problemas (Schoenfeld, 1985). Expertos y educadores del área compartían la idea de que utilizar esas preguntas auto-dirigidas era esencial para el proceso de solución de los problemas (Schoenfeld, 1985).

Al paso del tiempo el modelo fue conocido en todo el mundo. Los matemáticos, los educadores de las matemáticas, los científicos y las personas involucradas en resolver otro tipo de problemas —entre ellos los problemas rutinarios y los no rutinarios— pensaron que el modelo de Polya era correcto por su validez a primera vista, esto es, parecía que debería de funcionar.

Sin embargo, las elevadas expectativas al final resultaron en una decepción. Cuando los educadores en matemáticas intentaron aplicar el modelo en el aula, simplemente no funcionaba, pues la evidencia empírica “sugería que algo estaba equivocado o que hacía falta [...] A pesar del entusiasmo hacia el método, no existía evidencia clara de que los estudiantes habían realmente aprendido más como resultado de la instrucción heurística, o que habían aprendido algunas habilidades generales de solución de problemas que pudieron traducirse a nuevas situaciones” (Schoenfeld, 1987, p. 288). Este autor resumió sus observaciones al decir que “a cierto nivel, las descripciones de Polya de las estrategias de la solución de problemas fueron atinadas. Si ya sabías cómo utilizar las estrategias, las reconocías en sus textos. Pero revisándolas con más precisión, las descripciones de la solución de problemas no contaban con suficiente detalle para las personas que no estaban familiarizadas con las estrategias, como para poder implementarlas” (p. 288).

Figura 4.1. El modelo de Polya de cuatro etapas.



El modelo de enseñanza metacognitivo de Schoenfeld

Fascinado por la propuesta de Polya, pero con clara intención de evidenciar sus debilidades, Schoenfeld (1985) propuso un modelo para resolver problemas que consistía de las siguientes etapas:

- análisis, orientado a la comprensión del problema mediante la construcción de una representación adecuada
- diseño de un plan de solución global
- exploración orientada a la transformación del problema en una tarea rutinaria
- elaborar el plan de solución
- verificar la solución.

Para mejorar el uso de estos procesos, Schoenfeld sugiere aplicar un conjunto de tres preguntas auto-dirigidas:

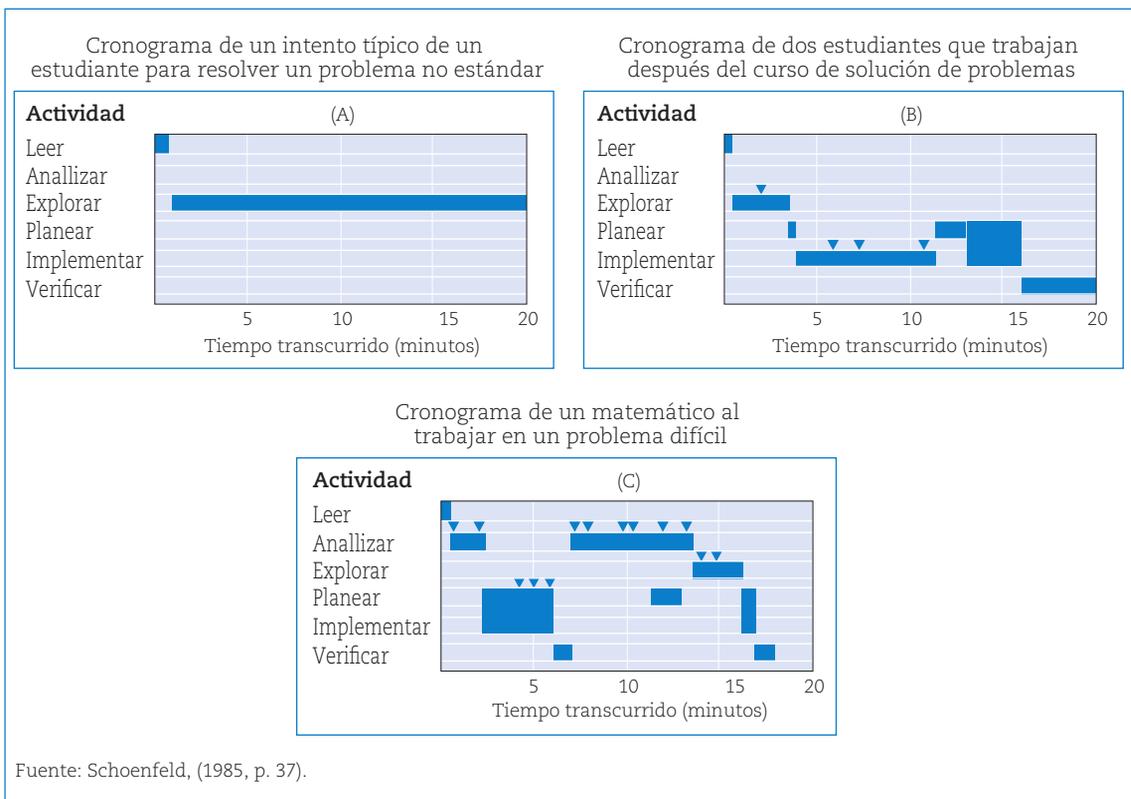
- ¿Qué haces exactamente? (¿Puedes describirlo con precisión?)
- ¿Por qué lo estás haciendo así? (¿Cómo se relaciona con la solución?)
- ¿Cómo te ayuda? (¿Qué harás con el resultado una vez que lo tengas?)

Tratar todas estas preguntas tiene dos funciones: primero, impulsa a los estudiantes a expresar sus estrategias de solución de problemas; y segundo, induce a la reflexión sobre estas actividades. Enseñar a los estudiantes a plantearse tales preguntas de manera espontánea podría llevarlos a pensar en su pensamiento, y a regular y monitorear su propio proceso cognitivo.

En el modelo de Schoenfeld las diferentes etapas se llevan a cabo de manera consecutiva y la heurística correspondiente se explica y se practica. El modelo se utiliza de manera amplia para demostrar cómo los expertos eligen y aplican la heurística. El instructor da un ejemplo mediante el uso de preguntas metacognitivas auto-dirigidas, mientras los estudiantes dedican una tercera parte de la clase a resolver problemas en pequeños grupos con base en las etapas antedichas. En tanto los estudiantes practican el método, el maestro toma el papel de asesor y provee regulación externa por medio de pistas, estímulos o retroalimentación.

Schoenfeld (1985, 1989, 1992) aplicó su modelo de enseñanza metacognitivo para enseñar problemas matemáticos desconocidos a alumnos de la Universidad de Stanford. Los estudiantes tuvieron 20 minutos para resolver el problema y se presentan sus actividades durante los 20 minutos en la figura 4.2. Antes de la intervención, los estudiantes tardaron menos de cinco minutos en leer el problema y el resto del tiempo exploraron la solución; en cambio después

Figura 4.2. Resolver un problema con y sin cuestionamiento autodirigido: cronograma de actividades



de la intervención, los estudiantes aplicaron varias estrategias metacognitivas, incluyendo la planeación, exploración y verificación. Intentaron implementar la solución sugerida, reflexionaron sobre el resultado y volvieron a intentar. Además Schoenfeld reportó que antes de la intervención, aproximadamente 60% de los estudiantes tendían a leer el problema y escoger rápidamente una estrategia de solución. Después continuaron con esta estrategia, aun si tenían evidencia clara que no estaban progresando. En contraste, al final de la capacitación, menos de 20% de los estudiantes hicieron el método original de “embarcarse en un intento de solución y continuarlo a pesar de todo” (Schoenfeld, 1992). Aplicar el cuestionamiento autodirigido antes descrito resultó en mejores soluciones a los problemas CUN. Utilizar la pregunta metacognitiva “¿Puedes describir exactamente lo que estás haciendo?” impulsó a los estudiantes a planear cuidadosamente la solución; las preguntas, “¿Por qué lo estás haciendo?” y “¿Cómo te ayudará?” los llevó a implementar su plan y pensar en cómo el resultado les ayudaría en los próximos pasos. La observación más importante es que después de la intervención, los estudiantes no fueron limitados por su primer intento; en cambio, fueron flexibles e intentaron diferentes técnicas cuando obtuvieron sub-soluciones que no correspondían con la solución.

Aplicar el cuestionamiento autodirigido antes descrito resultó en mejores soluciones del problema complejo y no rutinario.

El modelo de Schoenfeld fue implementado principalmente en el nivel universitario con estudiantes que se especializaban en las matemáticas. Las preguntas auto-dirigidas descritas podrían ser adecuadas para estudiantes universitarios que pueden especular sobre cómo cada paso lleva a la solución del próximo paso, y que pueden conjeturar qué harán con el resultado cuando lo obtengan (preguntas 2 y 3). Sin embargo, estas preguntas podrían generar un sobrecargo cognitivo en estudiantes más jóvenes y podrían resultar demasiado teóricas para los problemas rutinarios. Tanto el modelo de Schoenfeld como el de Polya tuvieron que reestructurarse para ser utilizados con estudiantes más jóvenes, para quienes las matemáticas son obligatorias y tienen que ser explícitamente guiados en la regulación de los procesos de solución tanto de tareas rutinarias como de tareas CUN.

El modelo IMPROVE

Uno de los primeros métodos metacognitivos para los estudiantes de primaria y secundaria es IMPROVE, diseñado por Mevarech y Kramaski (1997). La palabra IMPROVE describe las etapas de enseñanza que constituyen el método, por sus siglas en inglés, IMPROVE conlleva los siguientes elementos en relación con el aprendizaje:

- *Introducing the new concepts* / Presentar a toda la clase el nuevo material, conceptos, problemas o procedimientos a través de modelar la activación de los procesos metacognitivos.
- *Metacognitive questioning* / Aplicar un cuestionamiento metacognitivo autodirigido en pequeños grupos o contextos individualizados.
- *Practicing* / Practicar mediante el cuestionamiento metacognitivo.
- *Reviewing and reducing difficulties* / Revisión de los nuevos materiales mediante el cuestionamiento metacognitivo por parte del maestro y de los estudiantes.
- *Obtaining mastery* / Alcanzar el dominio de procesos cognitivos altos y bajos.

- *Verification* / Verificar la adquisición de capacidades cognitivas y metacognitivas basadas en el uso de procesos correctivos de retroalimentación.
- *Enrichment* / Actividades de enriquecimiento y regularización.

El gran reto para Mevarech y Kramarski fue diseñar un método de enseñanza innovador que pudiera ser administrado por maestros ordinarios en aulas de matemáticas “comunes,” en las que suele encontrarse con frecuencia numerosos estudiantes con habilidades matemáticas variables: algunos muestran dificultades profundas mientras otros tienen un destacado historial de éxito en esa materia.

Mevarech y Kramarski (1997) llevaron las pedagogías sugeridas por Polya (1949) y Schoenfeld (1985, 1989, 1992) un paso más allá al proponer un modelo cuyo enfoque no se limitaba a la enseñanza de problemas CUN, como hicieron Polya y Schoenfeld, puesto que se extiende a la enseñanza y aprendizaje de una sesión entera, un módulo completo o todo el currículo matemático, lo cual incluye realizar actividades de enriquecimiento y regularización. El ambiente de aprendizaje IMPROVE incluye una variedad de materiales y problemas —cuidadosamente diseñados y exigentes— para ser resueltos en contextos cooperativos o individuales, con o sin ayuda de las TIC. La orientación metacognitiva, en lugar de pensarse únicamente como un suplemento útil, se incorpora al proceso continuo de enseñanza y aprendizaje. La metacognición, tanto el conocimiento como la regulación, es el componente central de cada etapa del método IMPROVE.

IMPROVE está arraigado en varios paradigmas: la cognición, la cognición social y el aprendizaje regulado. Es único en el empleo de una sinergia que integra varias teorías en una sola entidad que puede aplicarse en diferentes tipos de tareas (rutinarias y no rutinarias, e incluso para lidiar con problemas emocionales), varios contextos y en evaluaciones inmediatas o atrasadas.

El elemento clave de IMPROVE consiste en implantar cuatro tipos de preguntas metacognitivas auto-dirigidas con base en los estudios de Polya (1957) y Schoenfeld (1989):

- Preguntas de comprensión: ¿de qué se trata el problema?
- Preguntas de conexión: ¿el problema en cuestión es parecido o diferente a otros problemas que ya has resuelto? Por favor explica tu razonamiento.
- Preguntas de estrategia: ¿qué tipos de estrategias son adecuadas para resolver el problema y por qué? Por favor explica tu razonamiento.
- Preguntas de reflexión: ¿la solución tiene sentido? ¿Se puede resolver el problema de otra manera? ¿Estás atorado? ¿Por qué?

Esta serie de preguntas guía al estudiante a activar procesos metacognitivos antes, durante y después de la solución del problema. Aplicarla podría convertirse en una costumbre mental, y ello permitiría al estudiante utilizarla no únicamente en matemáticas, sino también en situaciones relacionadas con la resolución de problemas en su aprendizaje de toda la vida.

Preguntas de comprensión

Al observar a los estudiantes resolver problemas comunes o complejos, los maestros e investigadores notan que con mucha frecuencia los estudiantes empiezan de inmediato a “resolver” el problema sin antes haber intentado comprenderlo (Schoenfeld, 1992). A menudo los estu-

diantes (erróneamente) dependen de la “narrativa” superficial del problema y no de su construcción matemática; también suelen enfocarse (de manera equivocada) en algunas palabras clave del problema. Por ejemplo, los estudiantes suponen que “más” siempre implica sumar, aun cuando no siempre es el caso. En el problema: una playera cuesta 10 euros en la Tienda A, que son 2 euros más que en la Tienda B. ¿Cuánto cuesta la playera en la Tienda B? Muchos estudiantes responden doce euros en lugar de ocho (Mevarech, 1999).

Es evidente que comprender el problema es el primer paso en el proceso de solución. La pregunta de comprensión lleva al estudiante a preguntarse de qué se trata el problema. Una manera efectiva de tratar las preguntas de comprensión es pedir a los estudiantes enunciar el problema en sus propias palabras en vez de releerlo, o de identificar qué tipo de problema es (por ejemplo, es un problema de velocidad-tiempo-distancia), sin referirse de manera específica a los números mencionados en el problema.

Preguntas de conexión

Las teorías actuales en la psicología cognitiva suponen que el conocimiento se construye a partir de las conexiones (Wittrock, 1986). Sin la construcción de puentes entre el conocimiento existente y el nuevo, la información resultante se mantiene discreta e innata (King, 1991). De ahí que el conocimiento previo es crucial para el proceso de aprendizaje (Schneider y Stern, 2010). La pregunta de conexión lleva al estudiante a construir esos puentes al preguntarse: “¿acaso el problema en cuestión es parecido o diferente a otros problemas que ya he resuelto?”. Cuando los estudiantes consideran la pregunta de conexión, es menos probable que utilicen prueba y error, que puede resultar en el fracaso, la frustración y una tendencia a evitar las matemáticas (Schoenfeld, 1992).

Preguntas de estrategia

“Estrategia” se define en el diccionario como “un plan, un método o una serie de maniobras o estratagemas para alcanzar un meta o resultado específico; el uso hábil de una estratagema, por ejemplo, es lo siguiente: la estrategia de un vendedor era parecer siempre estar de acuerdo con los clientes”. Con el método IMPROVE los estudiantes aprenden a utilizar dos tipos de estrategias: las matemáticas y las metacognitivas. En el recuadro 4.1 se presenta un listado de estrategias cognitivas y metacognitivas enfocadas en la solución de problemas matemáticos.

Una gama tan amplia de estrategias hace pensar en si existe la posibilidad de que los maestros las enseñen todas. Queda claro que los estudiantes no deben memorizarlas, y tampoco tienen que adquirirlas todas en una sesión o en el transcurso de un año escolar. La adquisición de estrategias continúa durante toda la vida, dentro y fuera de la escuela, durante el aprendizaje y en el trabajo (Lave, 1988; Nunes, Schliemann y Carraher, 1993).

Modelar a través del pensamiento en voz alta es una de las mejores maneras para hacer que los estudiantes tomen conciencia de las estrategias. Cuando los maestros denominen de manera explícita a las estrategias de una manera que describe su significado y demuestra cómo utilizarlas, y cuando los estudiantes las practican, poco a poco logran adquirir una gama amplia de estrategias. En cierta etapa, la aplicación de ambos tipos de estrategias —cognitivas y metacognitivas— podría hacerse de manera automática.

Recuadro 4.1. Estrategias matemáticas cognitivas y metacognitivas

Aquí se describen de manera resumida algunas estrategias cognitivas y metacognitivas utilizadas para resolver diferentes tipos de problemas matemáticos. Esta lista se basa sobre todo en el texto de *Google Mathematics and Science Strategies: Professional Development Resource -Teacher V*, Kujawa y Huske (1995) y los estudios revisados en este documento.

Estrategias cognitivas para la solución de problemas matemáticos

- Clasificaciones cuidadosamente determinadas para indicar las características de la tarea
- Comparar artículos, grupos o cantidades
- Manipular objetos para ayudarse en la representación del problema
- Ensayo y error
- Hacer una tabla
- Hacer un dibujo
- Eliminar sistemáticamente las hipótesis/procedimientos/teoremas posibles
- Utilizar una fórmula
- Encontrar un patrón y utilizar modelos para describir patrones
- Simplificar el problema mirando casos específicos (por ejemplo, y si $x=0$)
- Dividir un problema complejo en un problema más sencillo y resolver cada uno por separado
- Aproximar la respuesta antes de hacer los cálculos y después revisar si la respuesta calculada se acerca a la aproximación inicial
- Utilizar el sentido numérico
- Trabajar con el problema de manera inversa
- Distinguir entre información relevante e irrelevante
- Identificar la información proporcionada y la deseada, y revisar si se utilizó toda la información ofrecida
- Hacer generalizaciones acerca de los números
- Utilizar varias técnicas para mostrar la información
- Utilizar estrategias de lectura para comprender problemas CUN y narrativos

Desarrollar un plan de acción, mantener/monitorear el plan y la evaluación

Antes de elaborar el plan de acción es necesario preguntarse:

- ¿Qué parte de mi conocimiento existente me podrá ayudar con esta tarea?
- ¿Ya he resuelto problemas así? ¿Cómo?
- ¿Qué estrategias funcionan mejor para mí (visualizar, escribir, memorizar, diagramar, ponerme a prueba, etc.)?
- ¿En qué dirección quiero ir?
- ¿Qué debo de hacer primero?
- ¿Cuánto tiempo tengo para completar la tarea?
- ¿Cuál es mi objetivo? ¿Qué tan motivado estoy? Estas preguntas pretenden aumentar la motivación y recuerdan al estudiante que sin ella no tendrá éxito.

Durante el proceso de solución de problemas, mientras se mantiene o se monitorea el plan de acción, es necesario preguntarse:

- ¿Cómo voy?
- ¿Qué estoy haciendo aquí? ¿Por qué lo estoy haciendo? ¿Voy en el camino correcto?
- ¿Cómo debería de proceder?
- ¿Qué información es relevante o importante para acordar/considerar/utilizar?
- ¿Debería de moverme en otra dirección?
- ¿Debería ajustar mi ritmo según las dificultades?
- ¿Estoy atorado? ¿Por qué? ¿Me referí a toda la información relevante? (revisa de manera sistemática toda la información y evalúa si consideraste el total de la misma)
- ¿Qué debo hacer si no lo entiendo?

Recuadro 4.1. Estrategias matemáticas cognitivas y metacognitivas (continuación)

Al final del proceso de solución, mientras se evalúa el plan de acción, es menester preguntarse:

- ¿Tiene sentido la solución? ¿Corresponde con la información proporcionada en el problema?
- ¿Cómo me fue?
- ¿Mi forma particular de pensar produce más o menos de lo que esperaba?
- ¿Qué pudiera haber hecho diferente? (aun cuando la respuesta es correcta)
- ¿Cómo podría aplicar esta línea de pensamiento a otros problemas?
- ¿Necesito regresar a la tarea para llenar algún “hueco” en mi comprensión?

Fuente: *Google Mathematics and Science Strategies: Professional Development Resource. Teacher V*; Kujawa y Huske (1995).

Preguntas de reflexión

El propósito de las preguntas de reflexión tiene tres vertientes: 1) orientar a los estudiantes a monitorear su progreso mientras resuelven problemas; 2) ayudarlos a realizar cambios y adaptar sus estrategias cuando están “atorados”, y 3) dirigir a los estudiantes a la reflexión para analizar cuál estrategia funciona y cómo pueden utilizarla para resolver otros problemas, o pensar en opciones posibles, por ejemplo, maneras más “elegantes” o más rápidas de resolver el problema. En IMPROVE, las preguntas de reflexión son como las siguientes:

- ¿La solución tiene sentido? ¿Corresponde con las condiciones descritas en el problema? ¿Cuántas soluciones debería de obtener?
- ¿Puedo resolver el problema de otra manera? ¿Lo puedo resolver de una manera más “elegante” o más corta? ¿Cómo?
- ¿Cómo puedo utilizar lo que he aprendido ahora para resolver otros problemas?
- ¿Estoy atorado? ¿Por qué estoy atorado? ¿Consideraré toda la información proporcionada en el problema? ¿Identifiqué correctamente toda la información proporcionada y la deseada?

IMPROVE es un método adecuado a la situación en el aula porque se refiere a todas las etapas de enseñanza, desde la introducción de un nuevo tema, concepto o problema hasta la evaluación y la etapa de actividades de regularización o de enriquecimiento (es decir, la última etapa de IMPROVE, que se explica más abajo). Las cuatro preguntas metacognitivas auto-dirigidas genéricas son fáciles de recordar y utilizar, y el aprendizaje en pequeños grupos facilita aún más implantar los procesos metacognitivos durante la expresión de nuestro pensamiento.

El modelo de instrucción metacognitiva de Verschaffel para matemáticas de primaria

Otros investigadores también han propuesto utilizar la heurística y la metacognición para resolver problemas matemáticos. Uno de ellos es Verschaffel (1999), quien desarrolló un modelo más amplio para resolver problemas rutinarios y no rutinarios para los últimos grados

de primaria. Al igual que los modelos antes descritos, el de Verschaffel incluye las etapas de entender el problema, planear, ejecutar el plan, interpretar el resultado y formular una respuesta. Verschaffel complementa el modelo al describir la heurística específica para cada paso (De Corte, Verschaffel y Eynde, 2000, p. 174):

- Construir una representación mental del problema.
- Heurística: hacer un dibujo, una lista, un esquema o una tabla, distinguir la información relevante de la irrelevante y utiliza tu conocimiento de la vida real.
- Decidir cómo resolver el problema.
- Heurística: hacer un diagrama de flujo, ensayo y error, busca un patrón, simplifica los números.
- Hacer los cálculos necesarios.
- Interpretar el resultado y formular una respuesta.
- Evaluar la solución.

Al igual que IMPROVE, una lección conforme al modelo de Verschaffel consiste en actividades para solucionar problemas en grupo o tareas individuales, para finalizar siempre con una discusión entre toda la clase. El maestro hace una demostración de cada estrategia metacognitiva al principio, y su papel consiste en impulsar a los estudiantes a participar en la solución de problemas matemáticos, además de reflexionar sobre los tipos de actividades cognitivas y metacognitivas implicadas en el proceso. Los estímulos y apoyos son retirados de manera gradual, conforme los estudiantes se vuelven más competentes y se responsabilizan más de su propio aprendizaje.

Modelo Singapur para la solución de problemas matemáticos

Evaluated como uno de los países con mejor desempeño, tanto en el Estudio de las Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS) como en el Informe del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA), en Singapur se adoptó el concepto de la metacognición en el currículo matemático para todos los niveles escolares a principios del siglo XXI (Lianghu y Yan, 2007). El marco de la solución de problemas matemáticos (figura 4.3) combina cinco componentes interrelacionados: 1) conceptos (numéricos, geométricos, algebraicos, estadísticos, probabilísticos y analíticos); 2) capacidades (cálculo numérico, manipulación algebraica, visualización espacial, análisis de datos, medición, uso de herramientas matemáticas y aproximación); 3) procesos (razonamiento, comunicación y conexiones, capacidades de pensamiento y heurística, aplicación y modelar); 4) metacognición (monitorear tu propio pensamiento, autorregulación del aprendizaje), y 5) actitudes (creencias, interés, apreciación, confianza y perseverancia).

Este contexto pentagonal ha tenido como efecto que los libros de texto más recientes en Singapur ahora incluyen problemas rutinarios, no rutinarios y auténticos, además de tareas de exploración y proyectos al final de cada capítulo (Lianghou y Yan, 2007). Los instructores han empezado a impulsar abiertamente a los alumnos para aplicar las técnicas de autorregulación y autorreflexión en la solución de problemas matemáticos. Los currículos de la materia incluyen la heurística para solución de problemas y un modelo para resolverlos, ambos elementos basados sobre todo en el modelo de Polya:

Figura 4.3. Marco pentagonal de Singapur para la solución de problemas matemáticos



1. Entender el problema.
2. Formular un plan (elegir una heurística).
3. Llevar a cabo el plan.
4. Considerar si el problema debe modificarse o si es necesario un nuevo plan.
5. Revisar si la solución tiene sentido o es razonable.
6. Reflexionar sobre cómo mejorar el método utilizado, buscando soluciones alternativas y expandiendo el método a otros problemas.

En Singapur, la orientación metacognitiva suele implantarse a nivel nacional. Los maestros demuestran la heurística y las estrategias metacognitivas, en tanto los alumnos los practican de manera regular tanto para resolver problemas simples y rutinarios como no rutinarios y complejos.

Comparación de modelos metacognitivos

¿Qué similitudes y diferencias existen entre las pedagogías metacognitivas antes descritas? En este apartado se comparan los modelos de Polya, Schoenfeld, IMPROVE y Verschaffel; se deja de lado el modelo Singapur porque no pudimos encontrar un estudio en el que se mostraran los efectos del componente metacognitivo en el logro del éxito matemático. Esta falta de evidencia es quizá resultado del hecho de que ese modelo sea obligatorio en su totalidad, sin hacer distinción entre los diferentes componentes.

Indudablemente el modelo de Polya sienta las bases para los otros modelos metacognitivos aquí descritos. Dicho autor fue el primero en presentar un esquema general de “cómo

resolverlo”. Sus cuatro etapas y cuestionamiento autodirigido se incluyen en todos los otros modelos, aunque a veces los términos o números de etapas son diferentes. Polya también fue el primer matemático que enfatizó la importancia de aplicar la heurística para resolver tareas matemáticas de tipo complejo y no rutinario con la aplicación cuidadosa de los procesos de planeación, monitoreo y reflexión.

Sin embargo, los cuatro modelos son diferentes en varios aspectos. Primero, mientras los modelos de Polya y Schoenfeld se refieren a la solución de un solo problema —por lo general una tarea CUN—, los modelos Verschaffel e IMPROVE se enfocan en un conjunto de problemas rutinarios y no rutinarios similares, e incluso en un módulo completo; de hecho, IMPROVE sugiere cubrir todo el currículo. Esto no representa solamente una diferencia cuantitativa (un solo problema o todo el currículo), pues restringir el modelo a una tarea limita el papel de la práctica y no expone a los estudiantes a los beneficios de la autorregulación y del uso de los procesos metacognitivos en una variedad de problemas. En consecuencia, también podría reducir la posibilidad de generalizar el modelo por parte de los estudiantes para transferirlo a otras situaciones. Además, los resultados positivos reportados por Schoenfeld podrían deberse al llamado efecto Hawthorne —la tendencia de las personas a desempeñarse mejor cuando participan en un experimento, debido a la atención que reciben de los investigadores o el hecho mismo que están participando en un estudio importante—, y el tiempo y esfuerzo extra dedicados a la solución de esos problemas particulares.

Otra diferencia entre los modelos es el grado escolar al que van dirigidos: los modelos de Polya y Schoenfeld han sido implantados sobre todo en educación media superior; el modelo Verschaffel se aplica entre estudiantes de primaria, y el modelo IMPROVE entre alumnos de todas las edades. Este gran rango de grados escolares permitió a los modelos Verschaffel e IMPROVE enfocarse en tareas rutinarias y no rutinarias, en vez de utilizar un solo tipo de problemas. Por otro lado, el cuestionamiento autodirigido genérico del modelo IMPROVE podría fácilmente ser modificado para promover efectos socio-emocionales, además de aumentar el logro de buenos resultados en la enseñanza (como podremos ver en el capítulo 6).

Por último, aun cuando el objetivo de todos los modelos consiste en mejorar la metacognición como un medio para promover la solución de problemas matemáticos, existen diferencias en el alcance de los estudios realizados sobre ellos: por ejemplo, solamente las matemáticas en comparación con las matemáticas, la ciencia y otros dominios; la cantidad y calidad de la evidencia necesaria para probar la efectividad de los modelos para promover el conjunto de habilidades que requieren las sociedades impulsadas por la innovación y el conocimiento. En el capítulo 5 se incluye la revisión de estudios basados en evidencia en torno a los efectos de estas pedagogías metacognitivas, y por ello ahora será de utilidad comparar los métodos pedagógicos metacognitivos mostrados en la cuadro 4.1.

La comparación anterior permite destacar las ventajas y retos de cada modelo. Primero, a pesar de las diferencias entre ellos, todos comparten elementos comunes: sus objetivos, marcos contextuales, énfasis en tareas CUN —tanto en la enseñanza como en la evaluación de los resultados—, uso de la heurística y ambientes de aprendizaje cooperativos. Las diferencias básicas se encuentran en el nivel educativo al que se dirigen, desde un rango de edad limitado a estudiantes universitarios (Polya y Schoenfeld), estudiantes avanzados de primaria (Verschaffel), o estudiantes desde preprimaria hasta preparatorio y adultos (IMPROVE). Ampliar el enfoque a todos los niveles educativos permite que este último modelo alcance la enseñanza de todo un módulo o currículo, incluida la realización de actividades de regularización y de enriquecimiento. A su vez, los otros modelos se enfocan en una tarea y rara vez consideran

Cuadro 4.1. Comparación de los modelos metacognitivos

	Polya (1949)	Schoenfeld (1985)	Verschaffel (1999)	IMPROVE (1997)
Marco	Fases Entender Planear Llevar a cabo Reflexionar	Fases: Análisis Diseño Exploración Implementación Verificación	Fases: Representación Planeación Ejecución Interpretación Evaluación	Fases: Introducción Cuestionamiento metacognitivo Practicar Revisar Obtener el dominio Verificación Enriquecer y remediar
Aspectos importantes	Cognición Metacognición	Cognitivo Metacognitivo Afecto Creencias	Cognición Metacognición Afecto Creencias	Cognición Metacognición Afecto Ansiedad, motivación y autoestima matemáticos
Enfoques	Tareas CUN individuales	Tareas CUN individuales	Conjuntos de problemas narrativos complejos, no rutinarios y realistas	Módulos completos que incluyen: problemas rutinarios, tareas CUN y problemas auténticos
Estrategias	Heurística y metacognición	Heurística y metacognición	Heurística y metacognición	Heurística y metacognición
Comportamiento típico del instructor	Fomenta las discusiones entre toda la clase	Es un regulador externo, da estímulos y retroalimentación	Modela y crea soportes para el comportamiento. Los soportes se retiran de manera gradual	Modela las estrategias cognitivas y metacognitivas; fomenta la discusión entre toda la clase; da retroalimentación
Tratar las preguntas autodirigidas	Individualmente y entre toda la clase	Individualmente y entre toda la clase	Individualmente y entre toda la clase	Individualmente y entre toda la clase; responder de manera oral o escrita
Ambientes de aprendizaje	Aprendizaje individual/cooperativo	Aprendizaje individual/cooperativo	Aprendizaje individual/cooperativo	Aprendizaje individual/cooperativo con o sin las TIC
Grado escolar	Estudiantes universitarios	Estudiantes universitarios	Primaria avanzada	Todos los grados y estudiantes universitarios; docentes pre-profesionales y profesionales
Materiales de aprendizaje	Sin material preparado	Sin material preparado	Plan de lecciones	Plan de lecciones y material remedial y de enriquecimiento
Dominios	Matemáticas	Matemáticas	Matemáticas	Matemáticas, ciencias y conocimiento de contenido pedagógico
Resultados basados en evidencia*		Efectos positivos sobre: problemas CUN, autorregulación y creencias	Efectos positivos sobre: tareas rutinarias y CUN, retención del discurso matemático, autorregulación y creencias	Efectos positivos sobre tareas rutinarias y CUN, razonamiento matemático, creatividad matemática, discurso matemático, metacognición y autorregulación, autoeficacia y evaluación del aprendizaje
Carácter del efecto		Efecto inmediato	Efecto inmediato y retardado	Efecto inmediato, retardado y duradero

* Para mayores detalles vea el capítulo 5.

los efectos diferidos y duraderos: algunos de ellos fueron diseñados para utilizarse solamente en las clases de matemáticas (Schoenfeld y Verschaffel), pero IMPROVE ha sido modificado para poder aplicarse en la educación científica. Por último, si bien no menos importante, los modelos difieren en los resultados esperados y sus evaluaciones variables, desde una o dos habilidades (Schoenfeld) a una larga lista de resultados que incluye razonamiento matemático, transferencia cercana y lejana, discurso matemático, varias habilidades metacognitivas y manejo de resultados afectivos como la ansiedad, la motivación o la auto-estima generadas por el proceso de enseñanza de la matemática (IMPROVE).

La principal desventaja de utilizar las pedagogías metacognitivas está vinculada con el tiempo y los esfuerzos adicionales que podrían asociarse con su puesta en marcha. Sin embargo, nuestra experiencia demuestra que los estudiantes frecuentemente superan esta dificultad después de un tiempo corto de practicar. Reconocen los beneficios del cuestionamiento autocognitivo, asimilan con facilidad esas preguntas y las utilizan para resolver problemas de manera individual o en grupos pequeños.

Conclusión

Aunque exista un consenso general de que en las sociedades impulsadas por la innovación no es suficiente enseñar únicamente problemas rutinarios, sigue abierta la pregunta de cuál es la forma más eficaz para mejorar la solución de problemas CUN. Cinco modelos pedagógicos metacognitivos abordaron este tema para diferentes edades y obtuvieron resultados variables: algunos promueven únicamente la solución a problemas CUN, mientras otros pretenden aumentar las habilidades de los estudiantes para resolver tareas rutinarias y CUN, además de dirigirse a resultados afectivos, como reducir la ansiedad o aumentar la motivación. Cada uno de los cinco modelos ha sido puesto en práctica en clases de matemáticas; IMPROVE se ha implantado tanto en clases de matemáticas como de ciencias. Estos modelos tienen implicaciones significativas para las autoridades educativas en relación con el diseño de ambientes de aprendizaje efectivos.

- Hay mucho consenso de que la enseñanza de los procesos metacognitivos es factible en aulas ordinarias y con maestros “comunes”.
- El uso del cuestionamiento metacognitivo autodirigido es un pilar para todos estos modelos. Orienta a los estudiantes a ser conscientes de la información proporcionada y requerida en una tarea, de sus conocimientos y habilidades, y de las estrategias que podrían ser adecuadas para resolver el problema.
- El cuestionamiento metacognitivo autodirigido genérico se enfoca en la comprensión, las conexiones, las estrategias y la reflexión. Estas cuestiones activan los procesos de los estudiantes para planear, monitorear, controlar y reflexionar. Por ende, este cuestionamiento puede ser aplicado en varias materias —matemáticas, ciencia, lectura, lenguas extranjeras, entre otros—, además de su utilidad para fomentar tareas rutinarias y no rutinarias.
- La enseñanza de la metacognición no se restringe a cierto grupo de edad. Las pedagogías metacognitivas se pueden aplicar en diversos niveles: desde preescolar y primaria hasta secundaria y preparatoria.
- Aunque las pedagogías metacognitivas pueden ser aplicadas a una edad muy temprana, no hay evidencia de que empezar más temprano reporte ventajas adicionales para el aprendizaje. Este punto merece más investigación.

Referencias

- De Corte, E., Verschaffel L. y Op't Eynde P. (2000). Self-regulation: A characteristic and a goal of mathematics education. En M. Bockaerts, P.R. Pintrich y M. Zeidner (Eds.). *Handbook of Self-Regulation* (pp. 687-726). San Diego, CA: Academic Press.
- Dignath, C., y Buettner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students. A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition Learning*, 3, 231-264.
- Dignath, C., Buettner, G., y Langfeldt, H.-P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively? A meta-analysis on self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3(2), 101-129.
- Garofalo, J., y Lester, F. (1985). Metacognition, cognitive monitoring and mathematical performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16(3), 163-176.
- King, A. (1991). Effects of training in strategic questioning on children's problem-solving performance. *Journal of Educational Psychology*, 83(3), 307-317.
- Kujawa, S., y Huske, L. (1995). *Strategic Teaching and Reading Project Guidebook*. Oak Brook, IL: North Central Regional Educational Laboratory.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Lianghou, F., y Yan, Z. (2007). Representation of problem-solving procedures: A representative look at China, Singapore, and US mathematics textbooks. *Educational Studies in Mathematics*, 66(1), 61-75.
- Mevarech, Z. R. (1999). Effects of metacognitive training embedded in cooperative settings on mathematical problem solving. *Journal of Educational Research*, 92(4), 195-205.
- Mevarech, Z. R., y Kramarski, B. (1997). IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-395.
- Nunes, T., Schliemann, A. D., y Carraher, D. W. (1993). *Street Mathematics and School Mathematics*. Nueva York, NY: Cambridge University Press.
- OCDE (2014). *PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems* (Volumen V). París, FR: PISA/OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en>.
- OCDE (2013). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Mathematics, Reading and Science* (Volumen I). París, FR: PISA/OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201118-en>.
- Polya, G. (1957). *How to Solve It* (2a. ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Polya, G. (1949). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Schneider, M., y Stern, E. (2010). The cognitive perspective on learning: Ten cornerstone findings. En H. Dumont, D. Istance y F. Benavides (Eds.). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice* (Educational Research and Innovation). París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-5-en>.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching* (pp. 334-370). Nueva York, NY: MacMillan..
- Schoenfeld, A. H. (1989). Problem solving in context(s). En R. Charles y E. Silver (Eds.). *The Teaching and Assessing of Mathematical Problem Solving* (pp. 82-92). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Schoenfeld, A. H. (1987). Polya, problem solving, and education. *Mathematics Magazine*, 60(5), 283-291.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Nueva York, NY: Academic Press.
- Verschaffel, L. (1999). Realistic mathematical modeling and problem solving in the upper elementary school: Analysis and improvement. En J. H. M Hamers, J. E. H Van Luit y B. Csapo (Eds.). *Teaching and Learning Thinking Skills* (pp. 215-240). Lisse, NL: Swets and Zeitlinger.
- Wittrock, M.C. (1986). Students' thought processes. En M. C. Wittrock (Ed.). *Handbook of Research on Teaching* (pp. 297-314). Nueva York, NY: MacMillan.



CAPÍTULO 5

Los efectos de la enseñanza metacognitiva en el desempeño

No es suficiente entender la lógica que subyace a un método de enseñanza y aceptar las suposiciones en que se sostiene. Tanto planificadores como autoridades educativas, maestros, e incluso el público en general, buscan evidencia sobre sus efectos y sobre sus desventajas. Se ha realizado una gran cantidad de estudios experimentales y cuasi-experimentales, sobre los efectos de las pedagogías metacognitivas para la obtención de buenos resultados en el aprendizaje matemático, siempre comparando el grupo metacognitivo con un grupo de control que recibe una enseñanza tradicional. Entre los estudiantes de todas las edades los métodos metacognitivos aumentan los resultados positivos en aritmética, álgebra y geometría, con efectos duraderos y efectos positivos hasta en situaciones de alto impacto, como los exámenes de admisión. Los métodos metacognitivos fueron más eficaces en ambientes cooperativos, aunque también mejoraron el desempeño en contextos de aprendizaje individualizados.

Se han realizado numerosos estudios para analizar los efectos de la intervención metacognitiva en los resultados escolares. Los propósitos varían, sin embargo, en cuanto a las materias y los grados escolares, los tipos de población y los resultados previstos. Muchos se enfocan en la lectura y la escritura, otros en las matemáticas —principalmente problemas narrativos estándar—, y otros en dominios de ciencias naturales, humanidades e incluso educación física. Una de las variables para esos estudios ha sido el rango de edades de los estudiantes, desde preescolar hasta primaria, secundaria, universidad y adultos mayores. La literatura sobre el tema de investigación incluye también a personas con enfermedades mentales y estudiantes con diversos problemas de aprendizaje, e incluso se ha estudiado el comportamiento metacognitivo de los animales.

Revisar todos esos estudios va más allá del alcance de nuestro trabajo. Por tanto, hemos limitado nuestra revisión a los estudios relacionados con el éxito matemático escolar, y en particular con la solución de problemas tanto sencillos y rutinarios como no rutinarios y complejos. Para aprender más sobre cómo las intervenciones metacognitivas funcionan en las clases de matemáticas, y al considerar los numerosos estudios enfocados en el método IMPROVE, en este capítulo se presentan algunos resultados con base en la evidencia del uso de IMPROVE para diferentes niveles educativos, desde preprimaria hasta media superior, seguido por una revisión de los efectos de otros programas metacognitivos y el resumen de estudios que utilizaron una estrategia de meta-análisis cuando se pudo disponer de tales estudios.

El impacto de programas metacognitivos en la solución de problemas entre diferentes grupos de edad

En esta sección se considera la evidencia relacionada con el impacto de pedagogías metacognitivas entre niños de preescolar, al igual que para estudiantes de primaria, secundaria y universidad. Para cada nivel educativo, en esta sección se revisan estudios que se enfocaron en diferentes tipos de habilidades, para lo cual fueron incluidas las calificaciones de exámenes rutinarios y CUN, el razonamiento, y otros tipos de pensamiento de alto nivel —como la transferencia del conocimiento a nuevos dominios—. También se aborda la cuestión de si las pedagogías metacognitivas ayudan a los estudiantes a aprobar los exámenes de alto impacto.

Niños de preescolar

Desafortunadamente, pocos estudios se han enfocado en los efectos de las intervenciones metacognitivas en el pensamiento matemático entre niños de preescolar. La literatura está llena de recomendaciones de cómo promover las habilidades metacognitivas para pre-primaria, sobre todo impulsar que los niños expresen su pensamiento, pero hay pocos análisis sobre la eficacia de estas recomendaciones.

A pesar del desacuerdo sobre la edad a que los niños pueden activar sus procesos metacognitivos (Capítulo 2), suele aceptarse que los primeros años (tanto en preescolar como en primaria) son importantes para el desarrollo de las capacidades metacognitivas (Anderson, 2002; Blair, 2002). Los estudios recientes en el área de la neurociencia demuestran que una gran parte del cerebro de los niños pequeños es plástica y se va formando de acuerdo con las experiencias durante los primeros años de la vida (Hinton y Fischer, 2010). Con base en numerosos estudios, Hinton y Fischer (2010, 127-128) concluyen que

La naturaleza y la crianza están en una constante interacción que da forma al desarrollo del cerebro. Aunque existan ciertas predisposiciones genéticas, el ambiente ejerce una influencia poderosa sobre cómo se desarrolla el cerebro. Entonces, con frecuencia es deseable poder mover las políticas de un enfoque sobre el tratamiento del individuo hacia un enfoque sobre la reestructuración del ambiente (...) Los ambientes de aprendizaje pueden ser estructurados para complementar la tendencia biológica de los niños pequeños a entender el mundo numéricamente (así como) su base de conocimiento informal para facilitar su entendimiento de las matemáticas formales..

En efecto, Whitebread y Coltman (2010) reportaron evidencia en la cual se mostraba el discurso metacognitivo entre niños de tres a cinco años de edad que participaron en ambientes naturales de preescolar en el Reino Unido. Demostraron cómo las interacciones pedagógicas metacognitivas impulsaron a los niños a expresar su pensamiento, que a su vez apoya el comportamiento matemático metacognitivo y autorregulado. En un estudio más reciente Alin (2012) describió resultados parecidos relacionados con los efectos positivos de enseñar mediciones lineales entre alumnos de preescolar mediante el empleo de la enseñanza metacognitiva.

Con base en estos resultados —prometedores en lo que concierne la capacidad de los niños pequeños de activar los procesos metacognitivos— Whitebread *et al.* (2009), Whitebread y Coltman (2010), Mevarech y Hillel (2012) modificaron el método IMPROVE para implantarlo entre niños de cuatro a cinco años que recibían educación preescolar. En ese estudio el módulo matemático tuvo un enfoque sobre la división en dos, y la capacidad metacognitiva en cuestión fue la planeación, en la medida en que se considera una de las habilidades más difíciles y por ello se desarrolla más tarde (Schraw y Moshman, 1995). A los niños de IMPROVE se les enseñó a planear sus actividades matemáticas con anticipación y a expresar su razonamiento; el grupo de control realizó las mismas actividades matemáticas durante el mismo periodo y sin intervención metacognitiva. Los resultados indican que los niños de IMPROVE tuvieron más capacidad de planear con anticipación, generalizar el principio matemático de la división usando dos números, pares e impares, y además lograron justificar su razonamiento con más precisión que el grupo de control, a quien no se le enseñó a expresar su razonamiento.

Mediante un estudio similar, realizado por Neeman y Kramaski (en prensa), se examinaron los efectos de IMPROVE en las capacidades de niños de preprimaria vinculadas con la solución de problemas matemáticos, la metacognición y la comunicación social, mientras los niños trabajaban en pequeños grupos en una tarea que les exigía encontrar un patrón. El comportamiento de los niños se comparó con el de un grupo de control, que no fue expuesto al soporte metacognitivo. Los resultados indican que los niños expuestos al modelo IMPROVE desarrollaron un mayor nivel en su capacidad para resolver problemas matemáticos, los procesos metacognitivos y la autoeficacia en comparación con los niños del grupo de control. Los niños del grupo de IMPROVE aportaron explicaciones más detalladas, expresiones metacognitivas e interacciones verbales con otros colegas en su grupo, incluida la valoración de sus soluciones y la corrección de errores. En cambio, la comunicación dentro del grupo de control fue bastante atenuada: con frecuencia los niños expresaron sus soluciones con acciones o gestos y no compartieron su conocimiento con sus colegas.

En otro relacionado, Elliott (1993) analizó el impacto del soporte metacognitivo en el pensamiento matemático entre niños de preescolar con mayor y menor desempeño. En ese estudio el grupo metacognitivo fue comparado con un grupo de control cuyos maestros tuvieron que utilizar sus “mejores prácticas” y orientarse con el currículo y los libros de ayuda. Elliott explica que “típicamente”, las mejores prácticas implican una orientación directa con una mínima participación del maestro, quien se limita a animar, dirigir o confirmar. En contraste con el método metacognitivo, hubo poca demostración del proceso relevante, una ausencia casi total de discusión sobre el “por qué” o “cómo”, hubo poco enfoque sobre planeación, monitoreo y evaluación, y poco énfasis sobre la interacción entre alumnos. Elliott reportó que los niños que habían participado en las sesiones matemáticas metacognitivas obtuvieron calificaciones bastante más altas en el examen de desempeño matemático que el grupo de control. En particular, resulta interesante considerar el efecto positivo del método metacognitivo entre niños de bajo desempeño.

Estudiantes de primaria, secundaria y preparatoria

Existe mucha información sobre el impacto de IMPROVE y otras intervenciones metacognitivas en el desempeño matemático de estudiantes de primaria, secundaria y preparatoria. La mayoría de tales estudios analizan el desempeño en el aritmética y álgebra, pero en algunos de

ellos se destaca el desempeño en geometría. Los efectos positivos fueron evidentes tanto en problemas rutinarios como en tareas complejas y no rutinarias (Stillman y Mevarech, 2010).

El desempeño en aritmética y álgebra

Diversos estudios sobre los efectos de la intervención metacognitiva indican que los alumnos de primaria que estudiaron matemáticas con el método IMPROVE fueron más capaces de resolver problemas básicos y complejos, además de transferir su conocimiento a nuevas tareas (Mevarech et al., 2010; Kramarski et al., 2010). En las escuelas de secundaria y preparatoria, los resultados fueron bastante similares: los estudiantes de IMPROVE tuvieron mejor desempeño que el grupo de control en varias tareas matemáticas, incluida la habilidad para resolver problemas rutinarios y no rutinarios (Mevarech, 1999), modelar matemáticamente, traducir situaciones de la vida real en expresiones matemáticas y encontrar patrones matemáticos y generalizaciones (Mevarech, Tabuk y Sinai, 2006). En algunos estudios pudo observarse el impacto de IMPROVE no solamente en el desempeño cognitivo y metacognitivo, sino también en la ansiedad matemática (Kramarski et al., 2010), la motivación (Kramarski, 2011) o la autoeficacia (Kramarski, 2008; en el capítulo 6 del presente estudio puede consultarse el empleo de los métodos metacognitivos para fomentar capacidades sociales o emocionales). En la figura 5.1 se presenta un ejemplo de los efectos de IMPROVE en comparación con un grupo de control en el desempeño de estudiantes del tercer año de la primaria en diferentes tipos de tareas matemáticas (Mevarech et al., 2010). En la figura 5.2 puede verse el impacto sobre el razonamiento matemático entre estudiantes de los primeros años de secundaria (Mevarech y Kramarski, 1997). Aun cuando no se hayan encontrado diferencias considerables entre los grupos antes del inicio del estudio, se observaron diferencias importantes entre los grupos luego de haberse expuesto los estudiantes a IMPROVE. Además, los alumnos con un desempeño menor o promedio se beneficiaron más de IMPROVE, pero no a costa de los de mayor desempeño.

Es interesante notar que los resultados indican que los efectos de IMPROVE fueron más notables en las tareas más complejas, mientras las diferencias entre los grupos IMPROVE y los de control en problemas rutinarios y “típicos” fueron insignificantes o relativamente pequeñas (Kramarski et al., 2010; Mevarech et al., 2010). Se observó el mismo fenómeno entre estudiantes de secundaria (Kramarski, 2011) y universitarios (Mevarech y Fridkin, 2006); a todos los niveles, los efectos de la intervención metacognitiva fueron más notables en las tareas más complejas en comparación con los problemas rutinarios. Esto no es sorprendente, ya que a menudo los estudiantes resuelven problemas rutinarios de manera automática; no tienen que planear o monitorear y controlar sus procesos de solución. En cambio, los problemas complejos y no rutinarios no pueden resolverse sin activar los procesos metacognitivos. Por ende, un entrenamiento explícito en cómo, cuándo y por qué debemos implantar estrategias metacognitivas es fundamental para ese tipo de problemas. Los efectos positivos de IMPROVE sobre la solución de problemas rutinarios y CUN corresponden con los resultados de Cohors-Fresenborg et al. (2010) quienes se enfocaron en estudiantes del segundo año de preparatoria y de nivel universitario.

Numerosos estudios han examinado los efectos de otros modelos pedagógicos metacognitivos. Por ejemplo, Panaoura, Demetriou y Gagatsis (2010) evaluaron el impacto de la enseñanza metacognitiva basada en el modelo de Verschaffel, Greer y DeCorte (2000), ya descrito en el capítulo 4. Observaron que la intervención metacognitiva mejoró las estrategias autorreguladoras y el desempeño matemático de estudiantes de quinto grado. Panaoura y colaboradores

Figura 5.1. Impacto de IMPROVE en el desempeño matemático de estudiantes de tercer grado.

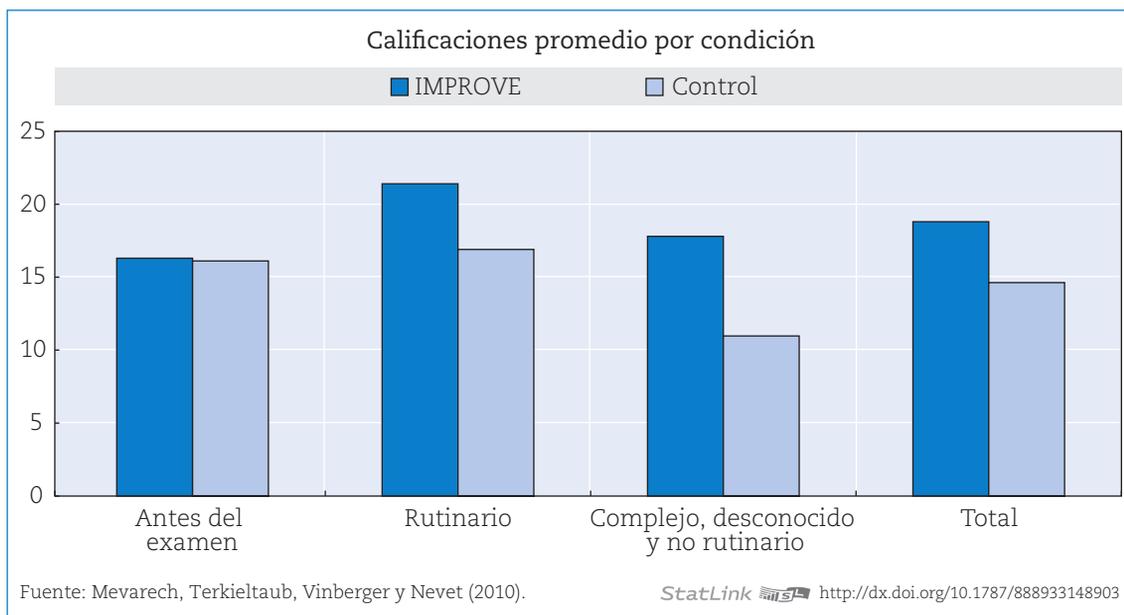
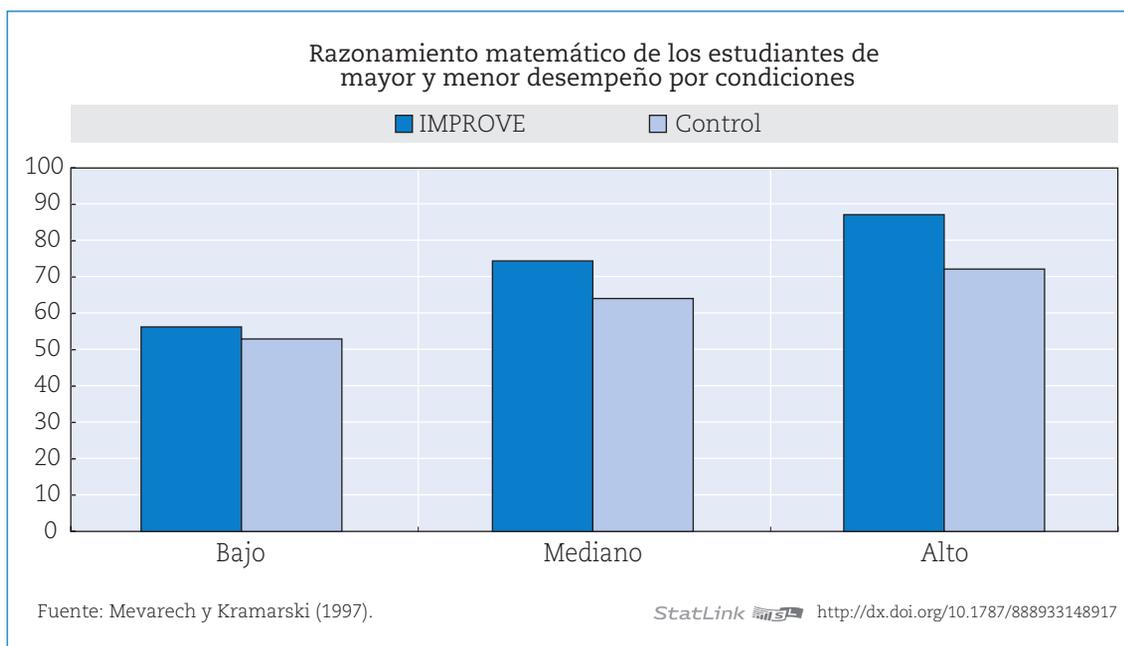


Figura 5.2. Impacto de IMPROVE en el razonamiento matemático de estudiantes de los primer años de secundaria.



concluyeron que el uso explícito de un modelo metacognitivo creó un ambiente de aprendizaje poderoso, en el que los estudiantes fueron inspirados por sus propias experiencias positivas.

Adbnida y Putt (1988) analizaron los efectos de una intervención metacognitiva arraigada en el modelo de Garafalo y Lester (1985), que incluye cuatro pasos similares a los descritos por Schoenfeld (1985): orientación (entender el problema), organización (planear y escoger

las acciones), ejecución (regular el comportamiento para formular planes) y verificación (evaluar decisiones y resultados). También reportaron mejoría en el desempeño matemático de estudiantes de sexto grado en el grupo experimental en comparación con el grupo de control. Además, parece que los estudiantes con mayor habilidad adquirieron más de la enseñanza experimental que los de menor habilidad.

Pennequin, Sorel, Nanty y Fontaine (2010) compararon con un grupo de control los efectos de la enseñanza metacognitiva, de acuerdo con el modelo de Schraw (1998), en la capacidad de los estudiantes para resolver problemas narrativos. Los resultados indicaron que los estudiantes en el grupo de enseñanza metacognitiva alcanzaron considerablemente más conocimiento y habilidades metacognitivas después del examen y una más alta calificación en la solución de problemas matemáticos. Además, la enseñanza metacognitiva fue de particular beneficio para los estudiantes de menor desempeño. La enseñanza permitió que, después de la capacitación, dichos estudiantes logaran avanzar y resolver el mismo número de problemas en el examen que los estudiantes típicos en el examen antes de la capacitación.

Muchos otros investigadores aplicaron preguntas metacognitivas como una manera de aumentar la activación de la metacognición. Por ejemplo, Cardelle-Elawar (1995, p. 85) alienta a los maestros a plantear preguntas como las siguientes:

- ¿Entiendo el significado de las palabras en este problema? ¿Cuál es la pregunta?
- ¿Tengo toda la información necesaria para resolver el problema? ¿Qué tipo de información necesito?
- ¿Sé cómo organizar la información para resolver el problema? ¿Qué pasos debería de tomar? ¿Qué hago primero?
- ¿Cómo debería de calcular la solución? ¿Con qué operaciones tengo más dificultad?

En el estudio se observó que “estas preguntas estimularon a los maestros a enfocarse en los pasos específicos que se requerían para resolver un problema al desarrollar un discurso dirigido a incrementar la conciencia de las dificultades que los estudiantes podrían encontrar durante el proceso de resolver el problema” (Cardelle-Elaware, 1995, pp. 85-86). En efecto, el autor observó que utilizar esta serie de preguntas metacognitivas en clases regulares con una mayoría de estudiantes de bajo desempeño aumentó de modo considerable el desempeño matemático del grupo experimental, sin importar el grado escolar.

Numerosos estudios enfocados en las intervenciones metacognitivas llevaron a los investigadores (Hattie, 1992; Dignath y Buettner, 2008; Dignath *et al.*, 2008) a evaluar los efectos generales en el desempeño matemático a partir de técnicas de meta-análisis, es decir, métodos estadísticos utilizados para contrastar y combinar resultados de varios estudios (experimentales y cuasi-experimentales) para identificar el efecto promedio en todos los estudios analizados. En el meta-análisis cada estudio compara la calificación promedio de los grupos experimentales con la de los grupos de control, así se calcula un tamaño del efecto (TE) promedio total (*What works best*, 2010).

Hattie (1992), Dignath y Buettner (2008) y Dignath *et al.* (2008) reportaron de manera positiva el efecto de las pedagogías metacognitivas en los resultados escolares, señalaron que los grupos experimentales expuestos a la intervención metacognitiva tuvieron un desempeño considerablemente mejor que el grupo de control.

Dignath y Buettner (2008) y Dignath *et al.* (2008) fueron un paso más allá al concentrarse en los efectos de esos programas en el desempeño matemático. Inspirados por los nuevos

estándares en torno al fomento del aprendizaje de toda la vida (EU Council, 2002), realizaron un estudio meta-analítico que calculó los tamaños del efecto de varios métodos pedagógicos de aprendizaje autorregulado (AAR) que se dirigen a mejorar la cognición, la metacognición (planear, monitorear y evaluar el progreso personal) y la motivación a aprender (Pintrich, 2000; Zimmerman, 2000). Entre los varios métodos, Dignath y Buettner analizan aquéllos que proporcionan una capacitación metacognitiva. Ellos creen que “fomentar el aprendizaje autorregulado entre los estudiantes mejoraría no solamente sus resultados escolares sino toda su vida laboral” (Dignath y Buettner, 2008, 232). Los autores distinguen entre dominios escolares (lectura, matemática, etc.), grados escolares (primaria o secundaria), y si la intervención fue implementada por el maestro de la clase o el investigador.

Para calcular la dimensión del efecto de estos métodos, Dignath y Buettner (2008) sintetizaron 74 estudios. De éstos, 49 fueron realizados en escuelas primarias y 35 en escuelas secundarias y preparatorias; en total calcularon 357 dimensiones del efecto. De acuerdo con Schraw (1998), definieron que la enseñanza de estrategias metacognitivas incluye tres tipos de ellas: planear, monitorear y evaluar. Agregaron una categoría más, la reflexión metacognitiva, es decir, el entender cómo utilizar una estrategia, las condiciones bajo las cuales la estrategia resulta más útil y los beneficios de utilizarla.

Sus resultados (Dignath y Buettner, 2008; Dignath *et al.*, 2008) son fascinantes: las intervenciones metacognitivas adquirieron mayor efecto en escuelas primarias que en las secundarias (con un tamaño del efecto del desempeño académico total de 0.61 y 0.54 desviación estándar, respectivamente). Los tamaños del efecto fueron más altos en las primarias en las intervenciones matemáticas que en las de lectura y escritura y otras materias (los tamaños del efecto para primarias fueron 0.96, 0.44 y 0.64, desviación estándar para las matemáticas, la lectura y escritura y otras materias, respectivamente). En cambio, los tamaños del efecto para matemáticas y ciencia fueron más bajos en las secundarias en comparación con la lecto-escritura y otras materias (los tamaños del efecto para escuelas secundarias fueron 0.23, 0.92 y .050, desviación estándar, respectivamente). Estos resultados corresponden con otro estudio meta-analítico realizado diez años antes (Hattie *et al.*, 1996), los cuales también demostraron efectos más importantes de la intervención del aprendizaje autorregulado en las habilidades académicas generales de los estudiantes de primaria en comparación con los de secundaria.

¿Por qué el tamaño del efecto fue mayor para estudiantes de primaria en comparación con los de secundaria, sobre todo en el área de las matemáticas? Hay por lo menos dos posibles razones para este resultado. Primero, los estudiantes más jóvenes son más flexibles y abiertos al cambio que los estudiantes mayores. Segundo, los niños más jóvenes podrían tener más necesidad de tal enseñanza porque carecen de estrategias metacognitivas, mientras los estudiantes mayores podrían haber asimilado ya varias de las estrategias metacognitivas necesarias para la solución de problemas matemáticos (Veenman *et al.*, 2006).

Estos resultados empíricos señalan que los estudiantes de primaria pueden, y de hecho lo hacen, participar en actividades metacognitivas para autorregular su aprendizaje en general, y de las matemáticas en particular (Dignath *et al.*, 2008; Perry *et al.*, 2004; Perry, VandeKamp, Mercer y Nordby, 2002). Hattie *et al.* (1996) concluyeron que gran parte de la ventaja de la capacitación metacognitiva se adquiere al principio de la educación formal de los niños, porque es durante esos años que los estudiantes adaptan estrategias de aprendizaje y actitudes de autoeficacia que son más fáciles de cambiar que cuando ya han desarrollado estilos y conductas de aprendizaje desventajosos. Esto no significa que los estudiantes de secundaria no

requieren de una orientación metacognitiva; el tamaño del efecto menor para la escuela secundaria tan sólo hace hincapié en las diferencias entre los dos grupos de edad.

Desempeño en la geometría

Las líneas, formas y objetos se encuentran por todas partes: casas, puentes, información de sistemas de posicionamiento global (GPS), mapas, planes de ciudades, cristales, copos de nieve, etc. Pueden ser estáticos, dinámicos, representados por imágenes, objetos reales o maquetas. Por tal razón “las formas y el espacio” son a veces identificados como una de las cuatro grandes ideas en las matemáticas (las otras son: cantidad, cambio y relaciones e incertidumbre) (OCDE/UNESCO, 2003). El estudio de la geometría es por lo tanto fundamental:

Los estudiantes deben de reconocer las formas en diferentes representaciones y dimensiones. Deben de entender las posiciones relativas de los objetos y de ser conscientes de cómo ven las cosas y por qué las ven de esta manera. Deben aprender a navegar en el espacio y a través de construcciones y formas. Deben de entender la relación entre formas e imágenes o representaciones visuales... También deben de entender cómo los objetos tres dimensionales pueden ser representados en dos dimensiones, cómo las sombras se forman y se interpretan y qué es la “perspectiva” y cómo funciona (OCDE, 2007, p. 24).

De acuerdo con el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de la OCDE, en el estudio de las formas y construcciones los estudiantes deben planear con anticipación, buscar similitudes y diferencias mientras analizan los componentes de las formas, buscar estrategias de representaciones, monitorear y controlar sus soluciones y reflexionar sobre la información recibida, los procesos y los resultados (OCDE, 2007). Por tanto, el uso de los procesos metacognitivos parece necesario para estudiar geometría, en vez de ser meramente útil.

Sin embargo, aun cuando se dispone de abundantes estudios que han explorado los efectos de la pedagogía metacognitiva en la habilidad de los estudiantes para resolver problemas narrativos, hay pocos estudios centrados en la geometría. Esto es sorprendente por varias razones: 1) la geometría es una parte fundamental del currículo matemático desde preescolar hasta el final de la preparatoria; 2) la geometría es considerada una de las materias más difíciles entre las diversas áreas matemáticas (TIMSS, 1997), quizá porque requiere de pruebas rigurosas basadas en el lenguaje matemático formal —por lo menos en escuelas de nivel medio superior—, definiciones exactas de formas y objetos, generalizaciones y razonamiento abstracto; 3) las pedagogías metacognitivas se han mostrado eficaces para mejorar la solución de problemas, en particular los complejos y no rutinarios.

Por lo general, los pocos estudios que han analizado la interrelación entre la geometría y la metacognición podrían ser clasificados en dos categorías: una que examina las habilidades metacognitivas que se activan al resolver problemas de la geometría, y otra que analiza los efectos de las pedagogías metacognitivas en el desempeño de los estudiantes en la geometría. En cuanto a la primera categoría, Lucangeli y Cornold (1997) abordaron las relaciones entre los procesos de monitoreo metacognitivos y la solución de problemas en diferentes áreas matemáticas. Para evaluar estudiantes de tercer y cuarto grado (una muestra de 397 y 394 estudiantes, respectivamente), utilizaron exámenes matemáticos estandarizados y observaron que las

habilidades para resolver problemas numéricos y geométricos tuvieron una relación más importante con las capacidades metacognitivas, en particular con la conciencia de los procesos de monitoreo y control durante la realización del examen (Lucangeli y Cornoldi, 1997).

Más tarde, Yang (2012) analizó la relación estructural entre el uso de los estudiantes de las estrategias de lectura metacognitivas y su comprensión de lectura de pruebas geométricas. Al evaluar una muestra de 533 estudiantes de noveno grado, Yang observó que el uso de las estrategias de lectura metacognitivas estaba relacionado con la comprensión de lectura de las pruebas geométricas. Como cabría esperar, “los estudiantes que tenían buena comprensión tendían a utilizar más estrategias de lectura metacognitivas para planear y monitorear la comprensión y más estrategias de lectura cognitivas para formular sus pruebas en comparación con los estudiantes que tenían una comprensión promedio, quienes a su vez utilizaron estas estrategias más frecuentemente que los que tenían baja comprensión” (Yang, 2012, p. 307).

Mediante el uso de un ambiente de solución de problemas colaborativo con el apoyo de computadoras, Hurme, Palonen y Järvelä (2006) analizaron las interacciones entre estudiantes mientras resolvían tareas con polígonos en una clase de geometría. Es interesante notar que si bien las actividades variaron entre los participantes, los investigadores nunca encontraron procesos metacognitivos como la planeación. Esto podría deberse a que a los estudiantes no se les enseñó cómo activar tales procedimientos durante la solución de problemas geométricos.

En tres estudios (Hauptman, 2010; Schwonk *et al.*, 2013; Mevarech *et al.*, 2013) se pretendía demostrar los efectos de las pedagogías metacognitivas en el éxito escolar en geometría. Aunque los tres estudios hayan utilizado alguna versión del cuestionamiento autodirigido metacognitivo como se describe en IMPROVE, presentaron diferencias en términos de los ambientes educacionales (virtual, tutor cognitivo, o sin apoyo de computadora, respectivamente), además del contenido geométrico (tres dimensiones, ángulos y líneas de intersección y trapezoides).

Consciente de las dificultades que los estudiantes encuentran al estudiar la geometría espacial, Hauptman (2010) desarrolló un software basado en una técnica de realidad virtual (RV) que permite al usuario construir y manipular imágenes espaciales. La investigación también analizó los efectos adicionales de capacitar a los estudiantes a utilizar el cuestionamiento autorregulado (CAR) como se describe en IMPROVE. En este estudio participaron 192 estudiantes israelíes de décimo grado, asignados a cuatro grupos de manera aleatoria: con exposición a RV y CAR, RV sin CAR, CAR sin RV y un grupo de control sin RV y sin CAR. Se analizaron los resultados obtenidos en la prueba de rotación mental (PRM) y el razonamiento espacio-visual mediante la prueba del perfil de aptitud del razonamiento espacio-visual (APTS-E). Aun cuando no se observaron diferencias importantes entre los cuatro grupos antes de iniciar el estudio, los estudiantes que fueron expuestos a RV y CAR tuvieron un mejor desempeño que el grupo con RV sin CAR; éstos, a su vez, alcanzaron un mejor desempeño que los otros dos grupos en ambas pruebas. Hauptman concluye que el cuestionamiento autorregulado mejora el razonamiento geométrico tanto en un ambiente de realidad virtual como en el aula tradicional. En las figuras 5.3 y 5.4 se muestran las calificaciones promedias de los cuatro grupos en las pruebas PRM y APTS-E.

En el reciente estudio realizado por Schwonke *et al.* (2013) se analizaron los efectos del conocimiento metacognitivo en el desempeño de los estudiantes en una clase de geometría. Participaron 60 estudiantes de octavo grado del Realschule alemán, quienes estudiaron el tema de ángulos y líneas con el ayuda de un software llamado Tutor Cognitivo de Geometría. Los alumnos estudiaron con y sin el soporte metacognitivo, en dos grupos de 30 estudiantes cada uno. El soporte metacognitivo incluía un conjunto de seis pistas organizadas en dos grupos:

Figura 5.3. El impacto de la realidad virtual y el cuestionamiento autorregulado en las habilidades de rotación mental.

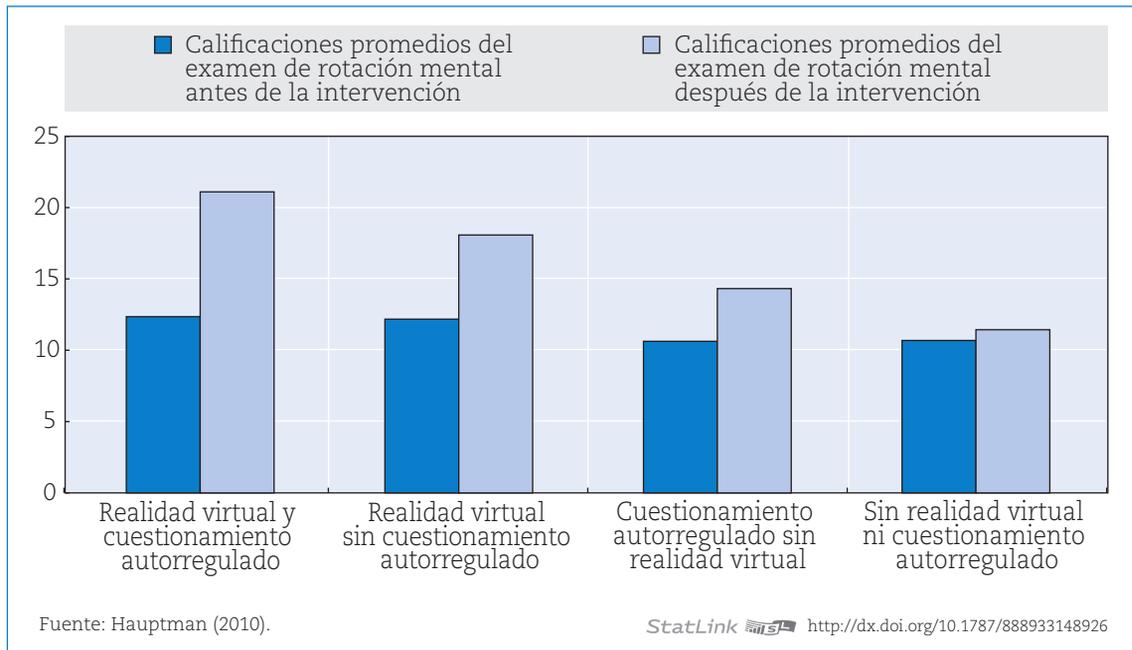
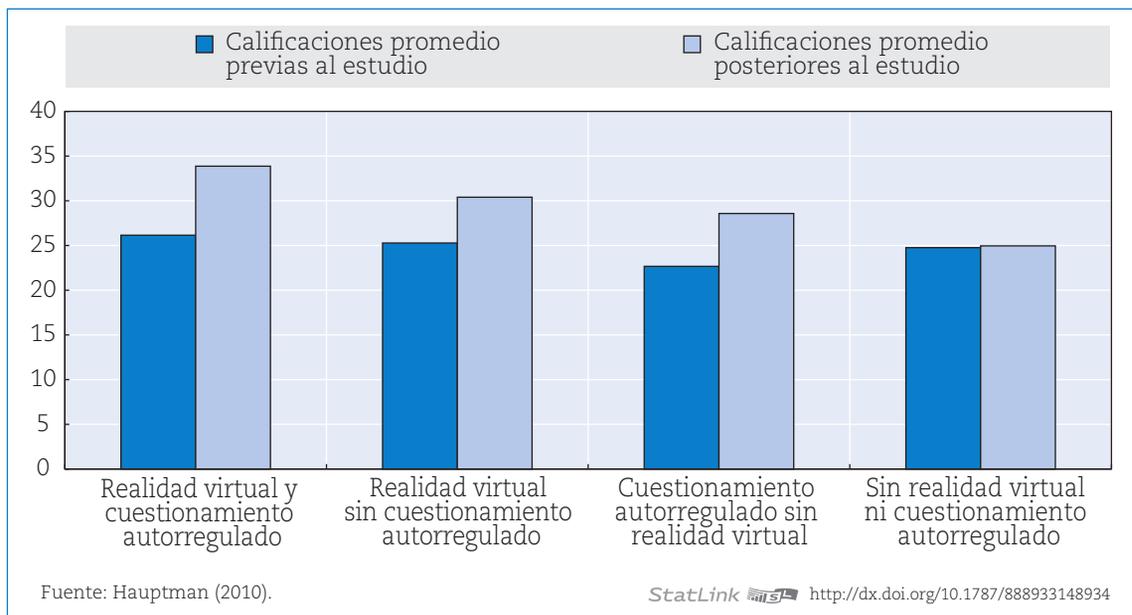


Figura 5.4. El impacto de la realidad virtual y el cuestionamiento autorregulado en el razonamiento espacio-visual.



1) ¿cómo resuelvo el problema? —es decir, “¿cuáles son los valores en el texto del problema? ¿puedes ubicarlos en el diagrama geométrico?”—; y 2) ¿qué hago cuando me atoro? —es decir, ¿cuándo necesitas aprender sobre el principio matemático relevante, consulta la herramienta

del glosario”—. Los resultados indicaron que el grupo metacognitivo tuvo mejor desempeño en los exámenes de geometría, incluidos el conocimiento conceptual y de procedimiento. Además, el soporte metacognitivo permitió que el aprendizaje fuese más eficiente; los estudiantes con poco conocimiento previo que fueron expuestos al soporte metacognitivo desarrollaron un entendimiento conceptual más profundo en comparación con el otro grupo. Los autores concluyeron que “una falta de conocimiento condicional metacognitivo (es decir, en qué situación utilizar qué herramienta de ayuda) podría explicar la dificultad de aprender en ambientes de aprendizaje computarizados” (Schwonke *et al.*, 2013, p. 136).

En contraste con los dos estudios anteriores, Mevarech, Gold, Gitelman y Gal-Fogel (2013) examinaron los efectos inmediatos y duraderos de la enseñanza metacognitiva con el método IMPROVE en la evaluación de los estudiantes de su aprendizaje (EA) y su precisión de acuerdo con la evaluación por un examen de desempeño en geometría (ver capítulo 8 para más información sobre la evaluación del aprendizaje). Según la teoría de estímulo, es más probable que los individuos evalúen su capacidad de recordar un artículo si ya están familiarizados con el mismo (Koriat, 2008). Basándose en esta teoría, los investigadores conjeturaron que IMPROVE mejoraría el entendimiento de los estudiantes, además de que facilitaría tanto su EA como su precisión. En el estudio participaron 90 estudiantes israelíes de noveno grado (cuatro clases). Clases enteras fueron asignadas de manera aleatoria a una de dos condiciones: estudiar con o sin IMPROVE (N=48 y 42, respectivamente). El módulo de enseñanza fue el de los trapezoides, e incluyó definiciones, pruebas y cálculo de ángulos, perímetros y áreas. Las mediciones tomaron en cuenta los exámenes de desempeño en geometría (antes y después de la capacitación), un cuestionario EA (antes y después de los estudios) y observaciones. Los resultados indicaron que si bien el grupo de IMPROVE al principio alcanzó calificaciones bastante más bajas que el grupo de control, después del estudio el grupo de IMPROVE tuvo un mejor desempeño que el grupo de control en los exámenes (promedio = 73.4 y 50.6; desviación estándar = 23.2 y 27.2; $F(1.87) = 22.70$, $p < .001$, después de controlar por el desempeño anterior). Además, al final del estudio las clasificaciones de la EA del grupo experimental estuvieron muy por arriba de las del grupo de control (Promedio = 3.66 y 2.91; Desviación estándar = 0.71 y 0.90; controlando por clasificaciones anteriores $F(1.87) = 17.56$, $p < .001$).

En resumen, los estudiantes de geometría que son más capaces de monitorear, controlar y regular su aprendizaje son mejores para resolver las tareas presentadas, al igual que los resultados en las áreas de aritmética y álgebra. Es interesante que tales efectos positivos se observaran tanto si los estudiantes fueron expuestos a pedagogías metacognitivas en un ambiente de realidad virtual, mediante el Tutor Cognitivo, o si recibieron enseñanza tradicional sin computadora; en ambos casos los estudiantes de estos grupos tuvieron mejor desempeño que sus colegas que no recibieron ningún apoyo metacognitivo.

La investigación sobre el impacto de la pedagogía metacognitiva en el desempeño escolar en geometría está en su fase inicial, y muchos temas siguen abiertos. Por ejemplo, ninguno de los estudios revisados distinguió entre tareas CUN y tareas rutinarias en geometría. Además, la enseñanza de la geometría, aun más que la enseñanza en otras áreas de la matemática, está basada en “hacer” —es decir, utilizar manipulaciones como bloques, construyendo formas y objetos, y, por supuesto, planear y llevar a cabo los planes—. Es muy posible que las pedagogías metacognitivas tengan que ser modificadas para satisfacer las necesidades particulares de la enseñanza de la geometría en diferentes grados escolares. Por último, en ninguno de esos estudios se abordaron los efectos diferentes de las pedagogías metacognitivas con base en el género. Al considerar que los niños tienen habilidades espaciales más avanzadas que las

niñas, sobre todo durante la adolescencia (Leahey y Guo, 2001), sería interesante explorar hasta qué punto las pedagogías metacognitivas podrían reducir las diferencias entre géneros. Todas estas cuestiones merecen más investigación en el futuro.

Impacto en la solución de tareas auténticas

Las tareas auténticas son un tipo específico de problema CUN. Las tareas auténticas emplean datos realistas, proporcionan información detallada sobre la situación descrita, se pueden abordar de diferentes maneras y con frecuencia utilizan representaciones diferentes. Mueller (2012) considera una tarea matemática auténtica la que pide al estudiante aplicar conocimiento y habilidades estandarizados a retos de la vida real. Sin embargo, lo que se puede considerar como tarea compleja y no rutinaria para una persona, podría ser rutinaria y simple para otra. Por consiguiente, según Mueller (2012), las características de las tareas tradicionales y auténticas existen en un continuo que varía desde:

- escoger una respuestaa.....llevar a cabo una tarea
- artificiosaa.....la vida real
- recordar/reconocera.....construir/aplicar
- estructurada por el maestro.....a.....estructurada por el alumno
- evidencia indirectaa.....evidencia directa

El NCTM (2000), PISA (OCDE, 2003, 2012), entre otras instituciones o programas, enfatizan de manera reiterada la importancia de enseñar a los estudiantes a resolver tareas auténticas, y aducen tres razones para ello: 1) promover el contenido matemático y el conocimiento de los procedimientos; 2) preparar a los estudiantes a aplicar las matemáticas en contextos de la vida real; 3) incrementar la motivación de los estudiantes al familiarizarlos con el uso cotidiano de las matemáticas.

Muchos estudiantes, tanto de bajo como de alto desempeño, enfrentan dificultades para resolver tareas auténticas (OCDE, 2003). Existen dificultades en todas las etapas del proceso de solución, desde la etapa inicial de entender de qué se trata un problema, hasta planear el proceso de solución, seleccionar las estrategias adecuadas, y reflexionar sobre la solución y decidir si ésta tiene sentido (Verschaffel et al., 2000).

Algunos estudiantes, sobre todo los de bajo desempeño, no ven las tareas de manera integral y por ende sólo se enfocan en determinados aspectos de la misma (Lester, 1994). Según Cardelle-Elawar (1995) y Frye (1987), los estudiantes de menor desempeño leen con rapidez el enunciado del problema, pero sin entenderlo completamente. No reconocen que pueda haber más de una manera correcta para resolverlo, y no están seguros de cómo calcular o verificar la solución. Verschaffel et al. (2000) indican que los estudiantes de menor desempeño tienen más dificultad para reorganizar la información presentada y distinguir entre información relevante e irrelevante.

Los estudiantes de mayor desempeño también encuentran dificultades para resolver problemas auténticos, pero son de otra índole. Los de alto desempeño se rinden fácilmente porque no existen algoritmos prefabricados para resolver el problema auténtico, y también tienen dificultad para transferir lo que ya conocen de las tareas estándar a las nuevas tareas complejas y no rutinarias (Frey, 1987; Verschaffel et al., 2000).

También se identificaron dificultades para resolver tareas no rutinarias en instructores de formación de inicial de matemáticas. Yimer y Ellerton (2010) Ellerton mostraron importantes diferencias entre los procesos cognitivos y metacognitivos al momento de resolver los problemas complejos, y también que los estudiantes dejaron ver diferencias importantes en su forma de abordar distintas tareas. A partir de esos análisis, Yimer y Ellerton propusieron un modelo de cinco etapas para identificar los procesos metacognitivos y cognitivos implicados en la solución de problemas no rutinarios, y las dificultades observadas en cada fase: participación, transformación-formulación, implementación, evaluación e internalización.

Puesto que muchas de las dificultades asociadas con la solución de tareas complejas se deben a la incapacidad de los estudiantes para controlar, monitorear y reflexionar sobre sus procesos de solución, Kramarski, Mevarech y Arami (2002) analizaron hasta qué punto el método IMPROVE el potencial para facilitar la solución de esas tareas. En este estudio, clases enteras de alumnos de séptimo grado fueron asignadas de forma aleatoria a dos grupos que estudiaron en ambientes cooperativos. Un grupo fue expuesto al soporte metacognitivo proporcionado por IMPROVE y el otro estudió de manera “tradicional”, sin intervención metacognitiva. Al final del semestre todos los estudiantes recibieron la tarea de la pizza (ver recuadro 1.1.).

Los resultados indican que los estudiantes de IMPROVE tuvieron un mejor desempeño en comparación con el otro grupo, tanto en problemas rutinarios como en la tarea compleja y no rutinaria. Los efectos positivos de IMPROVE se observaron en función de cuatro criterios: 1) referirse a toda la información; 2) organizar la información; 3) procesar la información, y 4) tomar una decisión —es decir, resolver el problema— y justificarla. Por ejemplo, el análisis cuantitativo de las respuestas indicó que los estudiantes de IMPROVE se refirieron a toda la información proporcionada en el texto al presentar una combinación de diferentes tipos de pizza y llevar a cabo múltiples operaciones matemáticas, mientras ninguno de los alumnos de los otros grupos sugirió una solución parecida. En cambio, este segundo grupo utilizó estrategias muy sencillas mediante la multiplicación de los números. En las figuras 5.5 y 5.6 se muestran los efectos de IMPROVE en comparación con el grupo de control en cuanto a la

Figura 5.5. Impacto de IMPROVE en las tareas complejas y rutinarias.

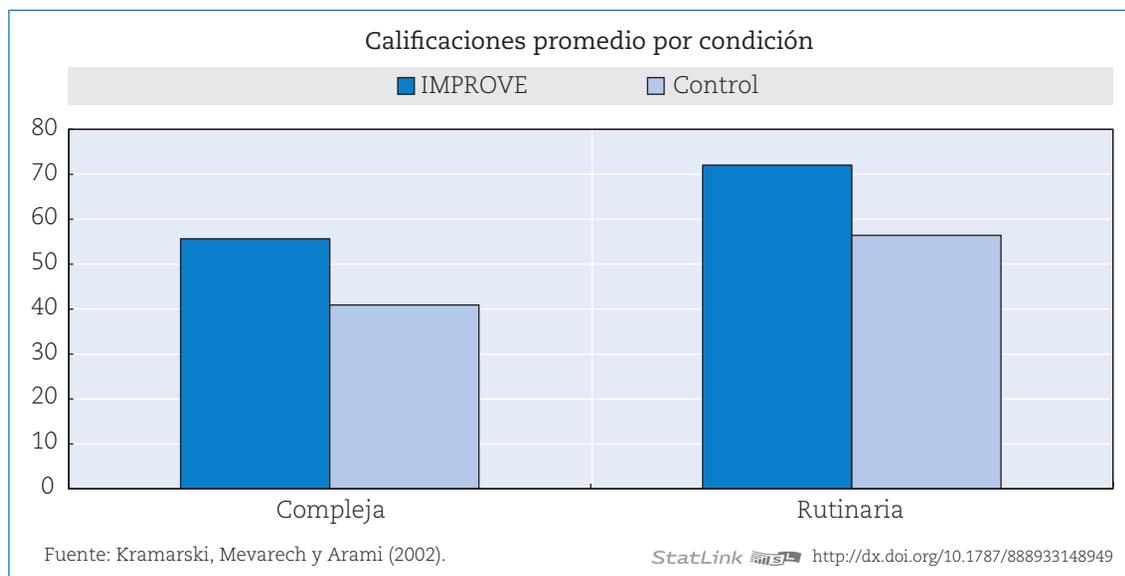
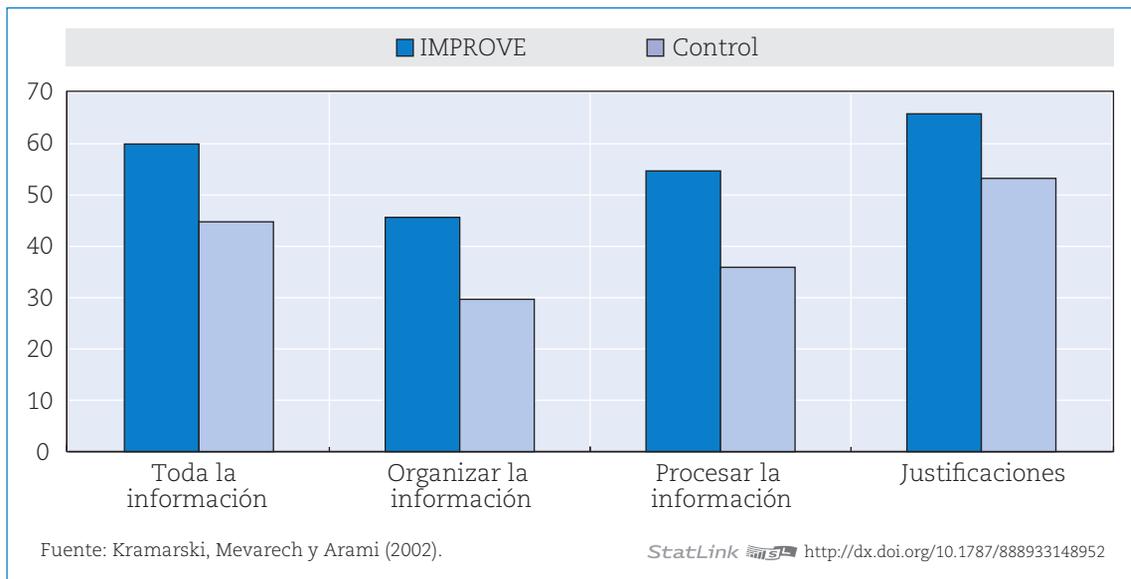


Figura 5.6. Impacto de IMPROVE en los componentes para resolver una tarea no rutinaria.



capacidad de los estudiantes para resolver problemas rutinarios y complejos, y en cada componente de la solución de la tarea no rutinaria .

¿Cómo y por qué ayuda el cuestionamiento autodirigido en la solución de la tarea no rutinaria? Aquí tan sólo pueden interpretarse los resultados. Al aprender a pensar en el propósito del problema, los estudiantes probablemente utilizaron la pregunta de comprensión para enfocarse en la construcción matemática de las tareas, además de toda la información proporcionada, para lo cual distinguieron entre información relevante e irrelevante. La pregunta de conexión podría volver más familiar al nuevo problema porque ayuda a relacionarlo con otros ya resueltos de manera previa. La pregunta estratégica quizá llevó a los estudiantes a reorganizar la información y representarla de diferentes maneras. Por último, es muy probable que la pregunta de reflexión integra todo el proceso al llevar a los estudiantes a ofrecer varias soluciones, y a preguntarse si la respuesta tiene sentido y si existen otras formas de resolver el problema.

Estudiantes universitarios

Aunque no exista un consenso sobre la medida en la que los niños pequeños pueden activar procesos metacognitivos, casi lo hay para establecer que los adultos ya han adquirido los componentes básicos de la metacognición. Schraw *et al.* (2006) indican que la mayoría de adultos puede regular su aprendizaje: pueden planear, monitorear, controlar, depurar y reflexionar sobre sus actividades cognitivas. Además tiene un conocimiento declarativo, estratégico y condicional: saben cuándo, cómo y por qué activar las estrategias de solución de problemas. Se cree que la escuela, junto con el desarrollo natural del pensamiento, ayuda a las personas en su capacidad de aplicar procesos cognitivos y metacognitivos para resolver problemas.

Pero si bien se considera probable que los adultos hayan adquirido ciertas habilidades metacognitivas, en estudios recientes se ha demostrado que no es siempre el caso. Por ejemplo,

McCabe (2011) evidenció que los estudiantes universitarios son en gran parte inconscientes de varias estrategias específicas que podrían ayudarles a recordar la información de sus clases, y que la capacitación tiene potencial para mejorar las evaluaciones metacognitivas en tales áreas. La necesidad de enseñar a los estudiantes a poner en práctica procesos metacognitivos ha sido evidente en diferentes dominios, entre ellos matemáticas, lectura y biología (Lajoie et al., 2013).

Para abordar ese tema, Mevarech y Fridkin (2006) realizaron un estudio en el que estudiantes universitarios de matemáticas fueron asignados aleatoriamente a dos grupos con el mismo instructor: un grupo recibió enseñanza conforme al método IMPROVE y al otro se le enseñó de la manera tradicional, sin intervención metacognitiva. En el estudio se utilizaron tres variables: un examen para evaluar el conocimiento y razonamiento matemáticos; el inventario de conciencia metacognitivo (ICM) diseñado por Schraw y Davidson (1994) (ver capítulo 2), y cuestionarios sobre la metacognición matemática. Al final se reportó que los estudiantes de IMPROVE tuvieron mejor desempeño que el grupo de control en relación con el logro de mejores resultados y mayor razonamiento matemáticos. Esos mismos estudiantes también reportaron niveles más altos de procesos metacognitivos en la solución de problemas —es decir, la metacognición específica a un dominio—, además de problemas no matemáticos —esto es, la metacognición generalizada—. En la figura 5.7 se presenta el desempeño matemático de universitarios por condiciones de aprendizaje, mientras en las figuras 5.8 y 5.9 pueden verse las calificaciones promedias de los estudiantes en los dos principales componentes metacognitivos (conocimiento de la metacognición y regulación de la cognición, respectivamente) por condiciones de aprendizaje.

Estos resultados coinciden con los de otros estudios (Lovett, 2008; Subocz, 2007; Davis, 2009). Lovett (2008) indica que la enseñanza metacognitiva basada en el automonitoreo entre estudiantes universitarios mejora el desempeño incluso después de un lapso de tiempo, promueve el uso de estrategias metacognitivas y mejora la auto-confianza y las actitudes hacia las matemáticas. Esto apoya la conclusión que el aprendizaje efectivo implica planear y

Figura 5.7. Impacto de IMPROVE en el desempeño matemático de estudiantes universitarios.

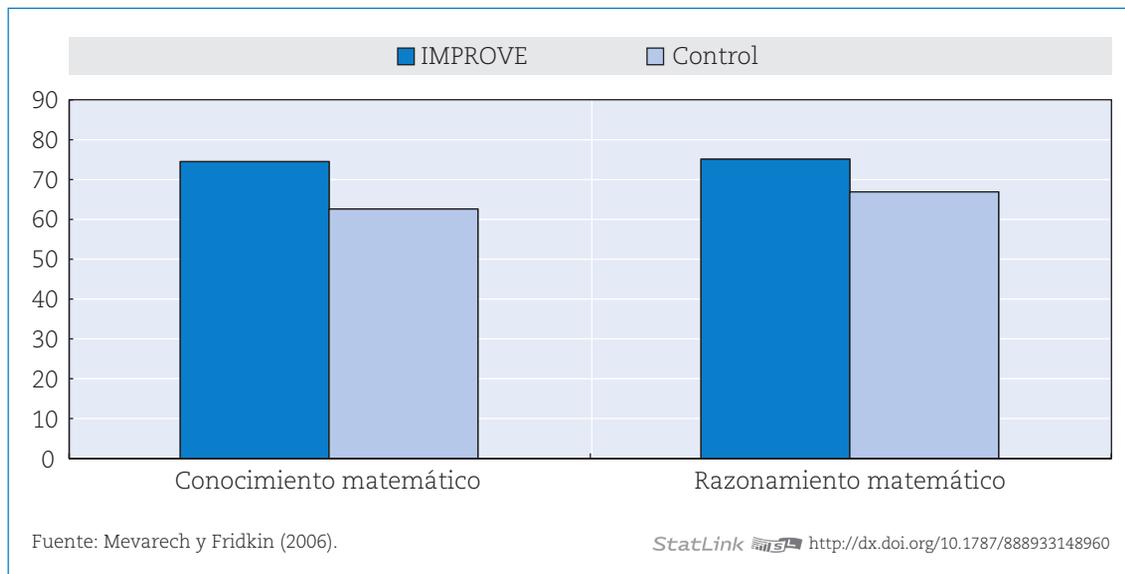


Figura 5.8. Impacto de IMPROVE en el conocimiento de la cognición de estudiantes universitarios.

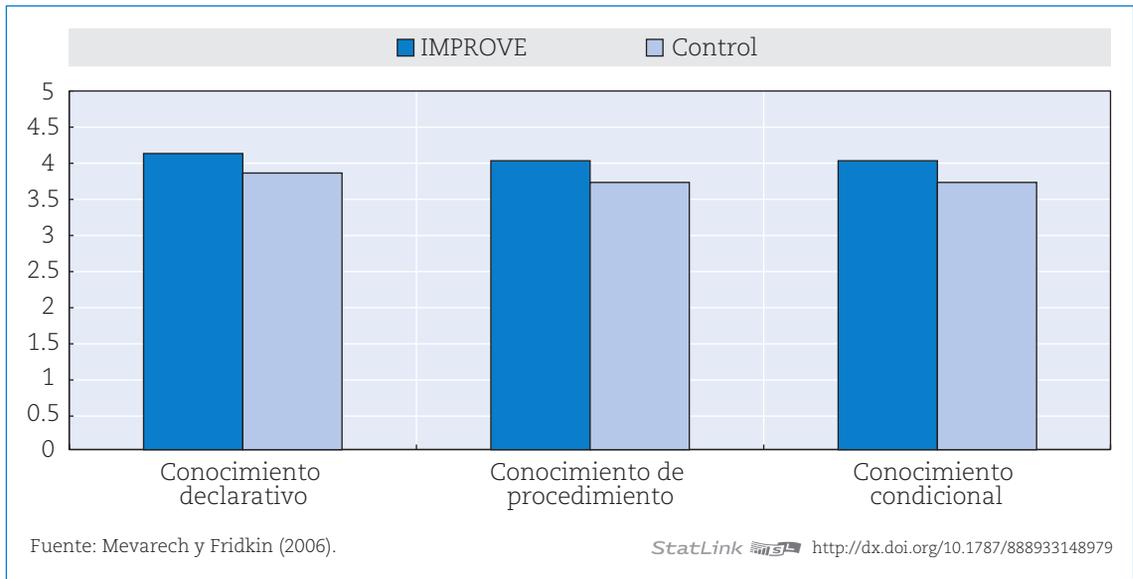
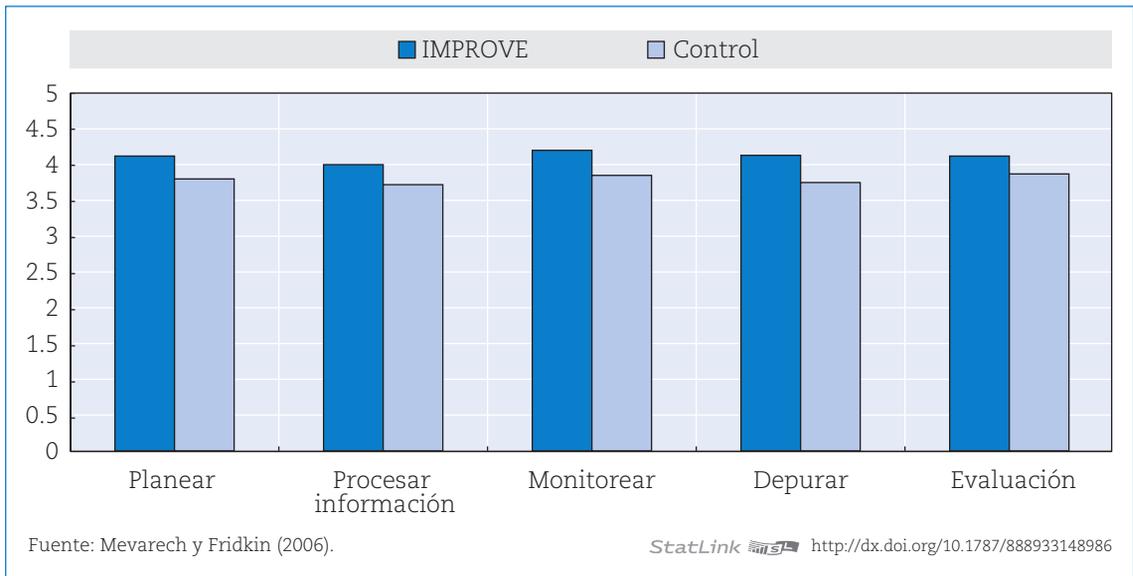


Figura 5.9. Impacto de IMPROVE en la regulación de la cognición de estudiantes universitarios.



establecer objetivos, monitorear y adaptar el progreso individual (Winne, 1995). En varias tesis de doctorado (Subocz, 2007; Davis, 2009) se reportaron resultados parecidos: la exposición a intervenciones de estrategias metacognitivas en las universidades comunitarias redujo las tasas de reprobación de los estudiantes, mejoró su actitud hacia las matemáticas e incrementó su uso de habilidades metacognitivas de alto nivel para resolver problemas narrativos en comparación con la solución de ecuaciones sin contexto.

Los ejemplos descritos aquí muestran resultados similares a los reportados en un estudio de meta-análisis (Ragosta, 2010). Con el estudio se pretendía determinar la efectividad de las

intervenciones diseñadas para ayudar a los universitarios a adquirir estrategias de aprendizaje autorreguladas en las clases de matemáticas. El meta-análisis se basó en 55 estudios primarios con una muestra de 6669 estudiantes. El tamaño del efecto total para los estudios fue 0.335 de una desviación estándar, con lo cual quedó claro que incluso los estudiantes universitarios pueden mejorar su aprendizaje autorregulado.

El efecto en situaciones de alto impacto

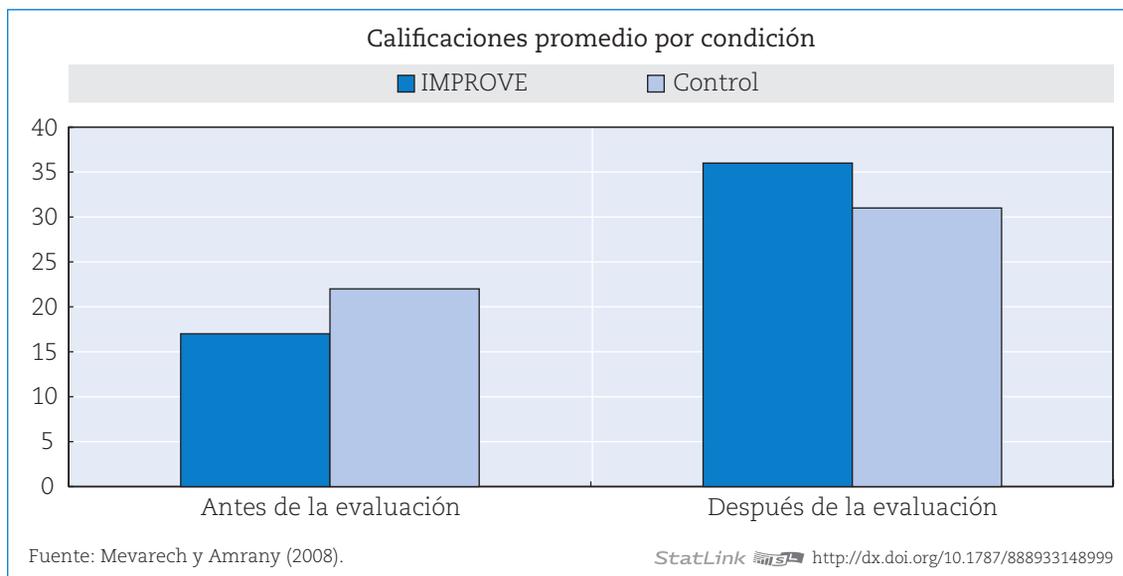
Aun cuando existe bastante evidencia para demostrar cómo los estudiantes ponen en práctica procesos metacognitivos en situaciones parecidas a sus contextos de aprendizaje originales, se sabe muy poco hasta qué punto los estudiantes utilizan su conocimiento metacognitivo en situaciones inéditas. Se podría argumentar que los efectos de la enseñanza metacognitiva se limitan al “aquí y ahora”, y que “los procesos metacognitivos no se transferirían a situaciones diferentes a los contextos en que los estudiantes aprendieron, y mucho menos en situaciones altamente demandantes, estresantes y con restricciones de tiempo” (Mevarech y Amrany, 2009, p. 148). Una hipótesis alterna es que los estudiantes reconocerían el valor agregado de los procesos metacognitivos y podrían entonces aplicar tales procesos en cualquier situación, incluso en aquellas que representan una fuerte carga cognitiva.

Una situación muy demandante es aquella en que los estudiantes presentan exámenes de admisión o exámenes nacionales de evaluación, realizados en muchos países al final de la educación secundaria. Los maestros y estudiantes dedican mucho esfuerzo a preparar esos exámenes, y por lo general son reacios a cambiar su método de enseñanza tradicional. Analizar los efectos de IMPROVE al final de la educación secundaria tiene implicaciones prácticas, pues destaca la efectividad del método en situaciones extremas y muy exigentes.

Mevarech y Amrany (2008) realizaron un estudio en el que utilizaron análisis cuantitativos y cualitativos para evaluar los efectos de IMPROVE en el desempeño matemático y la metacognición de los estudiantes que presentaron los exámenes de admisión en matemáticas (nivel intermedio), en comparación con un grupo de control sin intervención. Se utilizaron para ello tres tipos de medición: exámenes de desempeño matemático basados en los exámenes de admisión del nivel intermedio, un cuestionario de conciencia metacognitiva, adoptado de Schraw y Dennison (1994), y entrevistas. Los exámenes matemáticos y cuestionarios fueron administrados dos veces: antes del inicio del estudio y después del estudio. El cuestionario de conciencia metacognitiva evaluó dos componentes metacognitivos: el conocimiento de la cognición y su regulación (ver Capítulo 2). Las entrevistas se realizaron justo después de que los estudiantes terminaron el examen de admisión, casi dos meses después del final de la intervención. Cuando los estudiantes salieron del examen de admisión, uno de los autores les presentó los problemas que ya habían visto en el examen y les pidió que pensarán en voz alta mientras los resolvían de la misma manera que durante el examen. La duración del estudio fue de un semestre.

Como en estudios anteriores, los resultados indicaron que los estudiantes de IMPROVE tuvieron un desempeño bastante mejor que el grupo de control en matemáticas (figura 5.10). En cuanto al cuestionario de conciencia metacognitiva, los estudiantes de IMPROVE obtuvieron calificaciones mucho más altas en el componente de la regulación de la cognición —por ejemplo, “considero varias alternativas a un problema antes de responder”—, pero no se encontraron diferencias importantes entre los dos grupos en el componente del conocimiento

Figura 5.10. Impacto de IMPROVE en el desempeño matemático de alto impacto de estudiantes de secundaria.



de la cognición —por ejemplo, “entiendo mis fortalezas y debilidades intelectuales”—. Este último resultado podría indicar que al final de la preparatoria muchos estudiantes ya han adquirido el conocimiento de la cognición: tienen un conocimiento teórico sobre las estrategias de aprendizaje efectivas, pero carecen de una enseñanza en cómo regular su aprendizaje. Analizar las entrevistas demostró que los estudiantes de IMPROVE aplicaron procesos metacognitivos en situaciones diferentes a las de su enseñanza original. Además, los efectos positivos se observaron dos meses después del final de la intervención. Sin embargo, puesto que los grupos experimentales y de control tuvieron instructores diferentes, no pudimos excluir la posibilidad de los efectos del instructor. Las investigaciones futuras podrían estudiar mejor los efectos de las pedagogías metacognitivas en situaciones de alto impacto.

En resumen, las pedagogías metacognitivas han demostrado ser métodos efectivos para mejorar el desempeño matemático académico, en la solución de problemas rutinarias y no rutinarias, y en la aplicación de procesos metacognitivos. Los efectos se observan en todos los grados escolares: desde preescolar, educación primaria y secundaria, y universidad. Todos los estudios revisados aquí fueron realizados en clases “regulares”, con lo cual se evidencia la validez relevante de las pedagogías metacognitivas. Sin embargo, todos los estudios excepto el de Mevarech y Amrany (2008) evaluaron los efectos inmediatamente después de la intervención. ¿Se encontrarían efectos similares en una evaluación retrasada, o cuando la pedagogía metacognitiva se implementa a lo largo de un año académico, o bajo condiciones específicas?

Efectos inmediatos, retrasados y duraderos

Un reto fundamental para el desarrollo de ciertas pedagogías es la transición de la etapa experimental a las condiciones normales del aula. Los educadores, administradores e investiga-

dores con frecuencia se interesan en estudios de gran escala que continúan durante todo un año académico, así como en sus efectos duraderos. Los efectos de tales estudios se reportan a continuación.

Efectos a lo largo de todo un año académico

Aunque los efectos reportados de IMPROVE y otras intervenciones metacognitivas son impresionantes, la evidencia está basada en intervenciones relativamente cortas, con lapsos de uno a tres meses porque muchos instructores no quieren cambiar los métodos de enseñanza durante todo el año. También existe la duda de si estos efectos positivos son resultado de alguna especie del “efecto Hawthorne” relacionado con la emoción inicial que acompaña cualquier tipo de intervención, y el cual no existiría en caso de que el método innovador se implantara durante todo el año académico.

Mevarech y Kramarski (1997) reportaron el primer estudio sobre los efectos de IMPROVE en el desempeño y razonamiento matemáticos de estudiantes de séptimo grado. Los participantes fueron las diez escuelas en una ciudad en el centro de Israel. Seis de las diez escuelas fueron elegidas al azar para aplicar el método IMPROVE y cuatro sirvieron de grupo de control sin intervención. Dada la complejidad del estudio —que implicaba escuelas, clases dentro de las escuelas, y estudiantes dentro de las clases—, la información se analizó mediante el uso de un modelo lineal jerárquico de varios niveles. El estudio se enfocó en el razonamiento matemático de los estudiantes y sus habilidades para resolver problemas “típicos”. A continuación se muestran dos ejemplos de problemas de razonamiento incluidos en el estudio.

Ron dice que X/X (X no es igual a 0) siempre equivale a 1. Sarah dice que el valor de X/X depende del valor de X . ¿Quién tiene la razón? Por favor explica tu razonamiento.

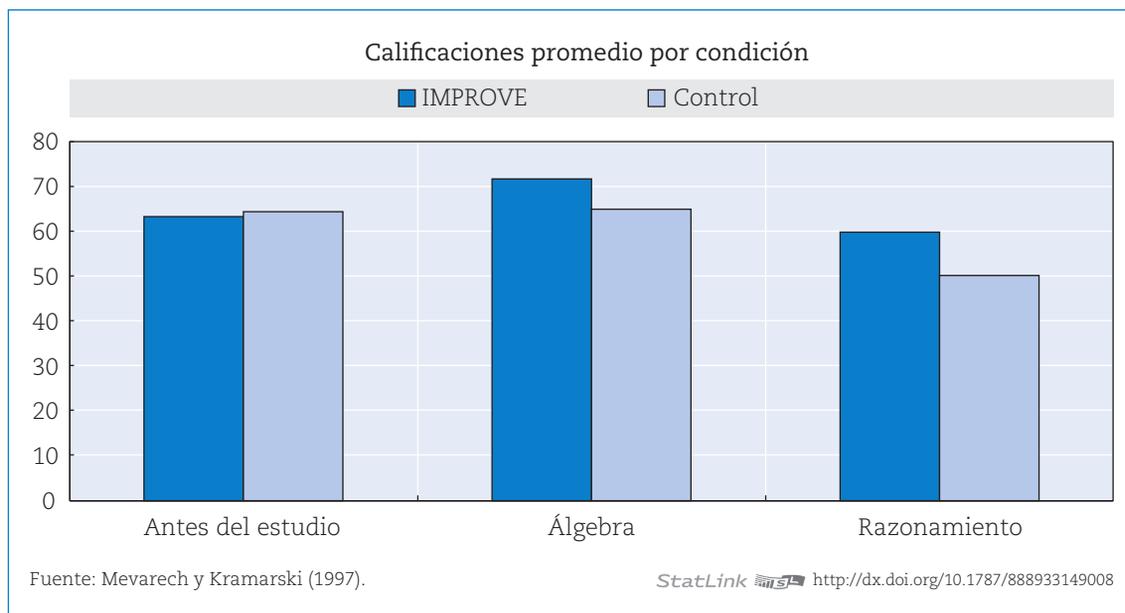
Si $a > 0$ y $b < 0$, ¿su diferencia es un número positivo o negativo? Por favor explica tu razonamiento.

Aunque no se hayan observado diferencias significativas entre los dos grupos antes del inicio del estudio, al final del primer semestre el grupo de IMPROVE mostró un desempeño considerablemente más alto que el grupo de control, superándole por casi siete puntos en el examen de evaluación, y casi diez puntos (una calificación completa) en la sección de razonamiento. Las diferencias entre los dos grupos se observaron en los estudiantes de bajo, mediano, y alto desempeño. Se reportaron resultados parecidos al final del año académico, después de que los estudiantes fueron expuestos al método durante todo el periodo lectivo, como se puede apreciar en la figura 5.11.

Efectos inmediatos, retardado y duraderos de la enseñanza metacognitiva

La cuestión de los “efectos duraderos” implica a todos los involucrados en métodos de enseñanza innovadores. Los maestros están interesados en la capacidad de los estudiantes de recordar lo que han aprendido con apoyo del método innovador en comparación con el grupo de control. De igual manera, los administradores —normalmente preocupados por cuestiones

Figura 5.11. Impacto de IMPROVE a lo largo de un año académico.



de presupuesto— buscan evidencia que demuestre los efectos inmediatos, retardado y duraderos del método de enseñanza propuesto. A su vez, los investigadores quieren saber si los efectos positivos de un método experimental se perciben incluso después de haberse terminado el experimento. Aunque la cuestión de “efectos duraderos” es importante, por lo general es difícil evaluarla porque requiere evaluar a los propios estudiantes durante un periodo relativamente largo.

Mevarech y Kramarski (2003) estudiaron los efectos duraderos de IMPROVE al analizar los estudiantes un año después de haber sido expuestos al método. Clases enteras de octavo grado fueron asignadas de forma aleatoria a uno de dos grupos, ambos con ambientes cooperativos: un grupo estudio álgebra con el método IMPROVE y otro sirvió como grupo de control, donde el maestro administró ejemplos resueltos que especificaban cada paso de la solución y dio las explicaciones necesarias. Después de los ejemplos resueltos se realizaron diferentes problemas de práctica.

Según las políticas académicas de la escuela, cuando los estudiantes llegan a noveno grado son asignados a nuevas clases. Entonces, un año más tarde, cuando los participantes llegaron a noveno grado, los estudiantes que fueron expuestos a IMPROVE y quienes habían aprendido mediante los ejemplos resueltos estudiaron juntos en la misma clase. Los maestros de noveno utilizaron el método de enseñanza “tradicional”, sin orientación metacognitiva.

El desempeño y razonamiento matemáticos de los estudiantes fueron evaluados tres veces: antes del inicio del estudio, es decir, en octavo grado; justo después de que los estudiantes fueron expuestos a IMPROVE; y un año más tarde, cuando cursaban noveno grado. Además, el discurso de los estudiantes fue grabado. Para analizar la información se utilizaron métodos cuantitativos y cualitativos.

Los resultados no revelaron diferencias importantes entre los dos grupos antes del estudio, pero sí en el examen inmediato y el retardado después de la intervención. En ambos casos los estudiantes de IMPROVE tuvieron un mejor desempeño que el grupo de control. Análisis

posteriores evidenciaron mejoría entre los estudiantes de IMPROVE en comparación con el grupo de control en tres criterios: la explicación verbal de los estudiantes sobre su razonamiento matemático, la representación algebraica de situaciones verbales y las soluciones algebraicas. Además, un análisis detallado de cada artículo en el examen reveló que el impacto de IMPROVE se observó sobre todo en los problemas más complejos, mientras no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en las tareas más fáciles. En la figura 5.12 se muestra las calificaciones promedias del desempeño matemático de los estudiantes antes, justo después y un año después de la intervención. Cabe señalar que los exámenes realizados después del estudio (justo después y un año después de la intervención) fueron idénticos, mientras el examen previo al estudio fue diferente, con un enfoque en el desempeño matemático general.

Los efectos duraderos de una intervención en el desempeño matemático también fueron analizados por Desoete (2009). En su estudio con estudiantes belgas de tercer grado, los alumnos se asignaron de forma aleatoria a una instrucción metacognitiva o tradicional. Los niños fueron evaluados en el tercer y cuarto grado en cuanto a desempeño matemático y metacognición. En su estudio longitudinal de dos años el autor mostró las ventajas del grupo metacognitivo no solamente en el tercer grado, sino también cuando los niños estuvieron en cuarto grado: los niños en el grupo metacognitivo tuvieron un mejor desempeño que los niños en el grupo de control, tanto en metacognición como en desempeño académico.

Mientras Desoete (2009) y Mevarech y Kramarski (2003) analizaron los efectos de las intervenciones metacognitivas un año después de la intervención, Shayer y Adey (2006) realizaron un estudio longitudinal de cinco años. Analizaron los efectos duraderos de una intervención metacognitiva de dos años que empezó a realizarse cuando los participantes tenían 11 años, y evaluaron los efectos duraderos mediante los exámenes nacionales británicos, los cuales deben presentarse cuando el estudiante cumple 16 años, tres años después de la conclusión de la intervención. Aunque la intervención se llevó a cabo dentro del contexto de enseñanza de la ciencia, los efectos se observaron en ciencia, matemáticas e inglés. En comparación con los grupos de control, las dimensiones del efecto fueron 0.67, 0.72 y 0.69, desviación estándar

Figura 5.12. Impacto inmediato y duradero de IMPROVE en el desempeño matemático.



en ciencia, matemáticas e inglés, respectivamente. Shayer y Adey atribuyeron las considerables dimensiones del efecto a los buenos resultados de la intervención metacognitiva. Es evidente que el estudio es único no solamente por su larga duración, sino también porque utiliza los exámenes nacionales como herramienta de evaluación, en vez de exámenes preparados por los maestros o investigadores.

Otro estudio longitudinal fue realizado por Weiss y Pasley (2004), quienes intentaron responder a la pregunta “¿Qué es una enseñanza de alta calidad?” Observaron 264 lecciones de matemáticas y ciencias representativas a lo largo de 18 meses, en contextos “naturales” sin intervenciones. Los autores documentaron, analizaron y evaluaron lecciones de acuerdo con los siguientes indicadores: calidad del contenido matemático y científico, calidad de la implantación y hasta qué punto la cultura de aula facilitó el aprendizaje. Los observadores evaluaron indicadores individuales en cada área en una escala de uno a cinco, y después revisaron esos indicadores para clasificar la calidad general de cada lección como baja, mediana o alta. Los investigadores reportaron que uno de los componentes más efectivos de la enseñanza de alta calidad (que es, en sus palabras, “fundamental”) está vinculado con el cuestionamiento de los maestros: “el tipo que monitorea el entendimiento por parte de los estudiantes de nuevas ideas e impulsa a los estudiantes a pensar más profundamente” (Weiss y Pasly, 2004, p. 26).

En resumen, IMPROVE y otras pedagogías metacognitivas semejantes se han implantado de manera exitosa durante uno o dos años académicos. Esos métodos mostraron efectos positivos en el desempeño académico de los estudiantes, tanto al ser evaluados justo después de la intervención como después de un periodo durante el cual los estudiantes ya no fueron expuestos al soporte metacognitivo. En todos esos estudios los efectos positivos de las pedagogías metacognitivas fueron más altos en comparación con los grupos de control que no fueron expuestos al soporte metacognitivo.

¿Qué condiciones funcionan mejor para los modelos de enseñanza metacognitivos?

¿Los ambientes cooperativos son necesarios?

Muchas de las intervenciones metacognitivas, entre ellas IMPROVE, fueron diseñadas para realizarse en ambientes cooperativos (Mevarech y Kramarsky, 1997; Verschaffel, 1999). La lógica para ello tiene dos componentes: primero, los ambientes cooperativos parecen ser el contexto natural para que los estudiantes expresen su razonamiento y mejoren su comunicación matemática (NCTM, 2000; Schoenfeld, 1992). Segundo, como se comentó en el capítulo 3, muchos de los resultados de investigación indican que el aprendizaje cooperativo es un ambiente efectivo para mejorar el desempeño matemático en general —y el razonamiento matemático en particular—, si a los estudiantes se les orienta en cómo trabajar en grupos pequeños y aplicar los procesos metacognitivos (DeCorte, Verschaffel y Eynde, 2000). ¿Pero es realmente necesario integrar la enseñanza metacognitiva dentro de ambientes cooperativos? ¿Qué contribuye cada componente de manera individual y en combinación con el desempeño y razonamiento matemáticos de los estudiantes? Para abordar esta pregunta, Kramarski y Mevarech (2003) diseñaron un estudio en el que compararon cuatro condiciones. Un grupo estudió álgebra a través de la enseñanza metacognitiva incorporada en el aprendizaje cooperativo. El segundo grupo fue expuesto a la enseñanza metacognitiva en contextos individuales. El tercer grupo

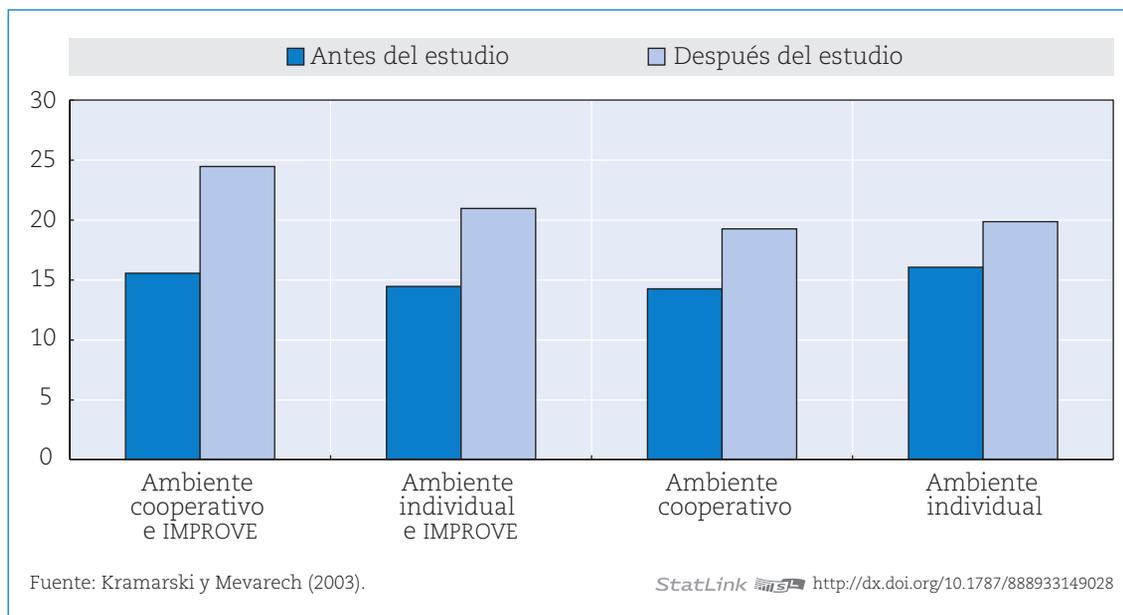
estudió los mismos materiales en ambientes cooperativos sin orientación metacognitiva. Y el cuarto grupo estudió de manera individual, sin orientación metacognitiva. La separación en cuatro grupos permitió estudiar la aportación particular de cada componente en diferentes habilidades matemáticas, incluidas la creatividad y la transferencia del conocimiento.

Doce grupos de octavo grado (384 estudiantes en total) fueron asignados aleatoriamente a uno de los cuatro grupos aquí descritos. Todos estudiaron las mismas materias durante el mismo tiempo, y todos utilizaron el mismo libro de texto. No se encontraron diferencias significativas entre su desempeño matemático antes del inicio del estudio.

De los resultados se deriva que los estudiantes expuestos al método combinado (enseñanza metacognitiva en un ambiente cooperativo) obtuvieron calificaciones bastante más altas en el examen de desempeño rutinario y “típico” respecto al grupo que recibió la orientación metacognitiva en contextos individuales; éste, a su vez, tuvo un mejor desempeño en comparación con los otros dos grupos sin orientación metacognitiva. No se encontraron diferencias significativas entre estos dos últimos grupos. Los estudiantes de IMPROVE también mostraron un mejor desempeño que los otros grupos en cuanto a resultados de creatividad (fluidez y flexibilidad) y la tarea de transferencia para evaluar la capacidad de utilizar su conocimiento en situaciones inéditas para la clase. En todos los casos, los estudiantes expuestos a la orientación metacognitiva incorporada en ambientes de aprendizaje cooperativo se mostraron más fluidos y flexibles en comparación con los otros grupos. En la figura 5.13 pueden verse los avances de aprendizaje y calificaciones promedias en el desempeño matemático por tiempo (exámenes pre y pos-intervención) y condiciones de aprendizaje.

Estos resultados apoyan la idea de que incorporar la orientación metacognitiva en ambientes cooperativos en la enseñanza de las matemáticas resulta más efectivo para mejorar el discurso, el desempeño, la transferencia del conocimiento y la creatividad, todo ello reflejado en las explicaciones de los estudiantes. Cuando las condiciones no permiten implantar

Figura 5.13. Impacto de la orientación metacognitiva y el aprendizaje cooperativo en el desempeño matemático.



ambientes cooperativos, los estudiantes expuestos a la orientación metacognitiva en ambientes individuales tienen mejor desempeño que sus compañeros no expuestos a la intervención metacognitiva. Cardelle-Elawar (1995) reportó resultados parecidos en un estudio realizado con estudiantes de tercer a octavo grado, en el cual se trataba de analizar el papel de las preguntas metacognitivas autodirigidas en el desempeño matemático de estudiantes con bajo desempeño.

Sin embargo, implantar la intervención metacognitiva en grupos pequeños no siempre ha resultado benéfica para los estudiantes. Depende de la tarea y de la calidad del discurso en el grupo (Artzt y Armour-Thomas, 1992). Las tareas complejas suelen ser más susceptibles que las tareas rutinarias a la intervención metacognitiva. Además, Cook y Beier (2010) demostraron que el aprendizaje para la retención de información es mejor cuando los estudiantes universitarios aprenden a poner en práctica procesos metacognitivos de manera individual en vez de en parejas.

¿Cuándo se debería de proporcionar la orientación metacognitiva?

¿Es mejor implementar la enseñanza metacognitiva al principio, solamente al final, o durante el proceso de solución? Hasta ahora se ha prestado poca atención a esta pregunta en la literatura educativa. Kapa (2001) evaluó este tema en el área de solución de problemas de álgebra, en tanto Michalsky, Mevarech y Haibi (2009) lo estudiaron en el contexto de la educación científica.

Kapa (2001) diseñó un software para ayudar a los estudiantes de octavo grado a resolver problemas narrativos de álgebra. El programa ofrecía diferentes pistas metacognitivas de acuerdo con cada etapa: durante y luego de concluir la solución, sólo durante la solución o únicamente durante la conclusión. Los estudiantes fueron asignados de forma aleatoria a uno de cuatro grupos según el tipo de pista metacognitiva ofrecida en el software, así como a un grupo de control que no recibió ningún apoyo metacognitivo. Según el reporte de Kapa, los estudiantes que recibían orientación metacognitiva durante la solución tuvieron un mejor desempeño frente a quienes la recibían únicamente al concluir la solución, mientras el grupo de control no recibió retroalimentación computarizada y obtuvo la calificación promedio más baja.

En el área de la educación científica, Michalsky, Mevarech y Haibi (2009) realizaron una capacitación metacognitiva durante la lectura de textos científicos. Las variables analizadas fueron la habilidad científica, el conocimiento específico a un dominio y la conciencia metacognitiva. Estudiantes de cuarto grado fueron asignados a uno de cuatro grupos. Uno recibió capacitación metacognitiva de manera previa; el segundo durante la lectura, el tercero después de leer los textos científicos, y el cuarto grupo no recibió instrucción metacognitiva explícita y se utilizó como grupo de control. De modo sorprendente, los resultados indicaron que el grupo expuesto a IMPROVE después de leer los textos científicos tuvo un mejor desempeño en comparación con el grupo capacitado antes de la lectura; y éste, a su vez, tuvo mejor desempeño respecto al grupo que recibió la orientación durante la lectura; el grupo de control presentó el desempeño más bajo en todas las variables (figuras 5.14 a 5.19). Se reportaron resultados similares para estudiantes de los primeros años de secundaria (Mevarech, Halperin y Vaserman, 2014). Existen razones para suponer que proporcionar una orientación metacognitiva durante la lectura sobrecargó las tareas para los estudiantes, quienes tuvieron que lidiar

Figura 5.14. Efecto de la orientación metacognitiva en la habilidad científica general.

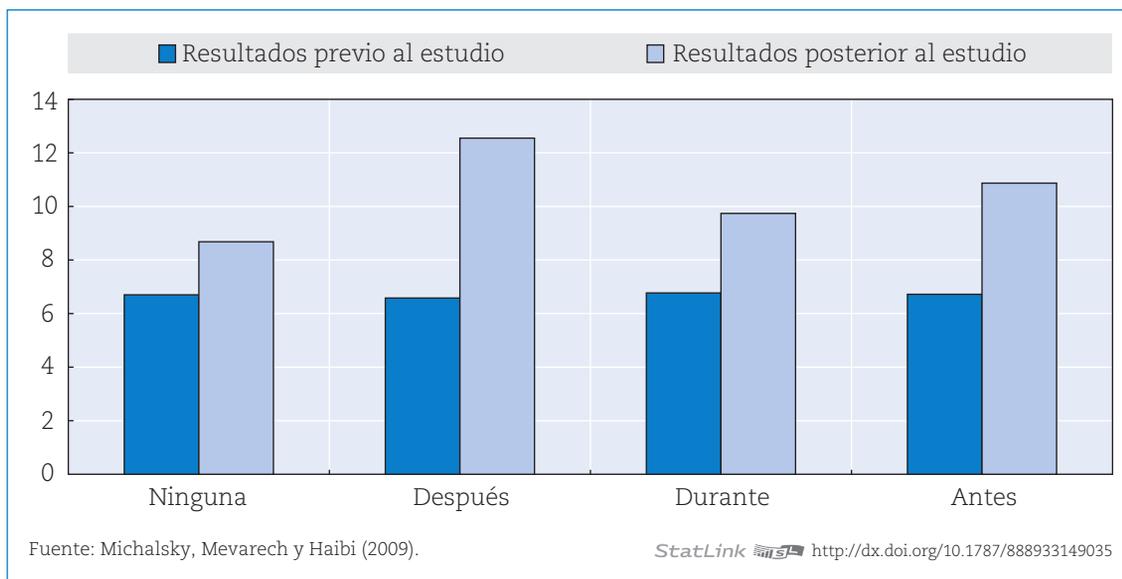
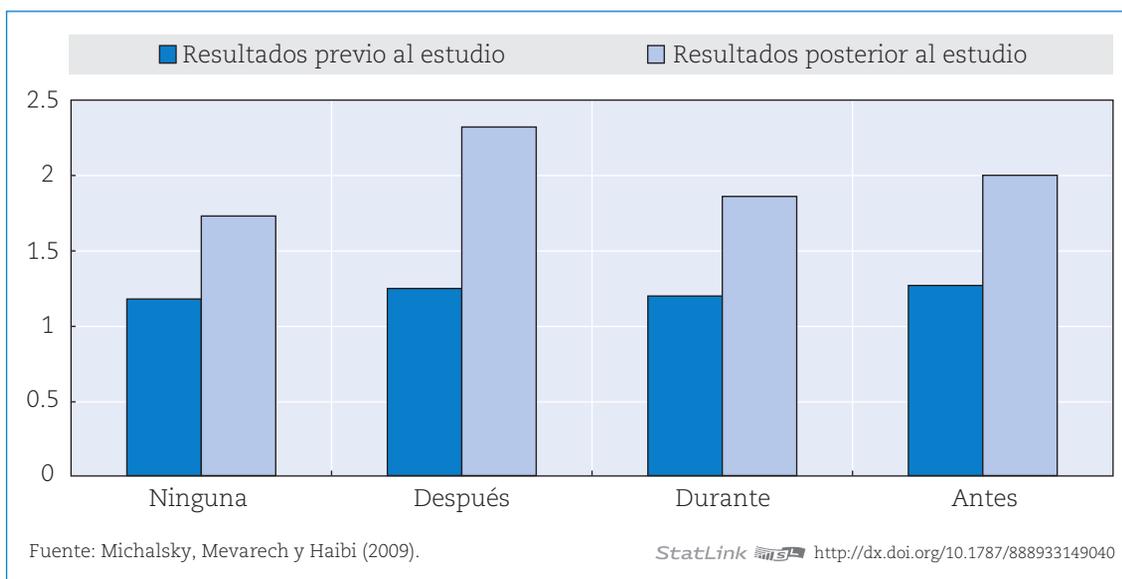


Figura 5.15. Efecto de la enseñanza metacognitiva en la descripción de fenómenos.



al mismo tiempo con la comprensión de lectura, la comprensión del contenido científico y además aplicar las pistas metacognitivas. Sin embargo, la hipótesis requiere mayor análisis.

¿Es suficiente la enseñanza metacognitiva en un solo dominio?

Esta cuestión resulta de particular relevancia para promover la solución de problemas CUN, en la medida en que esas tareas requieren diferentes habilidades, y algunas de ellas no están

Figura 5.16. Efecto de la orientación metacognitiva en la formulación de hipótesis.

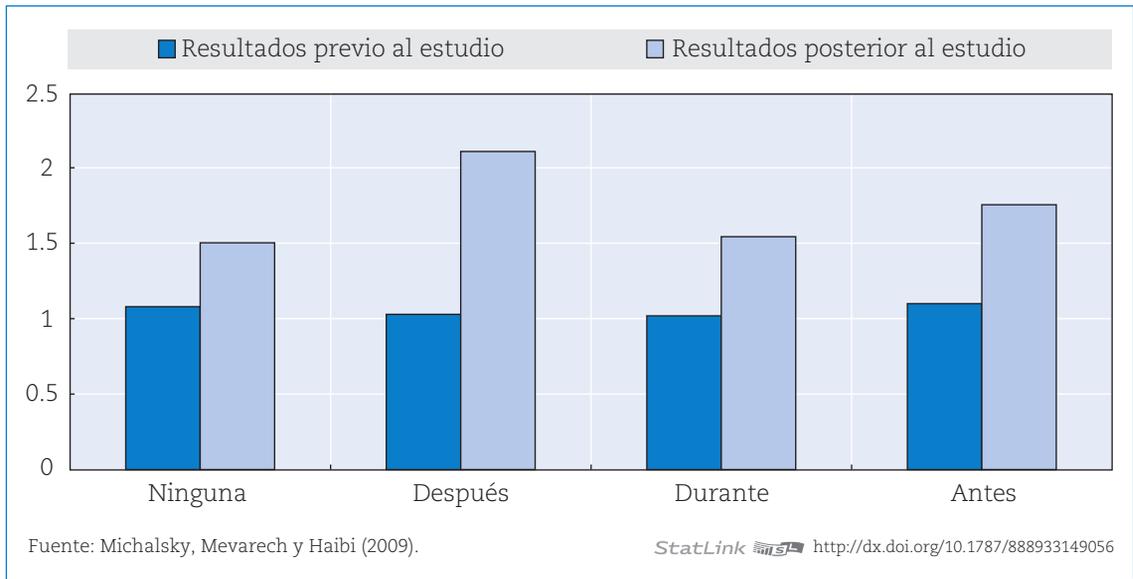
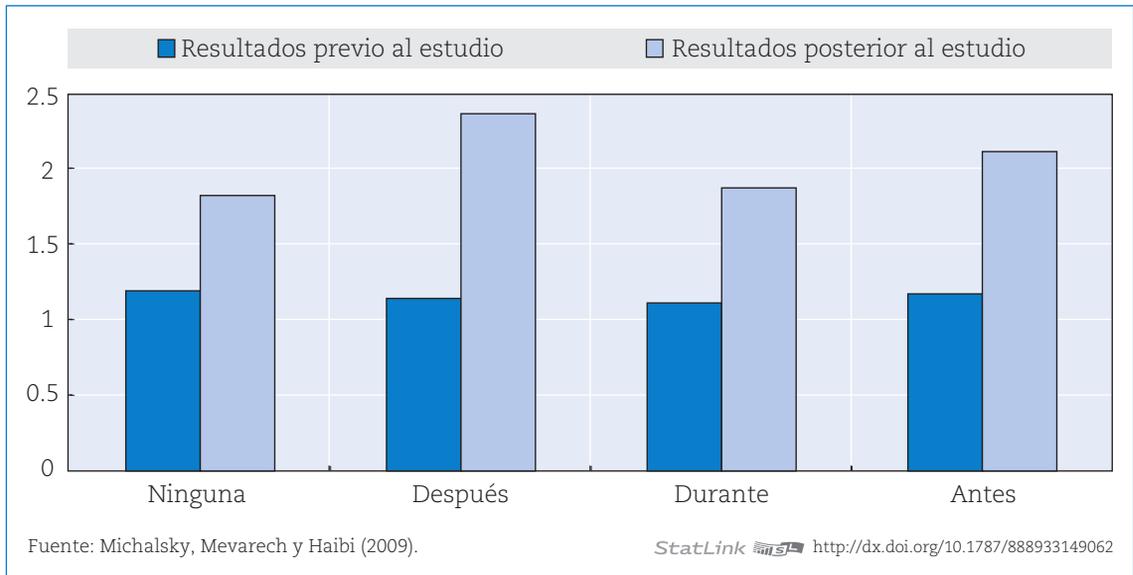


Figura 5.17. Efecto de la orientación metacognitiva en la identificación de resultados (variables dependientes).



relacionadas de manera directa con la solución de problemas matemáticos rutinarios, como la comprensión de lectura, hacer inferencias o llegar a conclusiones). Para abordar ese tema Kramarski, Mevarech y Lieberman (2001) compararon los efectos de la enseñanza metacognitiva multinivel (EMM), mediante la cual se implantó IMPROVE en clases de matemáticas y en clases de inglés como lengua extranjera, con una enseñanza metacognitiva uninivel (EMU) donde la enseñanza metacognitiva sólo se puso en marcha en las clases de matemáticas, y un grupo de control “NoMeta” que se mantuvo al margen de la enseñanza metacognitiva. Para

Figura 5.18. Efecto de la orientación metacognitiva en la identificación de causas (variables independientes).

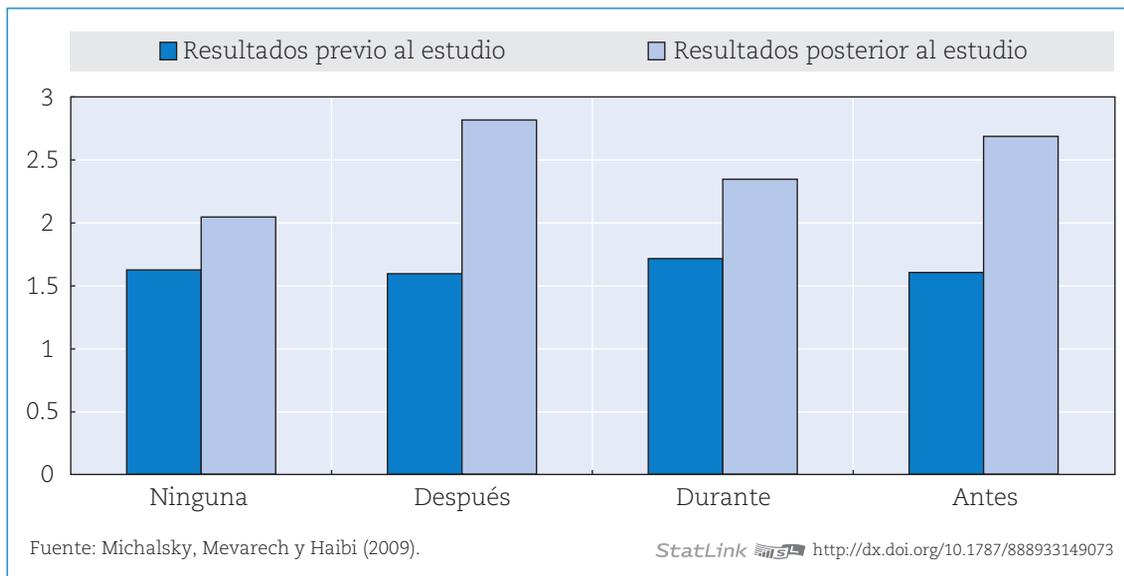
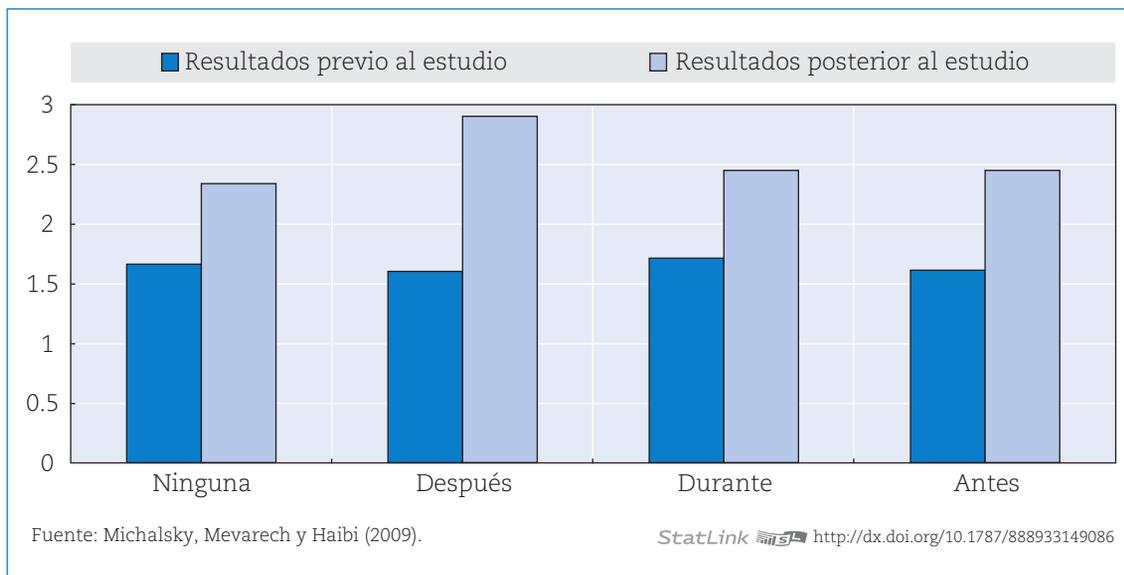


Figura 5.19. Efecto de la orientación metacognitiva en declarar resultados y llegar a conclusiones.

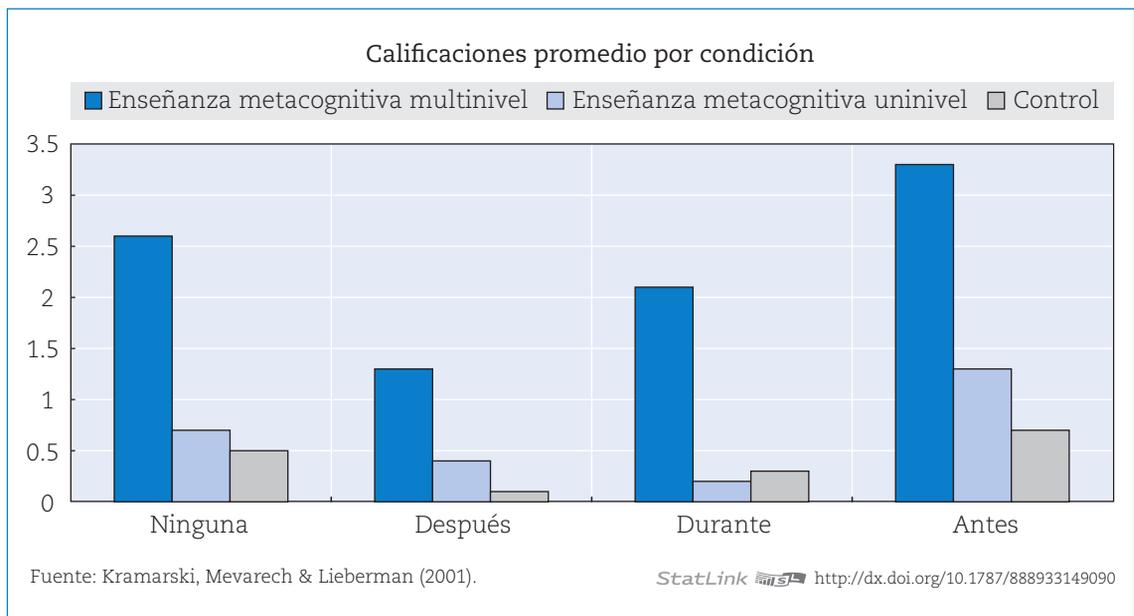


finés del estudio los principios de IMPROVE fueron adaptados a las necesidades de aprender inglés como lengua extranjera, y los maestros de las clases de matemáticas e inglés modelaron el uso común de la metacognición para resolver problemas matemáticos y de comprensión de lectura.

Los resultados sugieren que la enseñanza metacognitiva multinivel mejora el desempeño y el razonamiento matemático más que la enseñanza uninivel, mientras el grupo sin enseñanza metacognitiva obtuvo las calificaciones más bajas en todas las variables. Los avances

del grupo de EMM fueron más evidentes en las habilidades metacognitivas y en la solución de la tarea de la pizza (recuadro 1.1.), una tarea no rutinaria de transferencia que los estudiantes no tuvieron la oportunidad de resolver anteriormente. Pedir a los estudiantes que expresaran su razonamiento demostró que el grupo EMM tuvo mejor desempeño en comparación con el grupo EMU en los cuatro criterios para analizar el discurso de los estudiantes: referirse a la información, organizar la información, procesar la información y llegar a conclusiones (figura 5.20).

Figura 5.20. Logros matemáticos en la tarea de la pizza por condiciones de aprendizaje.



Existen por lo menos tres razones para explicar los resultados. Primero, es posible que una “dosis” doble de metacognición es más efectiva que una sola. Segundo, según las teorías constructivistas, el conocimiento se retiene y se entiende a través de la formación y conexión de diferentes componentes de información (Wittrock, 1986). La probabilidad de generar conexiones entre diferentes tipos de información es más alta en la EMM que en la EMU o “NoMeta”. Por último, debido a que los instructores de EMM promueven que los estudiantes transfieren su conocimiento o estrategias desde las matemáticas al inglés, y viceversa, los estudiantes de EMM se mostraron más dispuestos que los de EMU o NoMeta a trabajar en la tarea de transferencia e implantar los procesos metacognitivos, aun cuando los instructores no lo haya solicitado de manera específica. Investigar de forma paralela el impacto de la instrucción metacognitiva en diferentes dominios y examinar los efectos diferenciales en cada una es un tema abierto que vale la pena investigar más a fondo (Zimmerman y Schunk, 2011).

En resumen, investigar las condiciones idóneas para implantar las pedagogías metacognitivas revela que: 1) incorporar esos métodos a un ambiente cooperativo de enseñanza resulta más efectivo que en ambientes individuales, pero en ambos casos poner en práctica la enseñanza metacognitiva es más efectivo que no hacerlo; 2) aplicar todo el conjunto de los cuatro tipos de cuestionamiento autodirigido sugeridos por IMPROVE es más efectivo que utilizar tan

sólo las preguntas de comprensión y de estrategia; 3) la evidencia para cuando es mejor administrar el soporte metacognitivo no es contundente: mientras algunos estudios reportaron calificaciones más altas cuando los estudiantes fueron expuestos al soporte metacognitivo durante el proceso de solución de problemas, otros reportaron efectos mayores cuando el soporte metacognitivo se implantó al final del estudio.

Conclusión

Los principios derivados de estudios empíricos sobre los efectos de las pedagogías metacognitivas tienen implicaciones importantes en cuanto a su implantación en los procesos de enseñanza, y por ello se enuncian a continuación:

- **Las pedagogías metacognitivas son importantes**

La idea ingenua de que los estudiantes absorben la información de manera pasiva ha sido reemplazada por teorías constructivistas, las cuales proponen que los alumnos deben ser constructores activos de la información. Puesto que los métodos de enseñanza influyen de manera decisiva en cómo los estudiantes construyen su conocimiento, es de gran importancia implanta los métodos que han demostrado su eficacia. Se ha comprobado que IMPROVE y otras pedagogías metacognitivas influyen de forma positiva en el aprendizaje de los estudiantes.

- **Considerar la calidad de las diferentes pedagogías metacognitivas**

Aun cuando las pedagogías metacognitivas son pertinentes en el contexto de la escuela, ya que los estudios se llevaron a cabo en situaciones reales en las aulas, tanto las pedagogías específicas como y el periodo de implantación pueden variar. IMPROVE es un método de enseñanza metacognitiva de eficacia comprobada. Las preguntas metacognitivas autodirigidas genéricas impulsan a los estudiantes a planear, monitorear, controlar y reflexionar sobre los procesos de solución. IMPROVE es también uno de los pocos métodos utilizados a lo largo de todo un año escolar, además de que se han evaluado sus efectos duraderos mediante exámenes diferidos y en situaciones de alto impacto.

- **Las pedagogías metacognitivas mejoran el desempeño del alumno en tareas CUN**

Las sociedades impulsadas por la innovación reconocen la importancia de enfocarse en las tareas CUN. Puesto que IMPROVE enseñe a los estudiantes a planear, monitorear, controlar y reflexionar sobre los procesos de solución a partir de la comprensión, la creación de puentes, y un cuestionamiento autodirigido estratégico y reflexivo, no es sorprendente que IMPROVE pueda mejorar las habilidades de los estudiantes para resolver tareas complejas y no rutinarias.

- **Las pedagogías metacognitivas tienen efectos positivos en la solución de problemas de aritmética, álgebra y geometría**

Muchos estudiantes necesitan el soporte metacognitivo para alcanzar un dominio en la solución de problemas rutinarios. Se han observado los efectos positivos de IMPROVE, y de otras pedagogías metacognitivas semejantes, en todos los grados escolares. Los efectos positivos resultaron evidentes en el aprendizaje de aritmética, álgebra y geometría.

- **Considerar las mejores condiciones para implementar las pedagogías metacognitivas**
El gran número de estudios que analizan los efectos de las pedagogías metacognitivas nos permite identificar las condiciones ideales para tratar de implantarlas. Los estudios han demostrado que incorporar IMPROVE a un contexto de aprendizaje cooperativo resulta más eficaz que en un contexto de aprendizaje individual, y ambas condiciones son idóneas para mejorar el aprendizaje matemático en comparación con cualquier otro contexto sin soporte metacognitivo. La investigación también ha demostrado que utilizar los cuatro tipos de preguntas autodirigidas metacognitivas tiene mayor eficacia que utilizar solamente las preguntas estratégicas, en particular para estudiantes de bajo desempeño.
- **Considerar problemas de desarrollo en la implantación del soporte metacognitivo**
Es importante que el método de enseñanza corresponda con la edad de los estudiantes y su nivel de desarrollo. A cierta edad, jugar con objetos reales podría ser positivo, mientras a otra edad resulta más adecuado fomentar el pensamiento abstracto. IMPROVE se ha puesto en operación en todos los grados escolares: preescolar, primaria, secundaria, preparatoria y universidad; si bien se ha modificado el soporte metacognitivo para la edad de los estudiantes, siempre se han utilizado los mismos fundamentos. La exposición temprana al soporte metacognitivo podría enseñar a los estudiantes a usarlo más tarde, en situaciones de aprendizaje de toda la vida. Este tema requiere más investigación.
- **Incorporar pedagogías metacognitivas simultáneamente en múltiples dominios**
Como es de esperarse, los estudios dirigidos a mejorar el desempeño matemático y analizar pedagogías metacognitivas fueron implantados únicamente en clases de matemáticas. Sin embargo, poner en práctica el soporte metacognitivo por medio de IMPROVE, tanto en clases de matemáticas como de inglés, tiene beneficios adicionales porque los estudiantes pueden generalizar el uso de los procesos metacognitivos más allá de un solo dominio.
- **Construir una base de datos contundente para la creación de políticas basadas en evidencia**
No hay duda sobre la importancia de generar políticas basadas en evidencia, lo cual puede aplicarse en medicina, economía y educación, entre otras disciplinas. Los responsables de tomar estas decisiones deben estar bien informados acerca de los beneficios de las pedagogías metacognitivas y los datos duros que apoyen su efectividad. También tienen que estar conscientes de las posibles desventajas asociadas con estas pedagogías avanzadas. El hecho de acumular información enriquecerá nuestro entendimiento de cómo se lleva a cabo el aprendizaje y permitirá a los administradores y legisladores obtener conclusiones válidas. Conforme el campo de la metacognición alcance nuevos desarrollos, investigar la metacognición y su relación con el aprendizaje podría llevar al diseño y la implantación amplia de pedagogías metacognitivas para desarrollar ciudadanos competentes, así como para mejorar la solución de problemas rutinarios y CUN en diferentes grupos de edad y en varios contextos.

Referencias

- Adebina, A., y Putt, I. J. (1998). Teaching problem solving to year 6 students: A new approach. *Mathematics Education Research Journal*, 10 (3), 42-58.
- Alin, R. (2012). Teaching linear measurement in the Israeli kindergarten curriculum. En T. Papatheodorou y J. Moyles (Eds.), *Cross-Cultural Perspectives on Early Childhood* (pp. 115-130). Londres: Sage.
- Anderson, N.J. (2002). The role of metacognition in second language teaching and learning. *ERIC Digest*. Washington, D.C.: ERIC Clearinghouse on Languages and Linguistics. Recuperado de www.ericdigests.org/2003-1/role.htm.
- Artzt, A. F., y Armour-Thomas, E. (1992). Development of a cognitive-metacognitive framework for protocol analysis of mathematical problem solving in small groups. *Cognition and Instruction*, 9(2), 137-175.
- Blair, C. (2002). School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children's functioning at school entry. *American Psychologist*, 57(2), 111-127.
- Cardelle-Elawar, M. (1995). Effects of metacognitive instruction on low achievers in mathematics problems. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 81-95.
- Cohors-Fresenborg, E. et al. (2010). The role of metacognitive monitoring in explaining differences in mathematics achievement. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 231-244.
- Crook, A. E., y Beier, M. E. (2010). When training with a partner is inferior to training alone: The importance of dyad type and interaction quality. *Journal of Experimental Psychology*, 16(4), 335-348.
- Davis, A. (2009). *So I'm done because I'm confused now: Measuring metacognition in Elementary Algebra community college students*. Tesis de doctorado. Los Ángeles, CA: UCLA.
- De Corte, E., Verschaffel, L. y Op't Eynde, P. (2000). Self-regulation: A characteristic and a goal of mathematics education. En M. Bockaerts, P. R. Pintrich y M. Zeidner (Eds.). *Handbook of Self-Regulation* (pp. 687-726). San Diego, CA: Academic Press.
- Desoete, A. (2009). Metacognitive prediction and evaluation skills and mathematical learning in third-grade students. *Educational Research and Evaluation*, 15(5), 435-446.
- Dignath, C. y G. Buettner (2008). Components of fostering self-regulated learning among students: A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition Learning*, 3, 231-264.
- Dignath, C., Buettner, G., y Langfeldt, H. P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively? A meta-analysis on self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3(2), 101-129.
- Edwards, T. G. (2008). *Reflective assessment and mathematics achievement by secondary at-risk students in an alternative secondary school setting*. Tesis de doctorado. Seattle: Seattle Pacific University.
- Elliott, A. (1993). Metacognitive teaching strategies and young children's mathematical learning. Ponencia presentada en el Australian Association for Research in Education Conference. Fremantle, WA.
- EU Council (2002). Council resolution of 27 June 2002 on lifelong learning. *Official Journal of the European Communities*, 163(1).
- Frye, S. M. (1989). The NCTM standards: Challenges for all classrooms. *Mathematics Teacher*, 2, 313-317.
- Garofalo, J., y Lester, F. (1985). Metacognition, cognitive monitoring and mathematical performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16(3), 63-176.
- Hattie, J. A. (1992). Measuring the effects of schooling. *Australian Journal of Education*, 36(1), 5-13.
- Hattie, J. A., Biggs, J., y Purdie, N. (1996). Effects of learning skills interventions on student learning: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66(2), 99-136.
- Hauptman, H. (2010). Enhancement of spatial thinking with Virtual Spaces 1.0. *Computers and Education*, 54(1), 123-135.
- Hinton, C., y Fischer, K. (2010). Learning from the developmental and biological perspective. En H. Dumont, D. Istance y F. Benavides (Eds.). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice* (Educational Research and Innovation). París, FR: OECD, Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-7-en>.

- Hurme, T. Palonen, y Jarvela, S. (2006). Metacognition in joint discussions: An analysis of the patterns of interaction and the metacognitive content of the networked discussion in mathematics. *Metacognition and Learning*, 1, 181-200.
- Kapa, E. (2001). A metacognitive support during the process of problem solving in a computerized environment. *Educational Studies in Mathematics*, 47(3), 317-336.
- King, A. (1998). Transactive peer tutoring: Distributing cognition and metacognition. *Educational Psychology Review*, 10(1), 57-74.
- Koriat, A. (2008). Easy comes, easy goes? The link between learning and remembering and its exploitation in metacognition. *Memory and Cognition*, 36(2), 416-428.
- Kramarski, B. (2011). Assessing self-regulation development through sharing feedback in online mathematical problem solving discussion. En G. Dettori y D. Persico (Eds.). *Fostering Self-regulated Learning through ICT* (pp. 317-247). Hershey: IGI Global.
- Kramarski, B. (2008). Self-regulation in mathematical e-learning: Effects of metacognitive feedback on transfer tasks and self-efficacy. En A. R. Lipshitz y S. P. Parsons (Eds.). *E-Learning: 21st Century Issues and Challenges* (pp. 83-96). Nueva York: Nova Science.
- Kramarski, B., y Mevarech, Z. R. (2003). Enhancing mathematical reasoning in the classroom: Effects of cooperative learning and metacognitive training. *American Educational Research Journal*, 40(1), 281-310.
- Kramarski, B., Mevarech, Z.R., y Arami, M. (2002). The effects of metacognitive training on solving mathematical authentic tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 49, 225-250.
- Kramarski, B., Mevarech, Z.R., y Lieberman, A. (2001). Effects of multilevel versus unilevel metacognitive training on mathematical reasoning. *The Journal of Educational Research*, 94(5), 292-300.
- Kramarski, B., Weiss, I., y Kololshi-Minsker, I. (2010). How can self-regulated learning support the problem solving of third-grade students with mathematics anxiety? *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 179-193.
- Lajoie, S., et al. (2013). Technology-rich tools to support self-regulated learning and performance in medicine. En R. Azevedo y V. Aleven (Eds.). *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies*. Nueva York: Springer.
- Leahey, E., y Guo, G. (2001). Gender differences in mathematics trajectories. *Social Forces*, 80(2), 713-732.
- Lester, F. K. (1994). Musings about mathematical problem-solving research: 1970-1994. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 660-675.
- Lovett, M. C. (2008). *Teaching metacognition*. Recuperado de <http://net.educause.edu/upload/presentations/ELI081/FS03/Metacognition-ELI.pdf>
- Lucangeli, D., y Cornoldi, C. (1997). Mathematics and metacognition: What is the nature of the relationships? *Mathematical Cognition*, 3(2), 121-139.
- McCabe, J. (2011). Metacognitive awareness of learning strategies in undergraduates. *Memory and Cognition*, 39(3), 462-476.
- Mevarech, Z. R. (1999). Effects of metacognitive training embedded in cooperative settings on mathematical problem solving. *Journal of Educational Research*, 92(4), 195-205.
- Mevarech, Z. R., y Amrany, C. (2008). Immediate and delayed effects of meta-cognitive instruction on regulation of cognition and mathematics achievement. *Metacognition Learning*, 3, 147-157.
- Mevarech, Z. R., y Fridkin, S. (2006). The effects of IMPROVE on mathematical knowledge, mathematical reasoning and meta-cognition. *Metacognition Learning*, 1, 85-97.
- Mevarech, Z. R., Gold, L., Gitelman, R., y Gal-Fogel, A. (2013). Judgment of learning under different conditions: What works and what does not work? Ponencia presentada en el 15th Biennial EARLI Conference for Research on Learning and Instruction. Munich, Alemania.
- Mevarech, Z. R., Halperin, C., y Vaserman, S. (2014). Reading scientific texts: The effects of metacognitive scaffolding on students' science literacy. Ponencia presentada en el 6th World Conference on Educational Sciences. Malta.
- Mevarech, Z. R., y Hillel, M. (2012). How and to what extent can children's metacognition be enhanced during mathematics problem solving? En *Metacognition 2012 – Proceedings of the 5th Biennial Meeting of the EARLI Special Interest Group 16 Metacognition*. Milán, IT.

- Mevarech, Z. R., y Kramarski, B. (2003). The effects of metacognitive training versus worked-out examples on students' mathematical reasoning. *British Journal of Educational Psychology*, 73(4), 449-471.
- Mevarech, Z. R., y Kramarski, B. (1997). IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-395.
- Mevarech, Z. R., Tabuk, A., y Sinai, O. (2006). Metacognitive instruction in mathematics classrooms: Effects on the solution of different kinds of problems. En A. Desoete y M. V. J. Veenman (Eds.). *Metacognition in Mathematics Education* (pp. 70-78). Nueva York: Nova Science Publishers.
- Mevarech, Z. R., Terkieltaub, S., Vinberger, T., y V. Nevet (2010), The effects of meta-cognitive instruction on third and sixth graders solving word problems. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 195-203.
- Michalsky, T., Mevarech, Z. R., y Haibi, L. (2009). Elementary school children reading scientific texts: Effects of metacognitive instruction. *Journal of Educational Research*, 102(5), 363-376.
- Mueller, J. (2012). *What is authentic assessment?* Authentic Assessment Toolbox. Recuperado de <http://jfmuller.faculty.noctrl.edu/toolbox/whatisit.htm>.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Neeman, A., y Kramarski, B. (entregado). Metacognitive intervention intended to promote self-regulation and mathematics discourse in kindergarten students. Ponencia presentada en el Metacognitive Special Interest Group Meeting. Estambul, TUR.
- OCDE (2012). *PISA 2012 Draft Frameworks - Mathematics, Problem Solving and Financial Literacy*. París, FR: OECD. Recuperado de www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2012draftframeworks-mathematic-problemsolvingandfinancialliteracy.htm.
- OCDE (2007). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World. Volume 1: Analysis*. París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264040014-en>.
- OCDE (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. París, FR: OECD (Education and Skills). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264101739-en>.
- OCDE/UNESCO (2003). *Literacy Skills for the World of Tomorrow: Further Results from PISA 2000*. París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264102873-en>.
- Panaoura, A., Demetriou, A., y Gagatsis, A.. (2009). Mathematical Modeling, self-representations and self-regulation. En *Proceedings of CERME 6*. Lyon, FR. Recuperado de www.inrp.fr/editions/cerme6.
- Pennequin, V., Sorel, O., Nanty, I., y Fontaine, R. (2010). Metacognition and low achievement in mathematics: The effect of training in the use of metacognitive skills to solve mathematical word problems. *Thinking & Reasoning*, 16(3), 198-220.
- Perry, N. E., Phillips, L., y Dowler, J. (2004). Examining features of tasks and their potential to promote self-regulated learning. *Teachers College Record*, 106(9), 1854-1878.
- Perry, N. E., VandeKamp, K. O., Mercer, L., K., y Nordby, C. J. (2002). Investigating teacher-student interactions that foster self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 37(1), 5-15.
- Pintrich, P. R. (2000). Multiple goals, multiple pathways: The role of goal orientation in learning and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), 544-555.
- Ragosta, P. (2010), *The effectiveness of intervention programs to help college students to acquire self-regulated learning strategies: A meta-analysis*. Tesis de doctorado, Nueva York, NY: Universidad de Nueva York.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. En D. A. Grouws (Ed.). *Handbook of Research on Mathematics Teaching* (pp. 334-370). Nueva York, NY: MacMillan Publishing. .
- Schoenfeld, A. H. (1989). Problem solving in context(s). En R. Charles y E. Silver (Eds.). *The Teaching and Assessing of Mathematical Problem Solving* (pp. 82-92). Reston, VA: NCTM. .
- Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science*, 26, 113-125.
- Schraw, G., Crippen, K. J., y Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.

- Schraw, G., y Dennison, R. S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 460-475.
- Schraw, G., y Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351-371.
- Schwonke, R., Ertelt, A., Otieno, C., Renkl, A., Alevén, V., y Salden, R. (2013). Metacongitive support promotes an effective use of instructional resources in intelligent tutoring. *Learning and Instruction*, 23, 136-150.
- Shayer, M., y Adey, P. S. (1993). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: Three years after a two-year intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 351-366.
- Stasi, G. M. (2005). *Differential effects of a content-oriented metacognitive instructional program and a process-oriented metacognitive instructional program*. Tesis de doctorado. Chicago, IL: Illinois Institute of Technology.
- Stillman, G., y Mevarech, Z. R. (2010). Metacognitive research in mathematics education: From hot topic to mature field. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 49(2), 145-148.
- Subocz, S. L. (2007). *Attitudes and performance of community college students receiving metacognitive strategy instruction in mathematics courses*. Tesis de doctorado, Mineápolis, MN: Capella University.
- Third International Mathematics and Science Study, (1997). *Performance Assessment in IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA: TIMSS International Study Center, Boston College. Recuperado de <http://timss.bc.edu/timss1995i/TIMSSPDF/PAREport.pdf>
- Veenman, M. V. J., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., y Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1, 3-14.
- Verschaffel, L. (1999). Realistic mathematical modeling and problem solving in the upper elementary school: Analysis and improvement. En J. H. M Hamers, J. E. H Van Luit y B. Csapo (Eds.). *Teaching and Learning Thinking Skills. Context of Learning* (pp. 215-240). Lisse, Holanda: Swets and Zeitlinger.
- Verschaffel, L., Greer, B., y De Corte, E. (2000). *Making Sense of Word Problems*. Lisse, Holanda: Swets and Zeitlinger.
- Weiss, I., y Pasley, J. (2004). What is high-quality instruction? *Educational Leadership*, 61(5), 24-28.
- "What work best" (2010). *Teaching/Learning*. Recuperado de http://www.learningandteaching.info/teaching/what_works.htm.
- Whitebread, D., y Coltman, P. (2010). Aspects of pedagogy supporting metacognition and self-regulation in mathematical learning in young children: Evidence from an observational study. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 163-178
- Whitebread, D. et al. (2009). The development of two observational tools for assessing metacognition and self-regulated learning in young children. *Metacognition and Learning*, 4(1), 63-85.
- Winne, P. H. (1995). Inherent details in self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 30(4), 173-187.
- Wittrock, M. C. (1986). Students' thought processes. En M. C. Wittrock (Ed.). *Handbook of Research on Teaching* (pp. 297-314). Nueva York, NY: MacMillan.
- Yang, K.-L. (2012). Structures of cognitive and metacognitive reading strategies use for reading comprehension of geometry proof. *Educational Studies in Mathematics*, 80, 307-326
- Yimer, A., y Ellerton, N. F. (2010). A five-phase model for mathematical problem solving: Identifying synergies in pre-service-teachers' metacognitive and cognitive actions. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42, 245-261.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attainment of self-regulated learning: A social cognitive perspective. En M. Boekaerts, P. Pintrich y M. Zeidner (Eds.). *Handbook of Self-Regulation* (pp. 13-39). Orlando, FL: Academic Press.
- Zimmerman, B. J., y Schunk, D. (Eds.) (2011). *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance*. Nueva York, NY: Routledge.

CAPÍTULO 6

Los efectos de las pedagogías metacognitivas en las capacidades sociales y emocionales

Las emociones y la cognición están ligadas en el cerebro de manera indisoluble. Las habilidades son esenciales para el proceso de aprendizaje, además la evidencia ha mostrado que las intervenciones metacognitivas diseñadas para mejorar el desempeño cognitivo pueden tener un impacto benéfico en factores afectivos como la motivación o la ansiedad. De igual manera, las metodologías metacognitivas pueden adaptarse para fomentar las habilidades socio-emocionales entre estudiantes de nivel preescolar, primaria, secundaria, e incluso en adultos. Combinar los dos métodos provoca un impacto más importante en el desempeño socio-emocional y cognitivo que cualquiera de los métodos por sí solo. Las intervenciones enfocadas en la motivación o en las habilidades cognitiva-metacognitivas son más efectivas que la enseñanza tradicional, pero no tanto como concentrarse de manera conjunta en la motivación y en la metacognición.

La investigación actual en neurociencias indica que “la emoción y la cognición está vinculadas en el cerebro de manera inextricable. Los componentes particulares de la experiencia [de aprendizaje] se pueden denominar cognitivos o emocionales, pero la distinción entre ambos sólo es teórica porque están integrados en el cerebro y son inseparables” (Hinton y Fischer, 2010, p. 119).

Estos resultados, aunque sorprendentes, también demuestran con precisión el papel de la interacción social, revelando “la naturaleza social fundamental del aprendizaje humano. El cerebro humano está adaptado para la interacción social. El cerebro está afinado para experimentar la empatía, que nos conecta íntimamente con las experiencias de otros [...] Las personas utilizan su cerebro para aprender a través de las interacciones sociales y el contexto cultural” (Hinton y Fischer, 2010, pp. 126 y 129). Existen por lo menos dos razones de por qué resulta problemático dividir el cerebro en regiones cognitivas y afectivas o socio-emocionales. Primero, las regiones del cerebro consideradas “afectivas” también se encuentran relacionadas con la cognición y viceversa. Segundo, y más importante, la cognición y la emoción están integradas en el cerebro y en realidad los dos sistemas (socio-emocional y cognitivo) interactúan de distintas e importantes maneras (Pessoa, 2008).

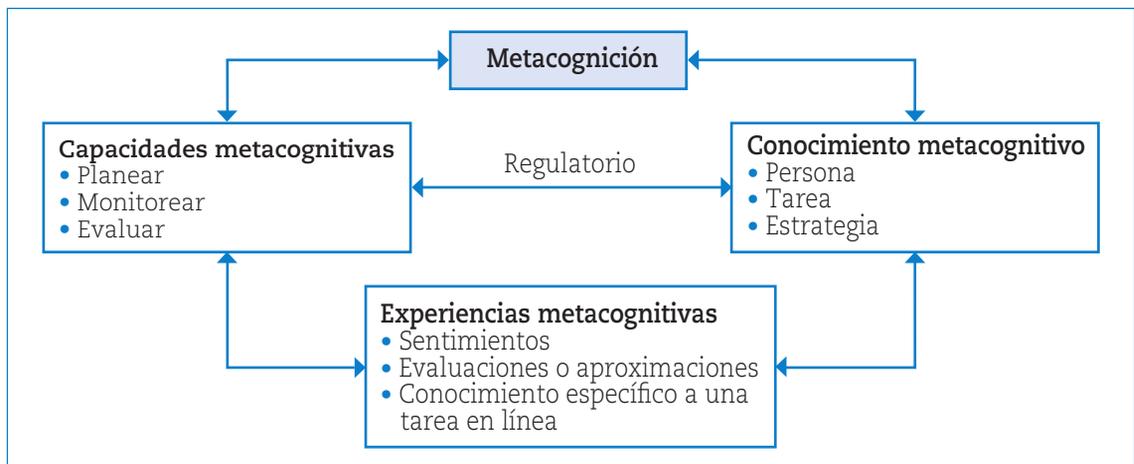
¿Cuál es el mecanismo neurológico que convierte la experiencia externa en emociones y/o procesos sociales? Hinton y Fischer (2010, p. 118) explican que las “experiencias de aprendizaje se traducen en señales eléctricas y químicas que modifican gradualmente las conexiones entre neuronas”. Puesto que las neuronas en el cerebro están organizadas en módulos, un

estímulo provoca una red de respuestas desde diferentes módulos. La conexión inicial es transitoria y con el tiempo las actividades repetidas producen cambios duraderos que fundamentan la memoria a largo plazo. Además, los neurocientíficos han descubierto “neuronas espejo” que se activan para estimular la experiencia de las otras personas (Dobbs, 2006). Hinton y Fischer (2010, p. 126) explican: “cuando un niño ve a su madre construir una torre con bloques, ciertas neuronas en el cerebro del niño se activan como si el niño mismo construyera su torre de bloques. Estas neuronas espejo se consideran la base neurológica de la empatía y sirven tanto para crear vínculos como para aprender”.

Es interesante notar que incluso antes de reconocer los cambios provocados en el cerebro, por varias experiencias, los psicólogos y educadores identificaron las características de las denominadas “meta-emociones” o “meta-experiencias” que —como en el caso de la metacognición— monitorean, controlan y regulan el comportamiento humano. Gottman, Katz y Hooven (1997, p. 6) explicaron el término *meta-emoción* como emociones acerca de la emoción, análogo al concepto de metacognición. Definieron la meta-emoción como “un conjunto organizado y estructurado de emociones y cogniciones acerca de las emociones, tanto las emociones de uno mismo como las de los demás” (Gottman, Katz y Hooven, 1997, p. 7). Efkelides (2006, 2011) fue un paso más allá en el análisis de la meta-experiencia (ME) durante el aprendizaje. Según sus estudios, las ME se refieren a cosas de las que una persona está consciente, y lo que siente cuando se enfrenta a una tarea y debe procesar información considerada relevante. Efkelides identificó tres categorías de la ME: “sentimientos”, “evaluaciones o aproximaciones”, y “conocimiento específico a una tarea en línea”. La primera de ellas está relacionada con los sentimientos de conocimiento (SDC) además de sentimientos de éxito/fracaso, familiaridad/dificultad, auto-estima y satisfacción, tanto personales como en relación con tareas específicas. Las evaluaciones se refieren a la evaluación del aprendizaje (EA), la información de las fuentes de memoria, la aproximación de los esfuerzos y del tiempo. Por último, el conocimiento específico a una tarea denota características de la tarea y los procedimientos utilizados.

Efkelides (2006) conjetura que la metacognición y la meta-experiencia funcionan en conjunto para regular el aprendizaje de cada uno. Basada en su estudio, la figura 6.1 presenta las relaciones entre metacognición —el conocimiento metacognitivo y las capacidades metacognitivas— y experiencias metacognitivas.

Figura 6.1. Relación entre metacognición y experiencias metacognitivas.



Mientras Efkeldes (2006, 2011) enfatiza los papeles de las emociones en el aprendizaje, otros (Zins et al., 2007) agregan la contribución fundamental de las habilidades sociales al proceso de aprendizaje. Zins et al. (2007, p. 6) reportan que “la educación social y emocional implica enseñar a los niños a estar conscientes de sí mismos, conscientes socialmente, capaz de tomar decisiones responsables y competentes en las capacidades de manejarse a sí mismo y a las relaciones con los demás, para fomentar su éxito académico”. Por tanto, los niños necesitan estar conscientes de ellos mismos y de los otros; tener en cuenta la situación y las normas relevantes; manejar sus emociones y su comportamiento, contar con capacidades sociales que les permiten aprender de manera efectiva y colaborar con los demás. Estas habilidades y actitudes impactan de manera positiva o negativa la participación de los niños en el aprendizaje y, a su vez, afectan los resultados del aprendizaje. En el recuadro 6.1 se especifican las habilidades sociales y emocionales relacionadas con el proceso de aprendizaje.

Sin embargo, los niños no tienen capacidad suficiente para regular sus procesos socio-emocionales. Las habilidades socio-emocionales no se desarrollan de manera espontánea, y mucho menos en niños con alto riesgo de desarrollar algunas desventajas en relación con el aprendizaje; en ese sentido, la investigación ha demostrado que se requiere una enseñanza más explícita e intencional (Bredekamp y Copple, 1997). Los años en edad preescolar y los primeros años de educación básica parecen ser un momento estratégico para poner en marcha intervenciones dirigidas a facilitar las habilidades sociales y reducir el comportamiento agresivo antes de que éste se convierta en patrón permanente. Sin embargo, nunca es “demasiado tarde” para intervenir, incluso en una etapa muy avanzada.

¿Se pueden enseñar las capacidades socio-emocionales?

La respuesta es que sí. Por ejemplo, un método de enseñanza diseñado para este propósito es el “modelo de procesamiento de información social”, utilizado con frecuencia para comprender y fomentar las capacidades sociales (Crick y Dodge, 1994). El modelo para procesar información social se concentra en los procesos cognitivos/metacognitivos. En general, este proceso consiste en seleccionar una meta social, monitorear el ambiente, generar y seleccionar una estrategia, implementar la estrategia, evaluar el resultado y elegir una acción subsecuente.

El modelo de procesamiento de información social describe un proceso no lineal de seis pasos —y varios ciclos de retroalimentación—, para vincular la cognición social y el comportamiento de los niños (cuadro 6.1).

Este modelo enfatiza la importancia de estar consciente de las interacciones socio-emocionales que tienen lugar dentro del aula, por ejemplo: cómo recopilar información acerca de ello, qué hacer con esta información y cómo reflexionar sobre el resultado obtenido. Puesto que los pasos descritos arriba no son lineales, los estudiantes son entrenados para mover hábilmente los pasos de acuerdo con lo requerido en cada situación.

El modelo de procesamiento de información social no es el único que propone un programa de intervención para fomentar habilidades socio-emocionales. Los nuevos resultados demuestran que la cognición y los procesos socio-emocionales trabajan en conjunto y así abren nuevos horizontes para los investigadores de la educación. El aprendizaje cooperativo es el método de enseñanza más distintivo, está basado en estos resultados y aporta evidencia de cómo las interacciones sociales facilitan el aprendizaje (Slavin, 2010). Sin embargo, aún quedan muchas preguntas sin responder, por ejemplo: ¿acaso la mejoría de las habilidades socio-emocionales

Recuadro 6.1. Componentes y habilidades socio-emocionales

Conciencia de uno mismo:

- Identificar y reconocer emociones
- Desarrollar una percepción precisa de uno mismo y autoeficacia
- Reconocer fortalezas, necesidades y valores

Conciencia social:

- Aceptar perspectivas: tomar en cuenta los puntos de vista de los otros
- Empatía
- Apreciación de la diversidad
- Respeto para los demás

Tomar decisiones de manera responsable:

- Identificar problemas y analizar situaciones
- Resolver problemas
- Evaluación y reflexión
- Responsabilidad personal, moral y ética

Manejo de uno mismo:

- Fomentar el control y el manejo de estrés
- Auto-motivación y disciplina
- Establecer metas y capacidades organizacionales

Manejo de relaciones:

- Comunicación, participación social y construcción de relaciones
- Trabajar cooperativamente
- Negociar, declinar y manejo de conflictos
- Buscar y ofrecer ayuda

Las quince habilidades sociales están relacionadas con la promoción del aprendizaje autorregulado:

1. Reconocer las emociones en uno mismo y los demás
2. Regular y manejar emociones fuertes (positivas y negativas)
3. Reconocer fortalezas y áreas de necesidad
4. Escuchar y comunicar precisa y claramente
5. Entender las perspectivas de los demás e percibir sus emociones
6. Respetar a los demás y a uno mismo y apreciar las diferencias
7. Identificar correctamente los problemas
8. Establecer metas positivos y realistas
9. Resolver problemas, tomar decisiones y planear
10. Acercarse a los demás y construir relaciones positivas
11. Resistir la presión social negativa
12. Cooperar, negociar y manejar conflicto de manera no violenta
13. Trabajar efectivamente en grupos
14. Buscar y ofrecer ayuda
15. Demostrar responsabilidad ética y social.

Fuente: Zins et al. (2007).

Cuadro 6.1. Modelo para procesar información en seis pasos

Pasos	Procesos cognitivos
Observar y codificar estímulos relevantes	Atender y codificar estímulos sociales de carácter verbal y no verbal, tanto externos como internos.
Interpretar y representarse mentalmente de los estímulos	Comprender lo ocurrido durante el encuentro social, así como la intención y la causa que subyacen a la interacción.
Comprensión de los objetivos	Determinar nuestro objetivo para la interacción y cómo impulsar la comprensión de esas metas.
Representarse la situación conforme se procesa	Comparar la interacción de situaciones ubicadas en la memoria de largo plazo y los resultados previos a esas interacciones anteriores.
Decidir/seleccionar la respuesta	
Representar y evaluar el comportamiento.	

Fuente: Crick y Dodge (1994).

es un prerrequisito para alcanzar objetivos cognitivo-metacognitivos, o viceversa? ¿La participación estudiantil en las tareas CUN es suficiente para promover procesos socio-emocionales? ¿Qué tipos de pedagogías (por ejemplo, el aprendizaje cooperativo o los soportes metacognitivos) son adecuados para fomentar las capacidades socio-emocionales? ¿Aprender en pequeños grupos es en sí suficiente para facilitar las capacidades sociales? ¿Por último, existen resultados contundentes en torno a estas prácticas? Las anteriores son preguntas importantes porque con frecuencia las emociones regulan el aprendizaje como en el caso de la ansiedad matemática, que reduce la capacidad de aprender y provoca resultados negativos para muchos estudiantes. En este capítulo se abordan algunos de esos temas, bajo el supuesto de que las habilidades socio-emocionales son importantes en sí mismas para las sociedades innovadoras.

Pedagogías metacognitivas y sus efectos en las habilidades socio-emocionales

Los estudios en relación con los efectos de las pedagogías metacognitivas en las habilidades socio-emocionales pueden ser clasificados en tres tipos principales: 1) estudios enfocados en la cognición-metacognición pero no explícitamente en las capacidades emocionales, en tanto suponen que al mejorar los resultados cognitivos-metacognitivos también habrá una mejora en los factores emocionales; 2) estudios concentrados en las emociones, con miras a mejorar el desempeño cognitivo a través de ellas; 3) estudios con un enfoque tanto en la cognición-metacognición como en la emoción, con base en la idea de que se requieren ambas partes para obtener buenos resultados cognitivos y emocionales.

En los tres tipos de estudios las variables dependientes incluyen diversos resultados escolares: cognitivo, como la solución de problemas rutinarios y no rutinarios; metacognitivo y socio-emocional, como la participación de los alumnos, las capacidades sociales y la comunicación. Por tanto, casi siempre se reportarán esos resultados, y se abordará la cuestión de si un método particular mejora no solamente las capacidades sociales y emocionales, sino también si lleva a un aprendizaje más efectivo. Aunque a veces pueda existir un sacrificio

de algún aspecto, una pedagogía poderosa sería aquella que fomente ambos resultados al mismo tiempo.

Además, a menos que se especifique lo contrario, los estudios aquí revisados están basados en diseños cuasi-experimentales donde las diferencias reportadas entre los grupos experimental y de control son estadísticamente significativas. Aunque en todos los estudios los resultados considerados incluyen tanto los componentes emociones como cognitivos, este capítulo se concentra en los estudios que se enfocan sobre todo en los componentes emocionales, mientras los mencionados en capítulos anteriores se concentraban en los resultados cognitivos-metacognitivos. Por ejemplo, los estudios sobre la comunicación matemática con frecuencia reflejan el razonamiento matemático y por ellos esos estudios fueron revisados en el capítulo 5.

Estudios tipo I: los efectos de las intervenciones enfocadas en el éxito

Aliviar la ansiedad matemática

La ansiedad consiste en componentes cognitivos, afectivos y conductuales (Ziedner, 1998). El componente cognitivo se refiere a los pensamientos intrusivos que surgen en la mente durante el aprendizaje, pero que carecen de valor funcional en la solución de la tarea cognitiva en cuestión. El componente afectivo incluye sensaciones de nerviosismo, tensión y reacciones fisiológicas desagradables a situaciones amenazantes. El componente conductual se refiere a una mezcla de comportamientos de evasión o de escape en varias etapas del proceso de solución. Todos estos procesos pueden ser evidentes cuando un estudiante aprende, de manera individual o en grupo (Hembree, 1990).

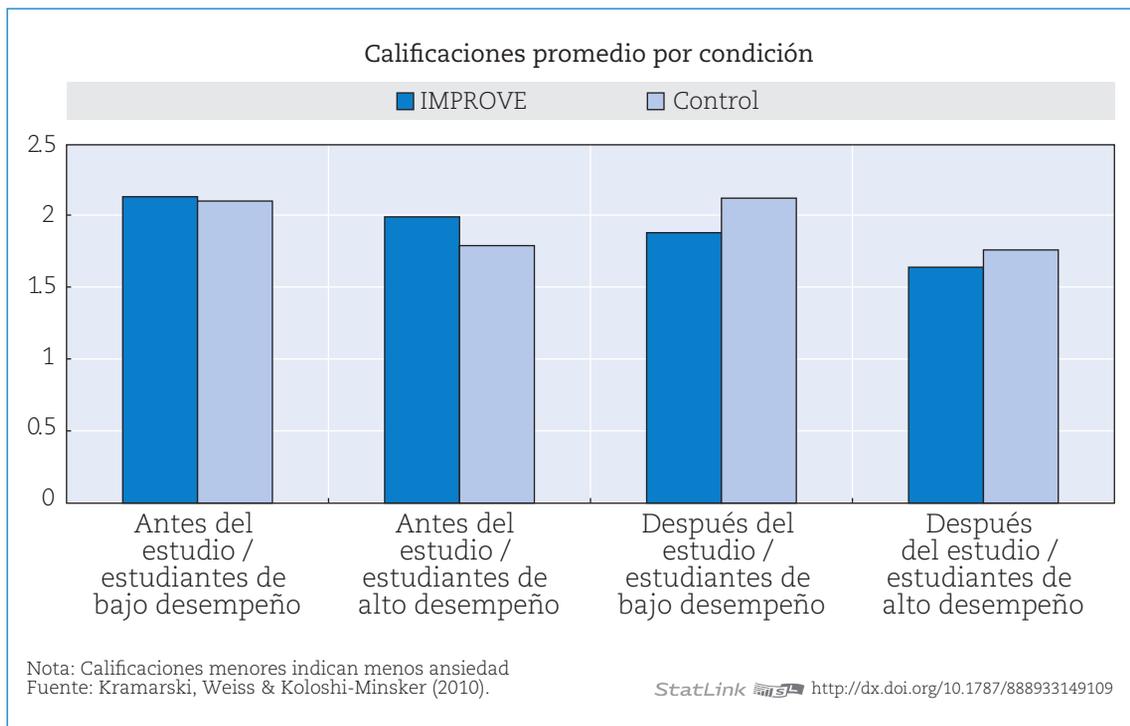
Con frecuencia las matemáticas hacen surgir emociones negativas, tal como la ansiedad o una baja auto-estima. Se trata de un fenómeno tan extendido que se ha investigado de manera muy amplia. La ansiedad matemática se define como una “sensación de tensión y ansiedad que interfieren con la manipulación de los números y la solución de problemas matemáticos en una variedad de situaciones tanto académicas como de la vida cotidiana” (Richardson y Suinn, 1972, p. 551). Además, la evidencia empírica (Pintrich, 2000; Schraw et al., 2006) indica que las sensaciones negativas y las expectativas bajas pueden evitar que los estudiantes participen en la actividad de aprendizaje y viceversa. Las experiencias de aprendizaje desagradables con frecuencia provocan sentimientos negativos, los que a su vez reducen el desempeño matemático (Efklides, 2011). Un estudio meta-analítico demostró que una vez formadas, las actitudes negativas se pueden volver persistentes y mantenerse hasta en la edad adulta, con consecuencias importantes como evitar las matemáticas (Hembree, 1990). La ansiedad matemática es tan frecuente que se han sugerido numerosos tratamientos para lidiar con el fenómeno. La mayoría de esos tratamientos son efectivos para reducir la ansiedad y mejorar el desempeño matemático (Hembree, 1990).

¿Hasta qué punto pueden entonces las pedagogías metacognitivas reducir esos sentimientos negativos hacia las matemáticas? Si bien las emociones, la cognición y la metacognición son complementarias a tal grado que una desencadena las otras, resulta lógico suponer que las pedagogías metacognitivas que mejoran los resultados cognitivos también llevarían a fomentar los procesos socio-emocionales, entre ellos los que están vinculados al aprendizaje de las matemáticas.

Kramarski et al. (2010) abordaron ese tema al investigar los efectos de IMPROVE en la ansiedad matemática y la solución de problemas matemáticos de 140 estudiantes israelíes de tercer grado (de bajo y alto desempeño). Cerca de la mitad de los estudiantes fueron expuestos al método IMPROVE, y los otros sirvieron como grupo de control y no recibieron ningún apoyo metacognitivo. A todos los estudiantes se les administró un examen de matemáticas y un cuestionario con preguntas sobre cómo percibían su propia ansiedad matemática. Los resultados indicaron que, en comparación con el grupo de control, los estudiantes IMPROVE demostraron más avances en el desempeño de solución de problemas matemáticos en tareas básicas, complejas y de transferencia; los resultados arrojaron diferencias promedio entre los grupos experimentales y de control de 11, 10 y 24 puntos, respectivamente. Además, los estudiantes de IMPROVE reportaron utilizar con más frecuencia estrategias metacognitivas, al igual que una reducción más importante en la ansiedad, evaluada a través de una menor incidencia de pensamientos negativos y evasión de sentimientos/comportamientos desagradables hacia las matemáticas. Todas estas diferencias fueron estadísticamente significativas. En la figura 6.2 se muestran las calificaciones promedio de la ansiedad matemática en estudiantes de alto y bajo desempeño, según lo reportado por Kramarski et al. (2010).

Conforme a la figura 6.2, los estudiantes del grupo IMPROVE, tanto los de bajo como los de alto desempeño redujeron sus niveles de ansiedad matemática. En el grupo de control, solamente los de alto desempeño sintieron menos ansiedad, mientras los de bajo desempeño reportaron incluso más ansiedad que antes del inicio del estudio, probablemente por el aumento en la dificultad del módulo. Sin embargo, puesto que todas las mediciones están basa-

Figura 6.2. Cambios en la ansiedad causada por las matemáticas en estudiantes de alto y bajo desempeño.



das en reportes subjetivos sin observación ni uso de métodos de pensamiento en voz alta, los resultados podrían ser tendenciosos. Esta cuestión merece más investigación.

Kramarski *et al.* concluyeron que poner en práctica el método IMPROVE con su diseño original (Mevarech y Kramarski, 1997) permitió que los estudiantes de tercer grado aliviaran su ansiedad matemática, mejoraran sus estrategias metacognitivas y su capacidad de resolver tareas básicas, complejas y de transferencia. Sin embargo, el estudio no responde a la cuestión de hasta qué punto es necesaria la mejoría de las habilidades socio-emocionales para alcanzar las metas cognitivas y metacognitivas, o viceversa. Tan sólo pone en evidencia que la intervención cognitiva-metacognitiva, si no se concentra de forma explícita en las capacidades emocionales, podría aliviar la ansiedad matemática y además incrementar el éxito en tareas rutinarias y no rutinarias.

Mientras Kramarski *et al.* se concentraron en estudiantes de primaria, Shen (2009) investigó los efectos de las pedagogías metacognitivas en la ansiedad matemática, la motivación y el desempeño en estudiantes universitarios en un programa de psicología. Shen realizó un diseño de estudio de 2×2 , en el que cada factor se refiere a un apoyo emocional —proporcionado o no proporcionado— y el otro al apoyo cognitivo-emocional —proporcionado o no proporcionado—. El apoyo emocional fue proporcionado al exponer a los estudiantes a mensajes de computadora como “...también fui un estudiante ansioso. Sé que te sientes ansioso ahora. Sé cómo es cuando cursé la misma materia el año pasado.” El factor cognitivo-emocional incluyó mensajes de computadora como “este módulo instructivo te ayudará a resolver problemas parecidos en el examen de matemáticas”. Los resultados indican que los estudiantes expuestos a los apoyos emocionales tuvieron un mejor desempeño que los otros grupos y también tuvieron niveles menores de ansiedad en comparación con los alumnos sin apoyo emocional. No se encontró ninguna diferencia significativa en el efecto principal de la provisión cognitiva-emocional. Este estudio demuestra cómo una intervención sencilla puede aliviar la ansiedad matemática entre estudiantes de nivel universitario.

Motivación y autoeficacia

El enfoque en la ansiedad matemática, por más importante que sea, es una sola dimensión en el proceso de mejorar las capacidades socio-emocionales. Partiendo de la psicología positiva, muchos investigadores afirman que, en lugar de reducir las emociones negativas, los educadores deben fomentar de manera explícita las emociones positivas, en concreto las relacionadas con la participación de los estudiantes en el aprendizaje, lo cual incluye la motivación intrínseca y la autoeficacia. Entonces se deben considerar también las mediciones positivas de las capacidades socio-emocionales.

En esta tesitura, Mevarech, Michalsky y Sasson (entregado para su publicación) analizaron los efectos de IMPROVE en la habilidad científica de estudiantes y en su autoeficacia y motivación intrínseca para estudiar la ciencia. El objetivo del estudio se dividía en tres partes: 1) analizar los efectos de la pedagogía metacognitiva (IMPROVE) en la habilidad científica de los estudiantes de biología; 2) explorar la transferencia del conocimiento de esta pedagogía a otro dominio de habilidad científica, como la física; 3) investigar los efectos de esta pedagogía en la motivación intrínseca y autoeficacia de los estudiantes.

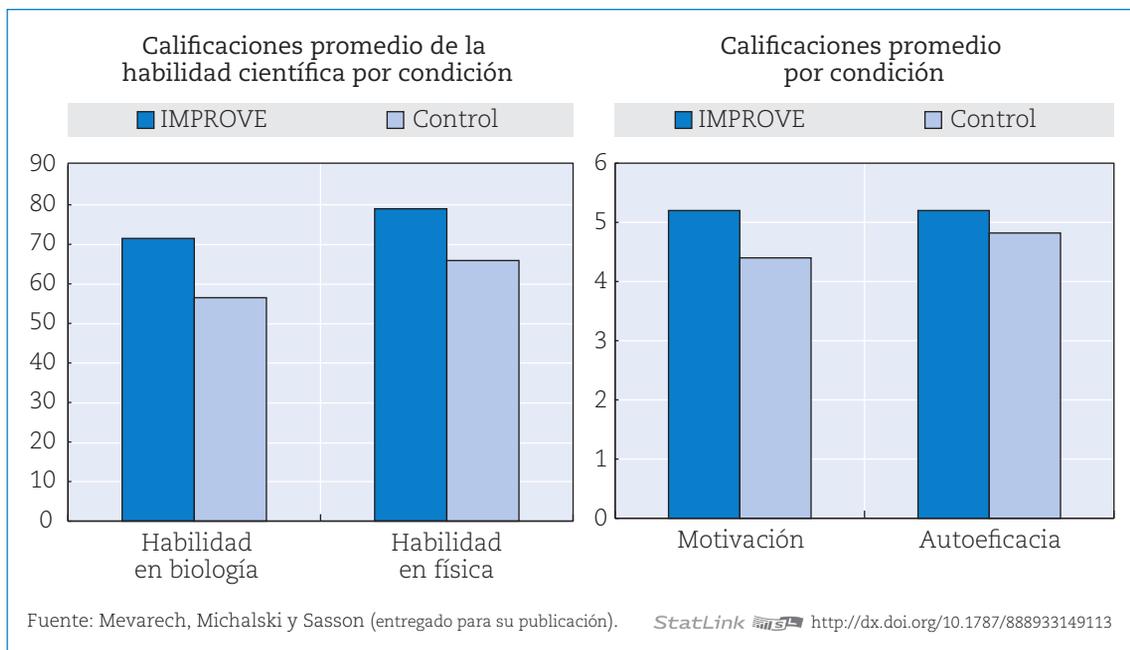
En el estudio participaron estudiantes de tercero de secundaria en seis clases de ciencia que se reunieron cuatro veces a la semana, una de las cuales fue dedicada a leer textos so-

bre investigación biológica. Todos los estudiantes fueron evaluados en su conocimiento de biología antes y después del estudio, también en su habilidad en física, para medir la transferencia del conocimiento. Todas las tareas en el examen fueron seleccionadas de exámenes PISA de habilidad científica, o fueron diseñados por los autores de acuerdo con el marco de ese programa de la OCDE. Además, todos los estudiantes fueron evaluados antes y después del estudio sobre su motivación intrínseca y autoeficacia en relación con el aprendizaje de la ciencia.

Los seis grupos fueron asignados aleatoriamente a una de dos condiciones: un grupo de control, que aprendió sin intervención metacognitiva, y estudiantes de IMPROVE guiados para para implantar el cuestionamiento metacognitivo autodirigido. En la figura 6.3 se presentan las calificaciones promedio por tiempo y tratamiento en la habilidad científica —en biología y física— y los resultados afectivos —la motivación y autoeficacia— como fueron reportados por Mevarech *et al.* (entregado para su publicación).

Los resultados indicaron que si bien no existan diferencias significativas entre los dos grupos antes del inicio del estudio, los estudiantes IMPROVE tuvieron un desempeño considerablemente mejor que el grupo de control en cuanto a habilidad científica en biología (promedio = 56.5 y 71.5; desviación estándar = 25.5 y 24.0 para el grupo de control y el grupo experimental, respectivamente), y en las tareas de transferencia en física (promedio = 65.9 y 79.0; desviación estándar = 23.5 y 16.5 para el grupo de control y el grupo experimental, respectivamente). Se observaron resultados parecidos en la medición de la participación estudiantil (la motivación intrínseca y la autoeficacia): los estudiantes de IMPROVE fueron más motivados a estudiar ciencia (promedio = 4.4 y 5.20; desviación estándar = 1.09 y .94 para el grupo de control y el grupo experimental, respectivamente); el nivel de autoeficacia entre los estudiantes de IMPROVE fue más alta que en el grupo de control (promedio = 4.82 y 5.21; desviación estándar = 0.94 y 0.79, respectivamente).

Figura 6.3. Efectos en la habilidad científica, la motivación y la autoeficacia.



Estos resultados indican que IMPROVE tiene el potencial de mejorar la motivación y la autoestima, además de facilitar la habilidad científica de acuerdo con los conceptos del PISA. En relación con la transferencia de conocimiento, los resultados hacen destacar el papel del soporte metacognitivo para fomentar las habilidades de los estudiantes para resolver tareas complejas y no rutinarias de física.

Estudios tipo II: uso de pedagogías metacognitivas para promover las capacidades socio-emocionales

La importancia de las capacidades socio-emocionales y el hecho mismo de que los sistemas cognitivos y socio-emocionales interactúan entre sí, han llevado a muchos investigadores a diseñar intervenciones metacognitivas con el fin de fomentar las capacidades socio-emocionales. Aunque los programas son diferentes en sus detalles, la mayoría de esas intervenciones están basadas en los mismos principios que las intervenciones metacognitivas ya descritas. Se les enseña a los estudiantes a identificar o reconocer el problema, planear la estrategia a utilizar, controlar y monitorear el comportamiento o la solución, y reflexionar sobre los procesos y los resultados. Además, muchos de esos programas se implantan con pequeños grupos y se promueve que los estudiantes expresen sus pensamientos y sentimientos, mientras de manera paralela se plantean preguntas autodirigidas —similares a las sugeridas en el método IMPROVE.

En esta sección revisamos varios programas metacognitivos especialmente diseñados para fomentar los procesos socio-emocionales entre los estudiantes de cualquier nivel, desde preescolar hasta universitario. Con la excepción del programa para pre-primaria, todos se concentraron en el desempeño en las matemáticas, la ciencia u otros dominios, además de las habilidades socio-emocionales.

Atrévete a ser tu mismo: herramientas para promover el éxito educativo y las capacidades sociales en niños de preescolar

Webster-Stratton y Reid (2004, 2007) realizaron una serie de estudios donde los niños de preescolar aprendieron un proceso de siete pasos para resolver problemas. Los pasos fueron los siguientes:

1. ¿Cómo me siento y cuál es mi problema? Definir el problema y los sentimientos.
2. ¿Cuál es tu solución?
3. ¿Hay otras soluciones? Lluvia de ideas para buscar soluciones u opciones alternativas.
4. ¿Cuáles son las consecuencias?
5. ¿Cuál es la mejor solución? (¿Acaso es una solución segura y justa que lleva a sentimientos positivos?).
6. ¿Puedo llevar a cabo mi plan?
7. ¿Cómo lo hice? Evaluar resultado y reforzar esfuerzos.

Los siete pasos reflejan los principios básicos de las pedagogías metacognitivas: definir el problema, generar puentes, sugerir estrategias y reflexionar. No es sorprendente, ya que to-

dos esos programas se enfocan en la solución de problemas, aunque éstos sean diferentes. Webster-Stratton y Reid (2004) utilizaron la prueba de Solución de Problemas Wally, que consiste en trece situaciones a las que un niño tiene que responder: rechazo, cometer errores, tratamiento injusto, victimización, prohibición, soledad, engaño, decepción, dilemas, desaprobación por un adulto y ataque. Evaluaron la efectividad del programa en las capacidades socio-emocionales a través de la observación en clase de niños y maestros en contextos estructurados y no estructurados. Según las mediciones, reportaron que el grupo experimental tuvo calificaciones posteriores a las intervenciones más altas en las capacidades positivas de superación; mejoras considerables en las capacidades pro-sociales y una reducción general de conductas problemáticas. Por otro lado, el grupo de control no demostró ninguna mejora en su comportamiento pro-social ni un aumento en su conducta problemática. En varios estudios de replicación se obtuvieron resultados parecidos (Webster-Stratton y Reid, 2004).

El programa RULER para estudiantes de primaria

En la misma tesitura, Brackett, Rivers, Reyes y Salovey (2012) realizaron un estudio en el que 273 estudiantes de quinto y sexto grado aprendieron el método RULER:

- Reconocer las emociones de uno y de los demás.
- Entender las causas y consecuencias de un amplio rango de emociones.
- Referirse a las emociones a partir de un vocabulario sofisticado.
- Expresar emociones de maneras socialmente adecuadas.
- Regular las emociones de forma efectiva.

Para analizar los resultados se utilizaron las evaluaciones de los maestros según el cuestionario del Sistema de Evaluación Conductual para Niños (BASC, por sus siglas en inglés) (Reynolds y Kamphous, 1992, 2004). Los maestros indicaron hasta qué punto cada niño participaba en clase en 148 diferentes tipos de comportamiento —por ejemplo, se rinde fácilmente, falta a las clases, estudia con otros, es hiperactiva, agresivo, creativo, demuestra liderazgo—. Estos resultados revelaron que en comparación con los estudiantes en el grupo de control, al final del año los estudiantes de RULER obtuvieron mejores calificaciones en inglés —contexto en que RULER fue implementado—, pero no en matemáticas. Además, los maestros de RULER dieron mejores calificaciones a las habilidades sociales y emocionales, por ejemplo: liderazgo, interacciones positivas con otros estudiantes, persistencia en las tareas, creatividad, sin problemas de disciplina.

Ornaghi *et al.* (2012) también investigaron la cuestión de si enseñar a regular sus emociones a estudiantes de segundo año de primaria podría tener un papel significativo en mejorar su entendimiento emocional y sus capacidades socio-cognitivas. A lo largo de una intervención de dos meses en pequeños grupos, el grupo experimental fue involucrado en conversaciones metacognitivas acerca de la *naturaleza* de las emociones —por ejemplo, identificar, reflejar y hablar de las emociones como se expresan en las palabras, los rostros y el lenguaje corporal, etc.—, las causas *externas* e *internas* de las emociones identificadas entre ellas vinculación y comprensión— y las *estrategias de regulación* para lidiar con las emociones. El estudio se enfocó en cinco emociones: miedo, enojo, tristeza, culpa y felicidad.

Los resultados indican que el grupo experimental tuvo un mejor desempeño que el grupo de control, especialmente, en cómo utilizar el lenguaje para describir y comprender las emociones

y la comprensión situacional: “¿Cómo me siento en diferentes situaciones?” Además, el grupo de intervención desarrolló niveles más altos de empatía que el grupo de control: los niños en el grupo experimental tuvieron más tendencia a ponerse en el lugar de los demás, a reconocer y entender sentimientos ajenos y a involucrar sus emociones en esos sentimientos. El grupo experimental obtuvo calificaciones más altas en el examen de desempeño en el área en que la intervención fue implementada (la enseñanza de inglés), pero no en matemáticas. Los autores concluyeron que los maestros pueden implantar la “conversación metacognitiva” para impulsar a los niños a pensar y hablar de sus propias emociones y de las ajenas, de esa manera pueden mejorar el entendimiento social y las habilidades socio-emocionales de los estudiantes.

Modelo de regulación afectiva: una versión modificada de IMPROVE

Otra versión de RULER fue sugerida por Tzohar-Rozen y Kramarski (2013). Basado en el modelo propuesto por Pintrich (2000), este estudio impulsa a los estudiantes a reflexionar sobre sus procesos emocionales y cognitivos a partir de la resolución de tareas matemáticas en tres fases:

1. Fase de meditación pre-aprendizaje: *actividades emocionales* antes de la solución de problemas, cómo evaluar el nivel de dificultad de una tarea.
2. Fase durante el aprendizaje: dos procesos centrales, monitorear y controlar. Monitorear implica la *conciencia emocional* y controlar implica seleccionar y *adaptar estrategias* para manejar el impacto emocional.
3. Fase posterior al aprendizaje: reflexiones y reacciones afectivas del estudiante después de terminar el problema.

En la práctica, el modelo modifica el cuestionamiento autodirigido de IMPROVE para incrementar la conciencia de los estudiantes acerca de sus sentimientos (¿cómo me siento?), guiar sus reacciones (“¿cómo debo lidiar con emociones negativas/positivas?”), sugerir estrategias (“trata de relajarte”, “tómame un momento de descanso”) y reflexiones sobre todo el proceso (“¿cómo me siento ahora?” “¿Por qué?”).

En un estudio cuasi-experimental entre estudiantes de quinto grado, Tzohar-Rozen y Kramarski (2013) analizaron los efectos de ese programa en las emociones de los estudiantes relacionadas con aprender matemáticas. En el estudio se indica que los estudiantes en el grupo experimental, expuesto a RULER, redujeron sus emociones negativas e incrementaron su autoeficacia en mayor grado que los del grupo de control. Además, el grupo experimental mostró mayores habilidades en la solución de problemas y la transferencia del conocimiento. Este resultado se respaldó mediante el proceso de resolver problemas en voz alta y las entrevistas reflexivas con los estudiantes. Es interesante notar que incluso tres meses después de finalizar el estudio, los estudiantes de RULER seguían monitoreando sus emociones, y para ello implantaron la estrategia de regulación afectiva en la fase de la solución de problemas con más frecuencia que el grupo de control. En el cuadro 6.2 se muestran algunas citas de las respuestas de los estudiantes por condiciones.

Los investigadores concluyeron que el “modelo de regulación afectiva” preparó mejor a los estudiantes a enfrentar sentimientos negativos hacia el aprendizaje de las matemáticas, además de promover la solución de problemas CUN y de transferencia.

Cuadro 6.2. Referencias de estudiantes en el tratamiento RULER y grupos de control.

Grupo de autorregulación afectiva	Grupo de control
Valor del programa: ¿qué recuerdas del programa?	
<p>“Aprendimos de los sentimientos —positivos y negativos— y cómo lidiar con situaciones para resolver problemas. Si no logro algo, tengo que decirme que lo puedo hacer y que no debo de rendirme [...]”</p> <p>“Lo más importante es revisar todo el tiempo para no desesperarte y rendirte.”</p>	<p>“Aprendimos de problemas matemáticos y muchas diferentes maneras para resolverlos.”</p>
Efectividad del programa: ¿Crees que la estrategia fue efectiva?	
<p>“La estrategia es muy útil. Todavía la utilizo en preguntas difíciles. Si no tengo ganas de estudiar, me tomo una pausa, me relajo un ratito.”</p>	<p>“Me gustaron las preguntas.”</p> <p>“Aprendí que existen muchos patrones y cómo descubrir los patrones.”</p>

Fuente: Tzhoar-Rozen, M. y B. Kramarski (2013).

Intervención de autoeficacia con estudiantes universitarios

En relación con los adultos, Hanlon y Yasemin (1999) investigaron los efectos de una intervención metacognitiva diseñada para mejorar las habilidades matemáticas de los estudiantes. La intervención pretendió mejorar la autoeficacia de los estudiantes a partir de autoevaluaciones de su desempeño matemático. Los estudiantes destinados a la universidad participaron en un programa de verano de cinco años antes de su primer año universitario: el programa incluyó clases a todos los estudiantes, grupos tutoriales reducidos y reuniones individuales con coordinadores educativos. Como parte de la intervención, los estudiantes evaluaron su autoeficacia en torno a la capacidad de resolver los problemas en cada uno de diez exámenes diarios y compararon esas evaluaciones con la calificación de los exámenes de matemáticas. En las reuniones individuales, los estudiantes identificaron objetivos a corto plazo, crearon y mantuvieron formatos de automonitoreo, y conocieron la heurística matemática. A lo largo del tiempo, las calificaciones de los estudiantes en un examen de habilidad matemática mejoraron de manera importante, junto con sus niveles de confianza en relación con el hecho de aprobar el examen. Los estudiantes que participaron en el grupo de intervención de “autoeficacia” tuvieron mejor desempeño que el grupo de control, que estudió únicamente en las clases regulares.

El aprendizaje socio-emocional y sus efectos en las capacidades sociales

Se han realizado muy pocos estudios enfocados en el efecto de la intervención metacognitiva en las capacidades sociales. Uno de los más completos en ese sentido es el de Zins *et al.* (2004), denominado Colaboración para el Aprendizaje Académico, Social y Emocional (CASEL, por sus siglas en inglés). La misión de CASEL es ayudar a que el aprendizaje social y emocional sea una parte fundamental de la educación desde el nivel preescolar hasta la preparatoria. El programa consiste en cinco etapas: 1) reconocer y manejar las emociones; 2) desarrollar un interés

en los demás; 3) establecer relaciones positivas; 4) tomar decisiones responsables, y 5) manejar situaciones desafiantes de manera efectiva. Las etapas anteriores fueron pensadas para apoyar el comportamiento positivo y las relaciones sociales constructivas de los estudiantes, que a su vez fomentan el aprendizaje académico.

Zins *et al.* (2004) presentaron resultados basados en el meta-análisis de 213 programas de aprendizaje socio-emocionales (ASC) en escuelas, con la participación de 270 034 alumnos, desde preescolar hasta la secundaria. En comparación con los controles, los participantes de ASC demostraron actitudes más favorables acerca de ellos mismos y de los demás, un aumento en conductas sociales positivas, así como un aumento en la motivación y asistencia escolar, niveles reducidos de conductas problemáticas y estrés emocional, menos comportamiento anti-social dentro del grupo, y mejor desempeño académico —sobre todo en matemáticas y la lectura—. Estos resultados (Greenberg *et al.*, 2003; Zins *et al.*, 2004) demuestran que el soporte metacognitivo puede mejorar las habilidades socio-emocionales entre todas las edades.

Estudios tipo III: el método combinado

Efecto de diferentes pedagogías metacognitivas en la motivación y autoeficacia

Aquí cabe preguntar ¿Qué es mejor? Aquí cabe preguntarse: ¿implementar la versión modificada de la pedagogía metacognitiva, que se concentra en fomentar la motivación, o llevar a cabo la pedagogía metacognitiva original, que pretende mejorar los resultados cognitivos; o bien emplear un método combinado, que representa una intervención tanto cognitiva como socio-emocional? A partir de tales preguntas se podría abordar de manera indirecta la cuestión de si es necesario mejorar las habilidades socio-emocionales para alcanzar objetivos cognitivos-metacognitivos, o si, en cambio, mejorar las capacidades metacognitivas es necesario para fomentar los efectos socio-emocionales. Se trata de temas importantes, por razones tanto prácticas como teóricas.

Michalsky (2013) los aborda en un estudio reciente, en el cual investiga la efectividad de los componentes cognitivos-metacognitivos frente a los de carácter motivacional. El estudio se realizó entre estudiantes de preparatoria, durante la lectura de textos científicos. Empleó diferentes versiones de las preguntas autodirigidas regulatorias de IMPROVE, y contó con la participación de cuatro grupos de investigación. Tres de ellos fueron expuestos a alguna versión de las preguntas autodirigidas de IMPROVE: cognitiva-metacognitivas, motivacionales o combinadas (cognitiva-metacognitivas y motivacionales). El cuarto grupo no recibió ninguna pregunta metacognitiva autodirigida y sirvió de grupo de control. En el cuadro 6.3 se presentan los dos tipos de preguntas autodirigidas regulatorias: cognitiva-metacognitivas y motivacionales. Las variables dependientes fueron la habilidad científica y el aprendizaje autorregulado (AAR) se evaluaron de forma retroactiva vía un cuestionario, y en tiempo real por el método de pensar en voz alta. El cuestionario de aprendizaje autorregulado incluye los componentes de motivación y autoeficacia.

Los resultados indican que los tres grupos de tratamiento tuvieron un desempeño considerablemente mejor que el grupo de control, sin tratamiento, en la habilidad científica y en el comportamiento, habilidades y creencias relacionados con el aprendizaje autorregulado.

Cuadro 6.3. Tipos de estímulos y elementos del aprendizaje autorregulado incorporados en textos de comprensión de lectura científica.

Tipo de pregunta autodirigida	Componente de AAR	
	Cognitivo-metacognitivo	Motivacional
Comprensión	¿De qué se trata el fenómeno? ¿Cuál es el problema/tarea que requiere investigación?	¿Qué te motiva a resolver el problema/tarea? Explica. ¿Qué harás si enfrentas dificultades?
Conexión	¿Qué sabes del fenómeno? ¿Cuáles son las similitudes/diferencias entre este problema/tarea y otros que has encontrado anteriormente? Explica tu razonamiento.	¿Cuáles son las similitudes/diferencias entre tus esfuerzos/autoeficacia en este problema/tarea y los problemas/tareas que has resuelto anteriormente? ¿Por qué?
Estrategia	¿Cuáles son las estrategias de indagación adecuadas para resolver este problema?	¿Cuándo deberías implantar una estrategia en particular para mejorar tus esfuerzos para resolver el problema/tarea? ¿Cuáles estrategias de “esfuerzo” son adecuados para resolver el problema/tarea?
Reflexión	¿Tiene sentido la solución? ¿Puedes diseñar la tarea de otra manera? Explica tu razonamiento.	¿Te sientes bien en cuanto a tus esfuerzos/autoeficacia cuando entiendes el problema/tarea? ¿Podrías motivarte de otra manera? ¿Cómo? Explica.

De estos tres métodos, la combinación de apoyo cognitivo-metacognitivo-motivacional fue el más efecto. Análisis posteriores no mostraron diferencias significativas entre los grupos cognitivo-metacognitivos y motivacionales en la habilidad científica (figura 6.4). Michalsky (2013, p. 1864) explicó que “la mera exposición a la lectura de textos científicos (en el grupo de control) fue insuficiente y se requiere una enseñanza explícita para enseñar a los estudiantes a autorregular su aprendizaje”.

Además, el mismo investigador explica por qué el método combinado resulta en mejores resultados positivos en AAR en comparación con cada uno de sus componentes, y por qué no se observaron diferencias significativas entre los dos componentes de manera individual:

Parece que cada uno de los componentes del AAR—cognitivo, metacognitivo, y motivacionales necesario pero insuficiente para la autorregulación. Por ejemplo, los que pueden regular las habilidades cognitivas pero no están motivados a emplearlas no alcanzan el mismo nivel de desempeño que los individuos que cuentan con las capacidades y también están motivados a emplearlas. (Zimmerman, 2003). Asimismo, los individuos que están motivados pero no cuentan con las capacidades cognitivas y metacognitivas necesarias frecuentemente no llegan a conseguir altos niveles de autorregulación. “[...] Como es de esperarse, los resultados actuales demuestran la aportación adicional del método combinado cognitivo-metacognitivo-motivacional más allá que la aportación de cada componente por sí solo para mejorar la habilidad científica y el AAR” (Zimmerman, 2003, p. 1986).

Figura 6.4. El efecto de las intervenciones cognitivas, metacognitivas y motivacionales en la habilidad científica.

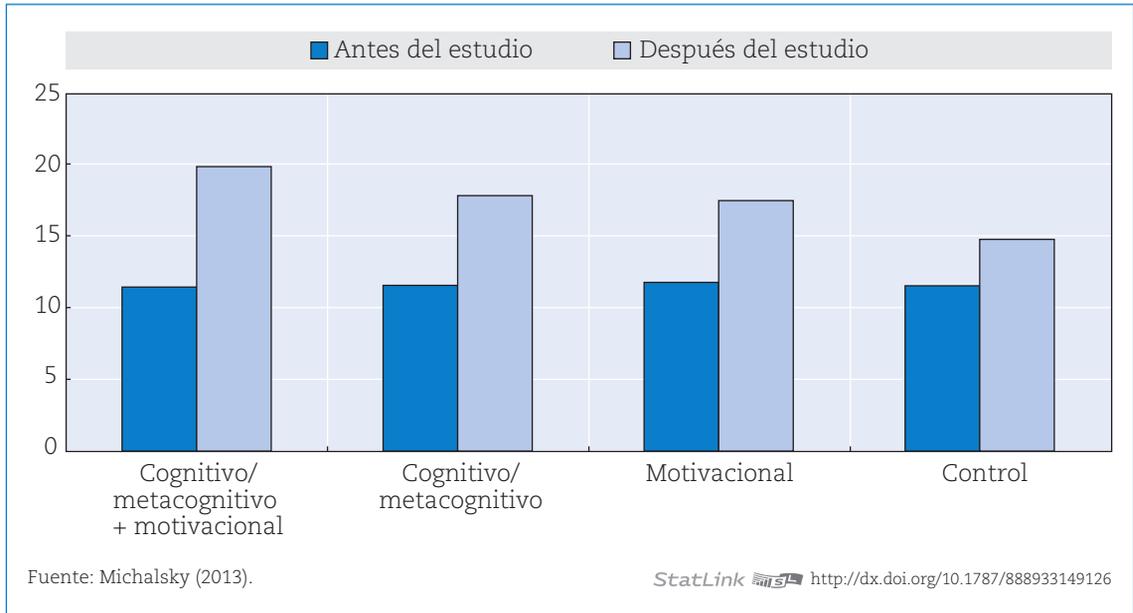
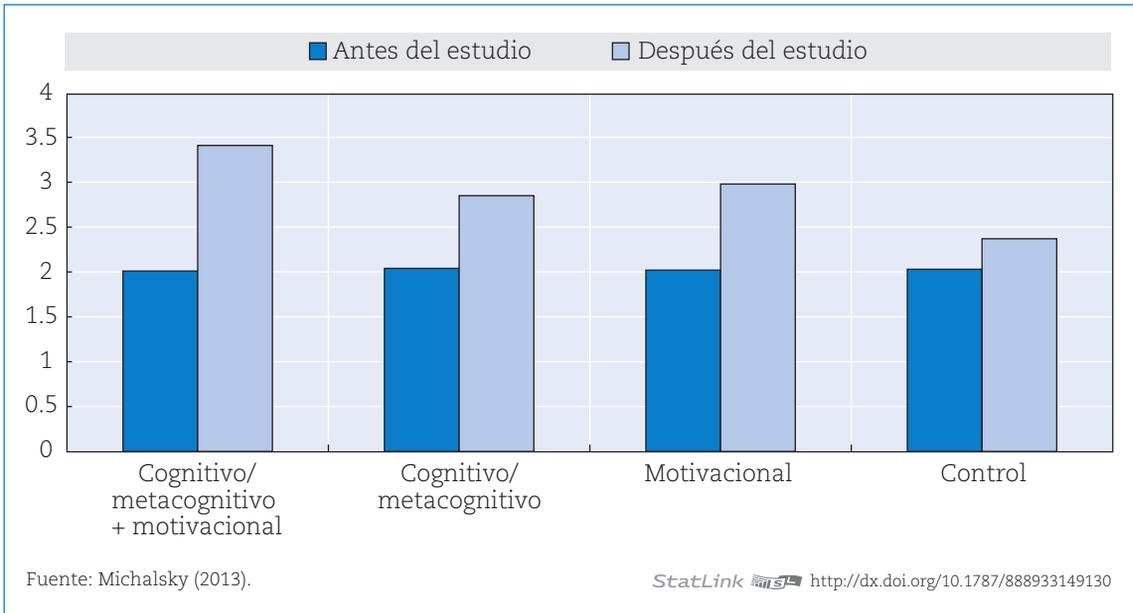


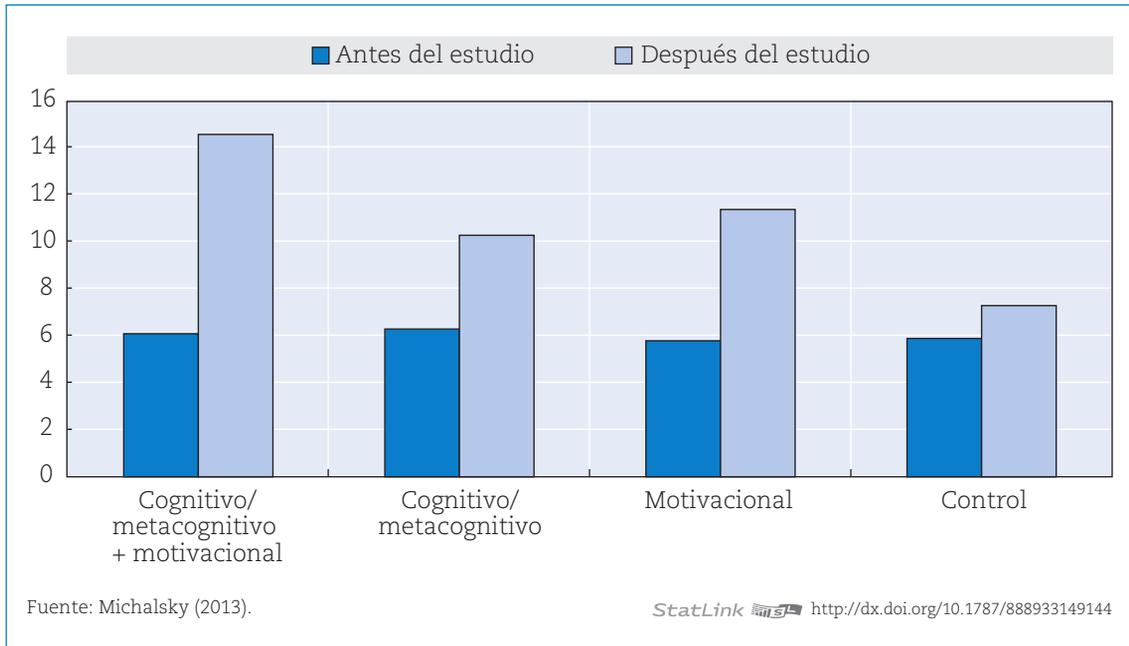
Figura 6.5. El efecto de las intervenciones cognitivas, metacognitivas y motivacionales en la motivación.



Desarrollo profesional de los docentes

Mientras Michalsky (2013) se concentró en estudiantes de preparatoria, Kohen y Kramarski (2012) investigaron los efectos del apoyo integral de autorregulación (metacognición y motiva-

Figura 6.6. El efecto de las intervenciones cognitivas, metacognitivas y motivacionales en la autorregulación.



ción) en la motivación, metacognición y resultados académicos de los maestros en formación. Participaron 97 docentes que fueron asignados de manera aleatoria a uno de dos grupos: en el de soporte reflexivo se ofreció un soporte autorregulatorio, en tanto el grupo de control careció de soporte autorregulatorio.

Los resultados indican que el grupo del soporte reflexivo demostró niveles más altos de comportamiento metacognitivo y motivacional (interés y valor, autoeficacia) y manifestó menor ansiedad al enseñar que el grupo sin soporte reflexivo (más información sobre este estudio y cómo se realizó en el Capítulo 8). Los resultados coinciden con estudios anteriores, en el sentido de mostrar los efectos del método combinado en los resultado cognitivos y afectivos.

Los estudios de Michalski (2013 y Kohen y Kramarski 2012) se realizaron con adolescentes (estudiantes de preparatoria) y adultos (estudiantes universitarios). Aun no se sabe qué tanto se pueden aplicar esos resultados a estudiantes más jóvenes. Es bastante posible que el método combinado podría presentar un sobrecargo cognitivo que reduciría su efectividad con participantes de menor edad. Esta cuestión merece más investigación.

Conclusión

Las habilidades socio-emocionales son factores clave en las sociedades impulsadas por la innovación. Los estudios revisados en este capítulo muestran las condiciones para promover las habilidades socio-emocionales, además de los resultados cognitivo-metacognitivos. Los resultados revelan que las capacidades socio-emocionales no necesitan ser reforzadas a costa de los resultados cognitivos y metacognitivos. Al contrario, reforzar un tipo de resultado (cognitivo o emocional) con frecuencia también lleva a reforzar el otro.

Los estudios indican que en todos los grados escolares, desde preescolar hasta la universidad, los estudiantes expuestos a IMPROVE, o a otras pedagogías metacognitivas basadas en los mismos principios, redujeron sus niveles de ansiedad en relación con las matemáticas, aumentaron su motivación y autoeficacia, y mejoraron sus capacidades socio-emocionales además de su desempeño académico en comparación con un grupo de control.

Esos resultados también muestran que las intervenciones concentradas ya sea en la motivación o en las habilidades cognitivas-metacognitivas son más efectivas que la enseñanza tradicional, pero a la vez son menos efectivas que el método combinado, el cual se concentra tanto en la motivación como en la metacognición. Otro resultado de interés es que no se observaron diferencias significativas entre los estudiantes expuestos a alguno de los métodos de modo individual.

Considerando la importancia de las habilidades socio-emocionales en las sociedades impulsadas por la innovación, los resultados presentados en este capítulo tienen implicaciones prácticas de importancia para docentes, administradores, diseñadores de ambientes de aprendizaje efectivo, y para investigaciones futuras:

- Ya que la cognición y las habilidades socio-emocionales están interrelacionadas en el cerebro, las escuelas deberían ser responsables para fomentar las capacidades socio-emocionales, además de promover resultados cognitivos.
- El uso de pedagogías metacognitivas explícitas, además de impulsar a los estudiantes a expresar su pensamiento/emociones en pequeños grupos, parece generar un ambiente deseable para mejorar las capacidades tanto cognitivas como socio-emocionales.
- Las pedagogías metacognitivas que resultaron efectivas para mejorar las habilidades cognitivas también lo fueron para fomentar las habilidades socio-emocionales. Este resultado coincide con la investigación emprendida para evidenciar la importancia del soporte metacognitivo explícito no sólo para la cognición, sino para fomentar los procesos socio-emocionales.
- Algunos estudios observaron que promover la participación estudiantil a través de las pedagogías metacognitivas fue efectivo. Las pedagogías metacognitivas afectan de manera positiva la motivación de los estudiantes a aprender, reducen la ansiedad matemática, refuerzan la autoeficacia, y los involucra de manera activa en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, estos estudios podrían verse afectados por los efectos de Hawthorne, pues los grupos de control no fueron expuestos a otro tratamiento activo. Esta desventaja que debe abordarse en investigaciones futuras.
- En todos los estudios revisados en este capítulo, las intervenciones fueron realizadas por los maestros en clase. Los resultados indican que las habilidades socio-emocionales y los procesos metacognitivos pueden ser reforzados en escuelas normales.
- Por último, quedan abiertas muchas preguntas que merecen investigarse más a fondo. Por ejemplo, en nuestros días se sabe poco sobre el alcance que puedan tener los efectos de resolver problemas CUN en los procesos socio-emocionales. ¿Quién se vería más beneficiado, los estudiantes más jóvenes o los mayores? ¿Habría mayores beneficios para los de bajo desempeño a costa de los de alto desempeño? ¿Cuáles serían las condiciones óptimas para que tuviese efectos sobre los factores socio-emocionales?

Referencias

- Baylor, A., Shen, E., y Warren, D. (2004). Supporting learners with math anxiety: The impact of pedagogical agent emotional and motivational support. Ponencia para el Workshop on Social and Emotional Intelligence in Learning Environments, International Conference on Intelligent Tutoring Systems. Maceió, Brasil.
- Boekaerts, M. (2010). The crucial role of motivation and emotion in classroom learning. En N. Dumont, D. Istance, y F. Benavides (Eds.), *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice* (pp. 92-112). París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-6-en>.
- Brackett, M. A., Rivers, S. E., Reyes, M. R., y Salovey, P. (2012). Enhancing academic performance and social and emotional competence with the RULER feeling words curriculum. *Learning and Individual Differences*, 22(2), 218-224. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2010.10.002>.
- Bredenkamp, S., y Copple, C. (Eds.). (1997). *Developmentally Appropriate Practice in Early Childhood Programs* (edición revisada). Washington, DC, National Association for the Education of Young Children.
- Crick, N. R., y Dodge, K. A. (1994). A review and reformulation of social information-processing mechanisms in children's social adjustment. *Psychological Bulletin*, 115(1), 74-101.
- Dobbs, D. (2006). A revealing Reflection: Mirror neurons seem to affect everything from how we learn to speak to how we build culture. *Scientific American Mind*, mayo/junio.
- Efklides, A. (2011). Interactions of metacognition with motivation and affect in self-regulated learning: The MASRL model. *Educational Psychology*, 46(1), 6-25.
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process?. *Educational Research Review*. 1(1), 3-14.
- Gottman, J. M., Katz, L F., y Hooven, C. (1997). *Meta-Emotion: How Families Communicate Emotionally*. Mahwah, NJ:Lawrence Erlbaum.
- Greenberg, M. T. et al. (2003). Enhancing school-based prevention and youth development through coordinated social, emotional and academic learning. *American Psychologist*, 58(6-7), 466-474.
- Hanlon, E. H., y Yasemin, S. (1999). Improving math proficiency through self efficacy training. Ponencia para Annual Meeting of the American Educational Research Association. Montreal, Canadá, 19-23 de abril.
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 33-46.
- Hinton, C., y Fischer, K. W. (2010). Learning from the development and biological perspective. En N. Dumont, D. Istance, y F. Benavides (Eds.). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice* (pp. 113-134). París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-7-en>.
- Kohen, Z., y Kramarski, B. (2012). Developing self-regulation by using reflective support in a video-digital microteaching environment. *Education Research International*, 2012, article ID 105246. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1155/2012/105246>.
- Kramarski, B., Weiss, I., y Kololshi-Minsker, I. (2010). How can self-regulated learning support the problem solving of third-grade students with mathematics anxiety?. *ZDM International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 179-193.
- Mevarech, Z. R., y Kramarski, B. (1997). IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-395.
- Mevarech, R. Z., Michalsky, T., y Sasson, C. (entregado para su publicación), Meta-cognition and science literacy: Immediate and transferred effects on science literacy, motivation, and self-esteem. Ponencia para el Encuentro Anual de la American Educational Research Association (AERA).
- Michalsky, T. (2013). Integrating skills and wills instruction in self-regulated science text reading for secondary students. *International Journal of Science Education*, 35(11), 1846-1873.
- Moreno, R., Mayer, R. E., Spires, H. A., y Lester, J. C. (2001). The case for social agency in computer based teaching: Do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents?. *Cognition and Instruction*, 19(2), 177-213.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews: Neuroscience*, 9(2), 148-158.

- Pintrich, P. R. (2000). Multiple goals, multiple pathways: The role of goal orientation in learning and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), 544-555.
- Reynolds, C. R., y Kamphous, R. W. (2004). *Behavior Assessment System for Children* (2a. ed.). Circle Pines, MN: North American Guidance Service.
- Reynolds, C. R., y Kamphous, R. W. (1992). *BASC: Behavior Assessment System for Children*, Circle Pines, MN: North American Guidance Service.
- Richardson, F. C., y Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: Psychometric data. *Journal of Counselling Psychology*, 19(6), 551-554.
- Shen, E. (2009). *The effects of agent emotional support and cognitive motivational messages on math anxiety, learning, and motivation*. Tesis de doctorado, Tallahassee, FL: Department of Educational Psychology and Learning Systems, Florida State University. Recuperado de <http://diginole.lib.fsu.edu/etd/309>.
- Schraw, G., Crippen, K. J., y Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.
- Slavin, R. E. (2010). Co-operative learning: What makes group-work work?. En N. Dumont, D. Istance y F. Benavides (Eds.), *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice* (pp. 161-178). París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-9-en>.
- Tzohar-Rozen, M, y Kramarski, B. (2013). How does an affective self-regulation program promote mathematical literacy in young students?. *Hellenic Journal of Psychology*, 10(3), 211-234
- Webster-Stratton, C., y Reid, M. J. (2007), Incredible years parents and teachers training series: A head start partnership to promote social competence and prevent conduct problems. En P. Tolin, J. Szapocznik, y S. Sambrano (Eds.). *Preventing Youth Substance Abuse: Science-Based Programs for Children and Adolescents* (pp. 67-88). Washington, DC: American Psychological Association.
- Webster-Stratton, C., y Reid, M. J. (2004), Strengthening social and emotional competence in young Children – The foundation for early school readiness and success: Incredible years classroom social skills and problem-solving curriculum. *Journal of Infants and Young Children*, 17(2), 185-203.
- Zeidner, M. (1998). *Test Anxiety: The State of the Art*. Nueva York, NY: Plenum Press.
- Zins, J. E., Bloodworth, M. R., Weissberg, R. P. , y Walberg, H. J. (2007). The scientific base linking social and emotional learning to school. *Journal of Educational & Psychological Consultation*, 17(2-3), 191-210.
- Zins, J. E., Weissberg, R. P., Wang, M. C., y Walberg, H. J. (2004). *Building Academic Success on Social and Emotional Learning: What Does the Research Say?*. Nueva York, NY: Teachers College Press.

CAPÍTULO 7

Combinar la tecnología y los procesos metacognitivos para promover el aprendizaje

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) podrían ser herramientas poderosas para enseñar las matemáticas, particularmente para la solución de tareas CUN; sin embargo, el que su potencial no se haya cumplido quizá se deba a las siguientes razones: 1) los ambientes de aprendizaje modificados por las TIC pueden provocar una sobrecarga cognitiva; 2) el aprendizaje significativo con las TIC depende de la capacidad de los estudiantes para monitorear, controlar y reflexionar sobre su aprendizaje; y 3) el tipo de soporte metacognitivo que se propone en esos ambientes debe diseñarse de acuerdo con las características de las tecnologías individuales. En este capítulo se enfocan tres tipos de ambientes modificados por las TIC y en los que se han incorporado pedagogías metacognitivas: el software matemático, herramientas generales de comunicaciones electrónicas —por ejemplo, las redes de aprendizaje asíncronas— y software general —como libros electrónicos—. Algunos de ellos todavía se encuentran en las primeras etapas de desarrollo, mas parece que todos mejoran con la inclusión del soporte metacognitivo, sin importar si está integrado en la tecnología o se presenta de manera particular por parte del instructor.

La inclusión de las TIC en la educación matemática presenta nuevos retos. Muchos de los ambientes modificados por estas tecnologías son interactivos y están basados en la teoría de que el aprendizaje es un proceso constructivo, donde se espera que el estudiante adopte un papel activo en la construcción de su conocimiento, mientras el papel de la computadora es el de facilitar ese proceso (Mayer, 2010). Las TIC son particularmente útiles para aproximarse a tareas CUN porque permiten al estudiante buscar en Internet información pertinente u otros problemas parecidos, así como utilizar diversas herramientas de cómputo que le permiten realizar el trabajo tedioso que suele asociarse con la solución de problemas matemáticos —como trazar gráficas—, lo cual libera una parte de la energía cognitiva para llevar a cabo los procesos cognitivos de alto nivel (Mayer, 2010).

Además, las herramientas de búsqueda —como Google— y las fuentes de información en línea que resulten fáciles de utilizar, y que respondan de manera inmediata, puedan llevar a los usuarios a reflexionar sobre la información proporcionada y decidir qué tipo de datos es más relevante para el problema en cuestión, qué se puede hacer con la información adquirida, y si la pregunta inicial podría ser modificada para obtener una mejor respuesta. El aprendizaje colaborativo apoyado por computadoras —por ejemplo, redes de aprendizaje asíncronas,

foros o incluso correos electrónicos— pueden convertirse en una herramienta poderosa de reflexión, lo cual permite a los estudiantes hacerse conscientes de cómo y por qué eligieron determinada ruta para solucionar el problema. Con frecuencia se hacen grabaciones de las interacciones de aprendizaje en esos ambientes para fines de reflexión, planeación, monitoreo y control (Gama, 2004).

Sin embargo, no siempre se alcanza el potencial total de las nuevas tecnologías. La naturaleza misma de las TIC, y la retroalimentación inmediata que ofrecen, a menudo provoca que los estudiantes respondan de forma instantánea mediante ensayo y error, sin una planeación anticipada, ni un monitoreo y control de los procesos de solución. En consecuencia, muchos estudiantes en un ambiente de TIC no reflexionan sobre lo que están haciendo; tampoco generalizan su desempeño para transferirlo a otras situaciones. Los maestros, investigadores, padres de familia, e incluso los propios estudiantes, se quejan de que las TIC hacen que los alumnos simplemente “aprietan los botones” en vez de reflexionar en su pensamiento y desempeño: qué están haciendo y por qué lo hacen de esa manera. Además, el hecho que muchos ambientes de las TIC utilizan estímulos visuales, auditivos y kinestésicos genera una sobrecarga cognitiva que pesa sobre los procesos de aprendizaje (Mayer, 2010). Por tanto, los usuarios tienen que estar capacitados para aplicar los procesos de monitoreo, control y reflexión en los ambientes de TIC (Azevedo y Hadwin, 2005). La nueva generación de las TIC y su diseminación rápida hacen surgir la necesidad de un soporte metacognitivo que pueda incorporarse al software, o bien que pueda ser puesto en marcha implementado por el maestro para apoyar el aprendizaje.

Por supuesto, las TIC varían muchísimo en cuanto a los tipos de software disponible en el mercado. Mayer (2010) enumeró diez géneros de ambientes de aprendizaje basados en la tecnología:

1. software de enseñanza diseñado de tal manera que el estudiante solamente puede proceder a la siguiente sección después de haber adquirido cierto nivel de dominio del tema actual;
2. multimedia;
3. simulaciones interactivas donde el estudiante puede manipular algunos parámetros y observar lo que ocurre;
4. hipertextos e hipermedia;
5. sistemas de enseñanza de tutoría inteligente adaptables en función del conocimiento de cada estudiante;
6. información basada en indagaciones y herramientas de búsqueda de información como Google;
7. programas pedagógicos animados en los que un personaje en la pantalla guía al estudiante a en una lección computacional;
8. ambientes virtuales;
9. juegos que tienen funciones didácticas;
10. aprendizaje colaborativa apoyado con el uso de computadoras.

Lajorie (1993) organizó esas herramientas de información y comunicación con base en las funciones cognitivas que cumplía cada una de ellas:

1. apoyar procesos cognitivos y metacognitivos;

2. compartir el cargo cognitivo al ofrecer apoyo para las capacidades cognitivas de nivel más bajo, para que los estudiantes puedan concentrarse en actividades cognitivas de más alto nivel;
3. permitir a los estudiantes participar en actividades cognitivas que de otra manera estarían fuera de su alcance, o construir la zona de desarrollo próximo en términos de Vygotsky (ver Capítulo 3);
4. ofrecer a los estudiantes las herramientas necesarias para generar y probar hipótesis en el contexto de la solución de problemas.

En el área de las matemáticas estas herramientas derivadas de las TIC pueden ser clasificadas en cuando menos tres categorías generales: 1) software para matemáticas; por ejemplo: un sistema algebraico computacional un trazador de gráficas, o programas diseñados para fines específicos de las matemáticas, normalmente de carácter remedial; 2) dispositivos generales de comunicación virtual para aprendizaje a distancia, foros, redes de aprendizaje asíncronas, o aprendizaje con equipos portátiles, y 3) diversos programas utilizado para la educación matemática, entre ellos sistemas tutoriales cognitivos inteligentes, documentos en hipertexto y libros electrónicos.

Las secciones a continuación revisan algunos ejemplos de ambientes de aprendizaje modificados por las TIC en la educación matemática para mejorar la solución de problemas rutinarios y CUN. Se enfocan principalmente en la enseñanza metacognitiva implementada por los maestros para complementar las actividades dentro de este tipo de ambiente.

Combinación del software específico para matemáticas con la enseñanza metacognitiva

Un sistema algebraico computacional (SAC) es un ejemplo de un software específico a un dominio que ofrece herramientas en línea para manipular las expresiones matemáticas en formas simbólicas. Un SAC incluye herramientas para simplificar las expresiones, trazar gráficas, sustituir variables, resolver ecuaciones, ejecutar algoritmos, entre otras funciones. Los usuarios del SAC creen que liberar a los estudiantes de realizar el trabajo tedioso asociado con las manipulaciones matemáticas les permite enfocarse en los procesos cognitivos de alto nivel. Kramarski y Hirsch (2003) probaron esta hipótesis al comparar estudiantes que utilizaron un SAC con y sin soporte metacognitivo implantado mediante IMPROVE (Mevarech y Kramarski, 1997).

El estudio involucró a 43 estudiantes de octavo grado que estuvieron en el laboratorio durante 20 horas en total; cerca de la mitad de los estudiantes recibieron una enseñanza metacognitiva (Kramarski y Hirsch, 2003). Los estudiantes en el grupo experimental debieron discutir el proceso de solución en parejas utilizando las preguntas autodirigidas sugeridas por IMPROVE (Mevarech y Kramarski, 1997).

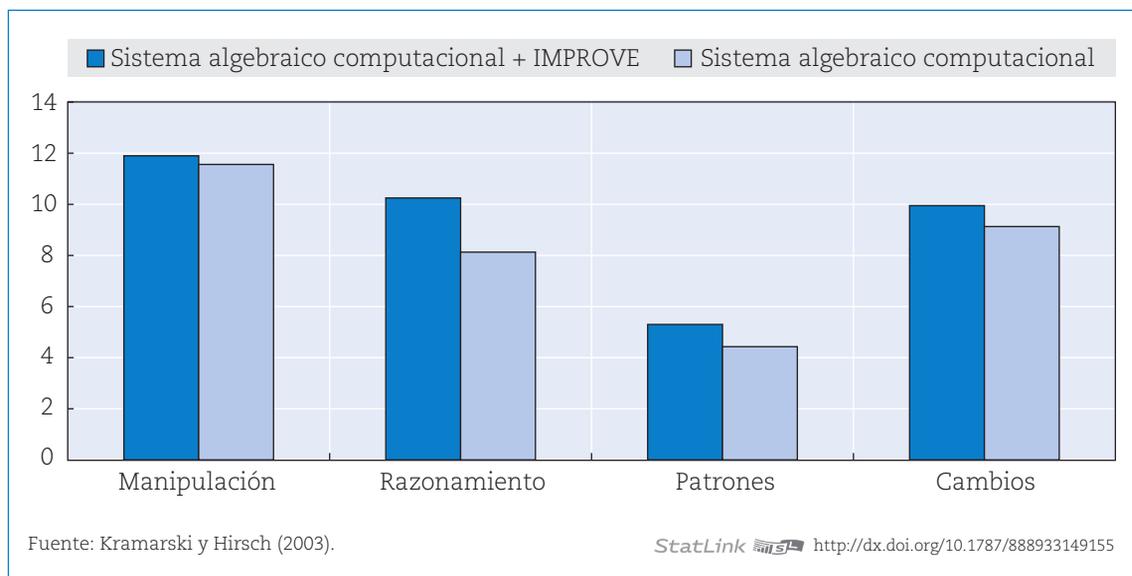
Los resultados indicaron que al final del estudio el grupo SAC + IMPROVE tuvieron un mejor desempeño que el grupo SAC sin enseñanza metacognitiva tan sólo en el razonamiento algebraico y la exploración de patrones, pero no en las manipulaciones algebraicas —resolver ecuaciones y operaciones por medio de la expresión algebraica— y el análisis de cambios. Además, el grupo SAC + IMPROVE tuvo un mejor desempeño que el grupo SAC en el conocimiento metacognitivo de ambientes de aprendizaje con TIC. El análisis cualitativo de los protocolos

que grabaron el pensamiento en voz alta de los estudiantes durante la solución de problemas demuestra que, durante el proceso, los estudiantes de IMPROVE utilizaron oraciones metacognitivas con mayor frecuencia (57%) que los estudiantes sin IMPROVE (38%). En la figura 7.1 pueden verse las calificaciones promedio de los distintos componentes de las matemáticas después del estudio por condiciones de aprendizaje.

Jacobse y Harskamp (2009) siguieron un método parecido, pero el suyo encaja mejor con la naturaleza del aprendizaje con TIC. En este estudio, realizado con estudiantes de quinto grado, el grupo experimental pudo *escoger* pistas metacognitivas disponibles en Internet durante la solución de problemas matemáticos; los alumnos en el grupo de control aprendieron de manera “tradicional,” sin computadoras ni pistas metacognitivas. Jacobse y Harskamp reportaron que el grupo experimental tuvo un mejor desempeño que el grupo de control en la solución de problemas después del estudio, y también lograron mejorar sus capacidades metacognitivas. Estos resultados sustentan la teoría de que estas capacidades pueden incrementarse si los estudiantes eligen libremente las pistas metacognitivas en un ambiente de aprendizaje con TIC, y que el uso de las pistas puede incrementar la capacidad de resolver problemas narrativos. Sin embargo, los investigadores no aplicaron ningún control para medir el efecto de Hawthorne y eso podría afectar los efectos positivos provocados por el soporte metacognitivo.

En cambio, Gama (2004) construyó un modelo de enseñanza de la metacognición, denominado asistente reflexivo (AR), para resolver problemas narrativos de álgebra en un ambiente interactivo de aprendizaje mediante TIC. El AR se enfoca en tres habilidades metacognitivas: 1) entendimiento del problema y monitoreo del conocimiento; 2) planeación y selección de estrategias metacognitivas, y 3) evaluación de la experiencia de aprendizaje. El programa AR genera de manera automática un perfil metacognitivo del estudiante con base en dos medidas: una determina la precisión del monitoreo del conocimiento (PMC) del estudiante, mientras el sesgo del monitoreo del conocimiento (SMC) permite detectar cualquier tendencia que los

Figura 7.1. El impacto de IMPROVE en la manipulación, el razonamiento y patrones algebraicos y el análisis de cambios.



estudiantes podrían revelar en el monitoreo de su conocimiento. En el recuadro 7.1 se ofrecen ejemplos de las actividades del AR.

Un estudio empírico realizado con estudiantes universitarios expuso a un grupo experimental al asistente reflexivo y mostró que quienes realizaron las actividades reflexivas dedicaron más tiempo a las tareas, abandonaron menos problemas y respondieron correctamente a muchas más preguntas que el grupo de control. La evidencia también sugiere que el modelo AR tuvo efectos positivos en la metacognición de los estudiantes.

El AR presenta una vista gráfica de las actividades del estudiante durante la solución de problemas (figura 7.2). Este diagrama fue inspirado por el cronograma de Schoenfeld, creado para analizar el comportamiento de los estudiantes durante el proceso de la solución de problemas (ver figura 4.2).

Este diagrama permite que los estudiantes observen si utilizaron los principales recursos disponibles para la solución de problemas; cuántas veces se utilizaron los recursos para resolver un problema en particular; el tiempo dedicado a actividades de reflexión y los momentos en que los estudiantes pidieron ayuda. Una explicación textual de la información representada en el diagrama también está disponible para detonar la reflexión sobre el desempeño del estudiante: por ejemplo, el alumno dijo que el problema había estado difícil, pero no utilizó ninguno de los recursos disponibles para ayudarlo a resolver el problema, o dedicó poco tiempo a elegir estrategias para resolverlo.

En todos los estudios reportados, la intervención metacognitiva estuvo presente o ausente en los ambientes de aprendizaje con TIC. Se puede preguntar hasta qué punto los efectos de la intervención metacognitiva dependen de sus características. Dresel y Haugwitz (2008)

Recuadro 7.1. Ejemplos de las actividades del asistente reflexivo.

1. Monitoreo del conocimiento y desempeño

Esta actividad se enfoca en la comparación de las soluciones de problemas anteriores a las actuales. Pide a los estudiantes evaluar su aprendizaje, les demuestra la precisión de sus evaluaciones y proporciona información sobre el tiempo dedicado a la solución de cada problema. También pide a los estudiantes buscar tendencias, revisar cambios —mejorías, estabilidad o retiros— y explicarse las razones por las diferencias encontradas, de ser el caso.

2. Auto-evaluación de comprensión de problemas y dificultad

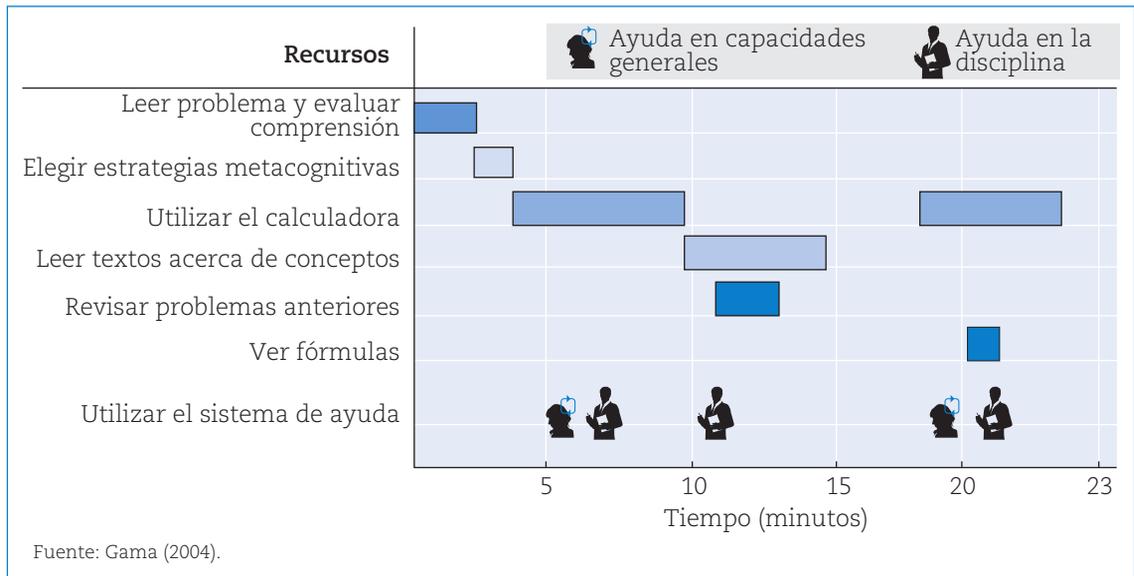
Esta actividad pretende impulsar a los estudiantes a reflexionar sobre su comprensión y confianza para resolver correctamente los problemas. Plantea preguntas sobre el nivel de comprensión de los problemas: ¿Reconoces este tipo de problema? ¿Entiendes el objetivo del problema? ¿Has resuelto un problema parecido antes?

3. Evaluación de una experiencia de solución de problemas

Esta actividad pretende dar una oportunidad a los estudiantes para revisar su experiencia más reciente, explorar por qué actuaron como lo hicieron, qué pasó durante la solución del problema, etc., como propone Schoen (1987) en su idea de la reflexión sobre la acción. El enfoque consiste en ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre las “causas de sus errores” en relación con el proceso, el uso de recursos y problemas con el manejo de tiempo. Al hacer esto los estudiantes pueden desarrollar un mejor entendimiento de su experiencia y aplicarla en de la solución de problemas.

Fuente: Gama (2004).

Figura 7.2. Actividad reflexiva en la evaluación de experiencias para resolver problemas.



intentaron manipular la calidad de las intervenciones metacognitivas que ofrecen las TIC al distinguir entre la capacitación del aprendizaje autorregulado y la retroalimentación. Asignaron a 151 alumnos de sexto grado que estudiaban matemáticas con ayuda de las TIC en una de tres categorías: 1) los estudiantes recibieron software para retroalimentación y enseñanza autorregulada enfocado en el control metacognitivo; 2) los estudiantes recibieron un programa que ofrecía únicamente retroalimentación, sin orientación metacognitiva; 3) un grupo de control que no recibió ninguna ayuda.

En una interesante serie de estudios realizados por Azevedo y su grupo se examinó la aportación del soporte metacognitivo que brindan las TIC en comparación con el que aporta un instructor humano. Azevedo y Jacobson (2008) compararon en adolescentes el efecto del aprendizaje autorregulado (AAR) con ese mismo AAR facilitado externamente sobre el sistema circular mientras se utilizaba la hipermedia. Los estudiantes en el grupo de AAR regularon su propio aprendizaje, mientras los estudiantes en el grupo de aprendizaje regulado externamente (ARE) fueron expuestos a un tutor que facilitó su AAR. Observaron estadísticamente que los estudiantes bajo las condiciones del ARE adquirieron considerablemente más conocimiento declarativo y mostraron un modelo mental más avanzado en exámenes posteriores. Los protocolos verbales indicaron que los estudiantes del ARE regularon su aprendizaje al activar su conocimiento previo, mediante su participación en actividades de automonitoreo, el empleo de varias estrategias efectivas y por mostrarse activos en la búsqueda de ayuda adaptativa. En cambio, los estudiantes bajo las condiciones del AAR emplearon estrategias de manera poco efectiva.

En conjunto, esos estudios indican que los ambientes con TIC basados en programas específicos para las matemáticas, y apoyados en pedagogías metacognitivas, mejoran más el desempeño en matemáticas, la motivación y los procesos metacognitivos que cuando se utilizan los mismos programas sin orientación metacognitiva. Además, se observó que el aprendizaje fue más efectivo cuando una persona proporcionaba el soporte metacognitivo que cuando se ofrecía por medio de TIC.

El aprendizaje virtual apoyado por la enseñanza metacognitiva

El término “aprendizaje virtual (aprendizaje-e)” abarca una gama de ambientes en que los estudiantes aprenden por medio de las TIC, lo cual incluye foros en la red, correo-e y aprendizaje a distancia. En esta sección consideramos foros en la red —es decir, un sitio para enviar mensajes a miembros del grupo— implantados con o sin soporte metacognitivo.

En el área de matemáticas se compararon estudiantes de séptimo grado que estudiaron matemáticas en foros en la red con quienes aprendieron en esos mismos foros apoyados por un soporte metacognitivo (Kramarski y Mizrachi, 2006). Los resultados indican que el grupo metacognitivo resultó más capaz que el otro grupo para justificar su razonamiento y emplear argumentos lógicos y formales con mayor frecuencia: 90% en comparación con 70%; también fue mayor el número de estudiantes de este grupo que lograron explicar cómo obtuvieron sus respuestas, en lugar de limitarse a repetir la solución final, con 65.2% en comparación con 30%. Además, el grupo metacognitivo en línea tuvo un mejor desempeño que el otro grupo en la solución de problemas de libros de texto y en tareas auténticas (ver tarea de la pizza, recuadro 1.1); obtuvo mayores niveles de razonamiento matemático y de comunicación con amigos, utilizó más estrategias y proveyó mejor retroalimentación metacognitiva —por ejemplo, monitoreo, depuración y evaluación—; logró plantear los problemas de manera más acertada, y se mostró más motivado a resolver problemas matemáticos en discusiones en línea (Kramarski y Mizrachi, 2006; Kramarski y Dudai, 2009; Kramarski y Ritkob, 2002). Otros estudios obtuvieron resultados parecidos al integrar el aprendizaje cooperativo de las matemáticas y las intervenciones metacognitivas con sistemas de aprendizaje en la red (Hurme, Palonen y Järvelä, 2006; Faggiano, Roselli y Plantamura, 2004).

Además, estudios experimentales que compararon el aprendizaje de las ciencias en foros, con y sin soportes metacognitivos, mostraron que, sin excepción, el soporte metacognitivo promueve el aprendizaje en esos ambientes (Azevedo, 2005; Azevedo y Jacobson, 2008; Azevedo et al., 2012).

Una cuestión interesante es la del enfoque del soporte metacognitivo en los ambientes cooperativos TIC computarizadas: ¿el soporte debería enfocarse en la interacción colaborativa —regulación del equipo— o en la solución de la tarea —regulación de la tarea—? Saab, Joolingen y Hout-Wolters (2012) investigó este tema en clases de ciencias. Su estudio involucró a estudiantes de décimo grado que trabajaban en parejas en un ambiente colaborativo de aprendizaje por indagación basado en simulaciones por computadora (Sim Quest). La regulación en equipo fue dirigida por las reglas de RIDE (por sus siglas en inglés): respeto, colaboración inteligente, decidir juntos y alentar (cuadro 7.1). La regulación de la tarea se llevó a cabo a través de la herramienta de hipótesis colaborativa (HHC) que empleó estímulos para ayudar a los estudiantes a formular sus hipótesis juntos, planear experimentos con el programa de SimQuest y probar sus hipótesis en una escala de 0 a 100%. Cuando la hipótesis fue rechazada, los estudiantes fueron alentados a volver a seguir los pasos de indagación hasta confirmar la hipótesis. Los estudiantes fueron asignados aleatoriamente a una de tres condiciones: 1) un grupo expuesto a la regulación del equipo proporcionado por RIDE (condición de RIDE); 2) un grupo expuesto a la regulación de la tarea a través de la HHC de RIDE (condición HHC), y 3) un grupo de control que no fue expuesto a ningún soporte.

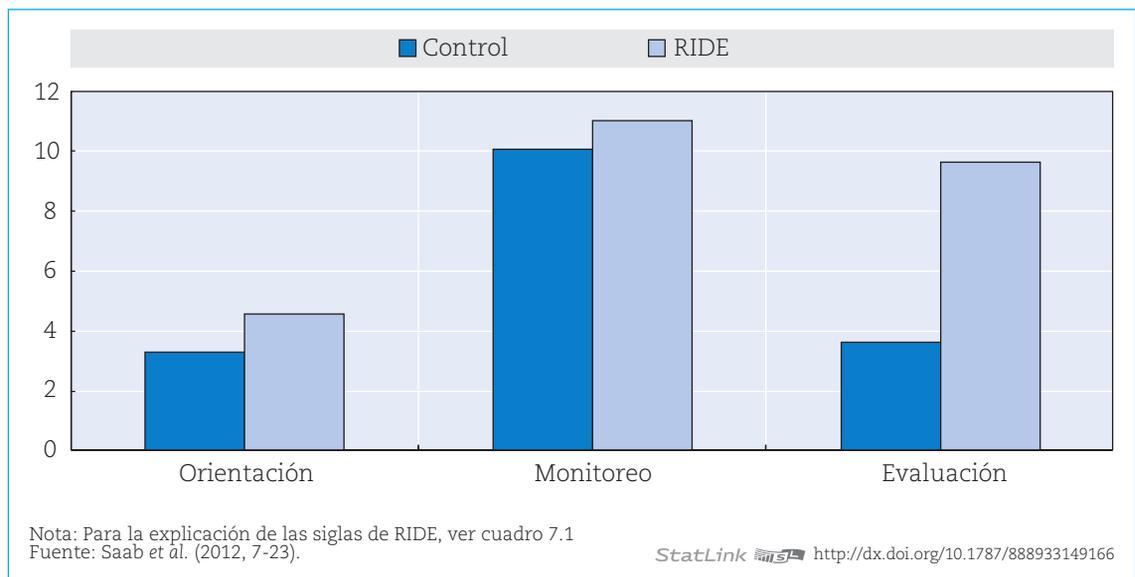
Los resultados demuestran que en general los estudiantes utilizaron más regulación del equipo que de la tarea (figura 7.3a y 7.3.b). En las condiciones de RIDE y de la HHC, los

Cuadro 7.1. Reglas y sub-reglas de RIDE impartidas a través de la enseñanza computarizada.

Regla de RIDE	Sub-reglas
(R) Respeto	Todos tendrán la oportunidad de contribuir. Las ideas de todos serán plenamente consideradas.
(I) Colaboración inteligente	Compartir toda la información y sugerencias relevantes. Aclarar la información proporcionada. Explicar las respuestas dadas. Ofrecer crítica.
(D) Decidir en conjunto	Un acuerdo explícito y en conjunto precederá todas las decisiones y acciones. Se aceptará que el grupo (y no un miembro individual) es responsable para todas las decisiones y acciones.
(E) Alentar	Pedir explicaciones. Preguntar hasta que entiendas. Dar retroalimentación positiva.

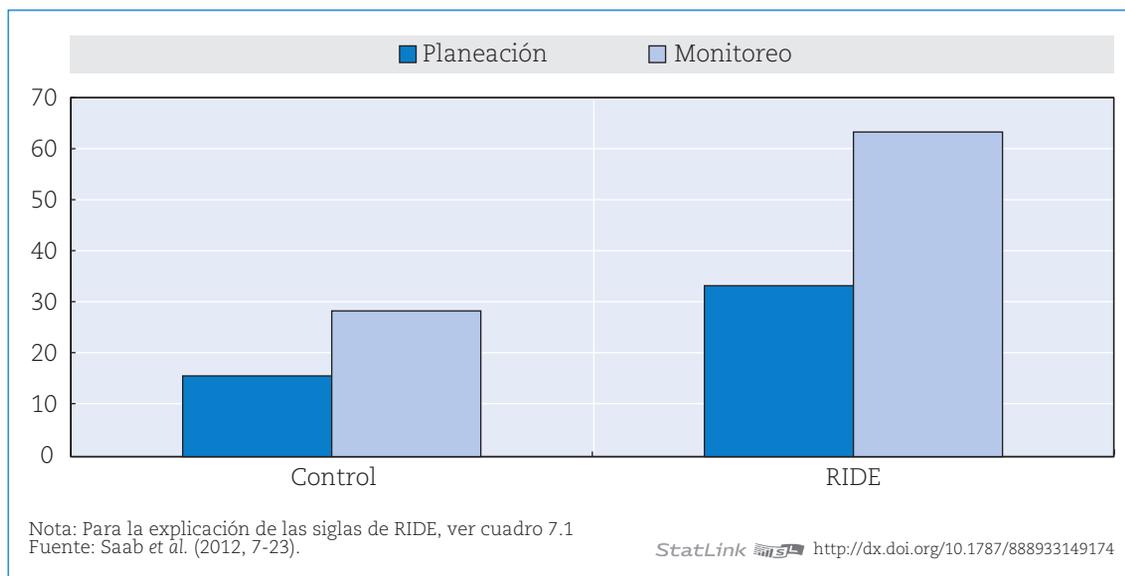
Fuente: Basado en Saab et al. (2012).

Figura 7.3a. Calificaciones promedio de regulación de tareas para grupos de RIDE y de control.



estudiantes regularon sus actividades del equipo más frecuentemente que en la condición de control. Además, en la condición de la HHC, la regulación de las actividades del equipo tuvo una correlación positiva con los resultados del aprendizaje. Los autores concluyeron que los diferentes soportes a través de un ambiente de simulación (SimQuest) tienen diferentes efectos sobre la regulación del equipo, que a su vez conllevó mejores resultados de aprendizaje.

Figura 7.3b. Calificaciones promedias de regulación de equipos para grupos de RIDE y de control.



Redes de aprendizaje asíncronas apoyadas por la enseñanza metacognitiva

Las redes de aprendizaje asíncronas (RAA) se refiere a interacciones P2P (entre pares) en línea para facilitar el aprendizaje fuera de los límites del tiempo y la ubicación. Las RAA se han vuelto bastante comunes en el campo educativo. Tanto en la educación superior como en la secundaria, los cursos de las RAA están disponibles para varios dominios, incluyendo las matemáticas y las ciencias. Los beneficios de las RAA son reconocidos: se puede llevar a cabo el aprendizaje al margen de horarios y ubicación de los alumnos; estudiantes de diferentes escuelas pueden realizar proyectos de indagación en conjunto, o bien participar activamente en la solución de problemas; estudiantes en diferentes zonas horarias pueden estudiar de manera cooperativa, ya que la comunicación es asíncrona. Sin embargo, las desventajas de estudiar en ambientes de RAA son parecidas a las que se encuentran en los ambientes cooperativos presenciales (F2F): sin intervención explícita, los estudiantes a veces no están conscientes de cómo interactuar de manera metacognitiva. El siguiente ejemplo demuestra cómo el hecho de incorporar los soportes metacognitivos a las RAA mejora el desempeño.

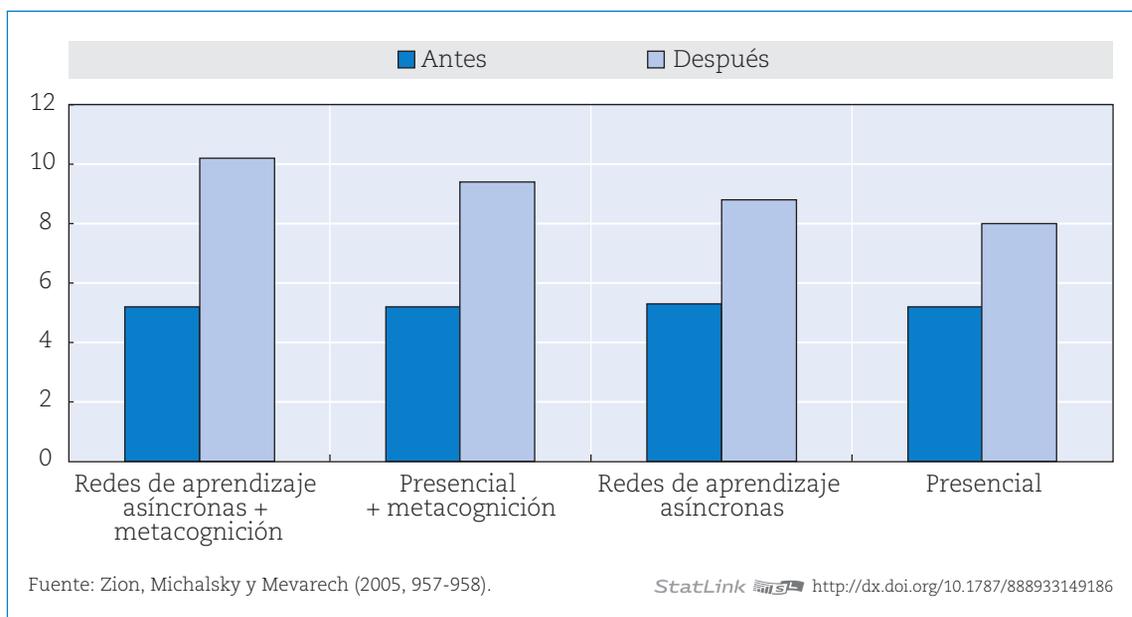
En un estudio realizado por Zion, Michalsky y Mevarech (2005), 407 estudiantes de décimo grado estudiaron la indagación científica durante 12 semanas en una red de aprendizaje asíncrona o de manera presencial, cada condición con y sin enseñanzas metacognitivas. Por ende, el estudio comparó cuatro condiciones: RAA con orientación metacognitiva, RAA sin orientación metacognitiva, F2F con orientación metacognitiva y F2F sin orientación metacognitiva. Todos los estudiantes fueron evaluados antes y después del estudio en su habilidad científica —por ejemplo, la capacidad de diseñar experimentos y sacar conclusiones— con base en una prueba diseñada por los autores; la capacidad de indagación específicas a la microbiología —materia que se enseñó en todos los grupos—, las capacidades metacognitivas —evaluadas por el inventario de conciencia metacognitiva diseñado por Schraw y Davidson (1994)— y la calidad del discurso de los estudiantes en la red. Los resultados indicaron que el grupo de

las RAA con orientación metacognitiva tuvo un desempeño considerablemente mejor que los otros tres grupos, mientras el grupo de F2F sin orientación metacognitiva obtuvo la calificación promedio más baja; no se observaron diferencias significativas entre el grupo de F2F con orientación metacognitiva y el de RAA sin orientación metacognitiva. Otro estudio (Mevarech, Zion y Michalsky, 2007) demostró que el grupo de RAA con metacognición tuvo un mejor desempeño que los otros grupos en la metacognición —tanto el conocimiento de la cognición como la regulación de la cognición— y las capacidades de comunicación. Estos resultados implican que las RAA con autocuestionamiento metacognitivo crean un ambiente de aprendizaje prometedor, con un gran potencial para mejorar la habilidad científica y los procesos metacognitivos de los estudiantes. En la figura 7.4 se muestran las calificaciones promedio de la habilidad científica en las cuatro condiciones de aprendizaje.

El aprendizaje móvil en matemáticas

El aprendizaje móvil es una forma de aprendizaje a distancia que utiliza el servicio de mensajes de texto (SMS) en teléfonos celulares para ofrecer tutorías que no estén restringidas por los horarios y la ubicación espacial; se caracteriza por mensajes cortos (140 caracteres). Los promotores del aprendizaje por SMS sostienen que los mensajes cortos orientan al estudiante a enfocarse en las ideas principales enviadas por medio de dispositivos móviles. Estos mensajes podrían enviar estímulos metacognitivos: por ejemplo, “busca más información/recursos”, “reflexiona sobre el proceso de solución” o “evalúa la factibilidad del resultado”. Los que se oponen a este método utilizan el mismo argumento para declarar que los mensajes cortos podrían ser adecuados para estimular la memoria, pero no para facilitar la solución de problemas complejos que requieren de orientación metacognitiva. Para ellos, apoyar el aprendizaje

Figura 7.4. El impacto de la orientación metacognitiva en la habilidad científica en ambientes de aprendizaje presenciales o asíncronos.



mediante SMS con soportes metacognitivos contradice la naturaleza misma del aprendizaje móvil (Stone, 2004a).

Aunque el uso de los SMS en la educación es bastante nuevo, ya ha sido analizado en varios estudios que reportaron resultados poco concluyentes. Lu (2008) observó que los estudiantes de lengua extranjera al recibir mensajes SMS reconocieron más vocabulario que después de recibir materiales impresos bastante detallados. Katz y Yablon (2011) no reportaron ninguna diferencia significativa entre el desempeño de estudiantes que estudiaron idiomas por mensajes SMS en sus celulares que el de estudiantes que estudiaron a través de mensajes de correo electrónico o que recibieron el material a través del correo convencional. Sin embargo, Katz y Yablon (2011) observaron que quienes recibieron mensajes SMS estuvieron más motivados y sintieron que lograban más control sobre su aprendizaje que los que estudiaron a través de correos electrónicos; ambos grupos tuvieron un desempeño considerablemente mejor que el grupo del correo convencional en estas mediciones afectivas. Las diferencias en los resultados podría deberse a la calidad de los mensajes y la interacción entre los estudiantes, pero ninguno de estos estudios analizó esas variables.

Hagos *et al.* (2009), Amiratashani (2010) y Stone (2004b) demostraron la efectividad del aprendizaje móvil en los resultados matemáticos, y sobre todo en la motivación, participación e interacciones de los estudiantes. En tales estudios también se observó que los estudiantes que aprendieron a través de los mensajes SMS con soporte metacognitivo demostraron mejor desempeño matemático comparado con un grupo de control que aprendió a través de mensajes SMS sin orientación metacognitiva (Stone, 2004).

Software de tutoría inteligente

Mayer (2010, p. 181) define el software de tutoría inteligente (STI) como un “sistema de enseñanza que rastrea el conocimiento del estudiante y ajusta lo que se le presenta de acuerdo a este proceso” El sistema presenta problemas y una enseñanza individualizada basada en las interacciones del estudiante con el programa. La cuestión de cómo incorporar soportes metacognitivos en los sistemas “se ha vuelto fundamental” (Azevedo y Hadwin, 2005, p. 367).

Roll, Alevén, McLaren y Koedinger (2007) presentan una revisión comprensiva de diez principios relacionados con la integración del soporte metacognitivo a un STI para la enseñanza de geometría y para ello diseñaron el tutor de ayuda, —un tutor metacognitivo para enseñar a los estudiantes que necesiten ayuda en el STI. Investigaron los efectos adicionales de ese software más allá del STI. Roll *et al.* (2011) observaron que algunos alumnos de décimo y onceavo grado que utilizaron el STI con el tutor de ayuda fueron capaces de transferir sus habilidades de pedir ayuda a nuevos contenidos en el mismo dominio durante el mes posterior a la intervención, cuando el apoyo ya no estaba en marcha.

Alevén y Koedinger (2002) sugirieron otra dirección al investigar si las autoexplicaciones pueden ser en realidad apoyadas mediante el software de enseñanza inteligente (tutor cognitivo) para el aprendizaje de matemáticas. Observaron que los estudiantes que explicaron sus pasos durante la solución de problemas con el tutor cognitivo tuvieron un mejor entendimiento de su aprendizaje y resultaron más exitosos en los problemas de transferencia en comparación con aquéllos que no explicaron sus pasos. Los autores interpretaron estos resultados: “Al explicarse, los estudiantes adquirieron conocimientos visuales y verbales mejor integrados y adquirieron menos conocimientos de procedimiento” (Alevén

y Koedinger, 2002, p. 147). Estos resultados son de esperarse, ya que en ambientes sin TIC los estudiantes que se explican se benefician más que quienes reciben las explicaciones (Webb, 2008).

Libros electrónicos de matemáticas

A diferencia de los libros impresos, los libros electrónicos son libros interactivos que incluyen estímulos visuales, auditivos y kinestésicos. Los libros electrónicos pueden “leer” el texto en voz alta o presentar objetos animados y permitir a los lectores aumentar o cambiar las fuentes, buscar términos clave en línea, o resaltar, guardar o anotar el contenido. Los libros electrónicos se están introduciendo de manera muy dinámica en escuelas de educación básica y preescolar, tanto para la lectura como para la enseñanza, lo cual incluye la enseñanza de matemáticas (Shamir y Baruch, 2012).

Al igual que con materiales impresos, hay una enorme diferencia en el aprendizaje con libros electrónicos y con frecuencia éste se debe apoyar en soportes metacognitivos de una forma u otra. Tales estímulos metacognitivos pueden ser parte del libro electrónico, o pueden ser dirigidos por el maestro durante las clases con libros electrónicos.

Shamir y Baruch (2012) diseñó un libro electrónico de matemáticas para niños de preescolar, quienes están en riesgo de desarrollar una discapacidad del aprendizaje. Este libro electrónico contiene una historia matemática, dibujos, animaciones, juegos matemáticos, un diccionario y un “lector” que “lee” el libro en voz alta. Los niños pueden buscar enlaces que dan explicaciones de palabras y conceptos difíciles, entre otras cosas. También pueden buscar estímulos metacognitivos.

Shamir y Baruch administraron el libro electrónico de matemáticas a dos grupos de niños de preescolar: un grupo recibió el libro electrónico con estímulos metacognitivos y el otro grupo utilizó el libro electrónico sin estímulos metacognitivos. Un tercer grupo sirvió de grupo de control y no fue expuesto al libro electrónico ni a los estímulos metacognitivos. Los resultados indicaron que si bien los dos grupos que utilizaron el libro electrónico habían logrado mejorar su conocimiento matemático más que el grupo que estudió los mismos conceptos sin el libro, no se observaron diferencias significativas entre los niños que utilizaron el libro electrónico con o sin los estímulos metacognitivos. Desafortunadamente, los autores no recolectaron información sobre qué tanto los niños pidieron los estímulos metacognitivos o cómo los utilizaron —en caso de haberlo hecho—. Es entonces difícil interpretar estos resultados. En todo caso, la tecnología del libro electrónica está en proceso de desarrollo y es demasiado temprano para sacar conclusiones en ese sentido.

Conclusión

Mientras las tecnologías de última generación tienen mucho potencial para promover las soluciones de tareas CUN y ciertas habilidades matemáticas, no han generado una revolución en la educación matemática, probablemente porque parece que es difícil para los estudiantes y los maestros monitorear, controlar y reflexionar sobre los procesos de aprendizaje mientras los están utilizando. La buena noticia es que esto se puede modificar fácilmente al incorporar soportes metacognitivos en los ambientes de TIC: se pueden incorporar los estímulos me-

tacognitivos en el software o pueden ser presentados por el maestro. De manera general, la investigación sugiere que los ambientes de TIC apoyados por soportes metacognitivos mejoran el razonamiento y comunicación matemáticas, la solución de problemas CUN, las habilidades científicas, la motivación y la autoeficacia de los estudiantes. Las últimas dos variables —la motivación y la autoeficacia— son resultados importantes en sí mismos.

Sin embargo, hablar de efectos de las TIC en el aprendizaje es demasiado impreciso y amplio. Es como preguntar qué efectos tienen los libros en los resultados escolares. Es evidente que depende del libro en sí, el proceso de lectura, el estudiante y los resultados esperados. Asimismo, aprender con el software matemático como el SAC o el software matemático remedial es diferente a aprender con una red asíncrona, un libro electrónico, SMS, Google, juegos de computadora, el sistema cognitivo inteligente o Wikipedia, por mencionar algunos ejemplos. Las dos conclusiones basadas en evidencia que podemos sacar en este momento son las siguientes: 1) la efectividad de los ambientes de TIC depende no solamente de las características de las TIC, sino también en las capacidades de los estudiantes para monitorear, controlar y reflexionar sobre el proceso de aprendizaje y los resultados; y 2) el soporte metacognitivo puede ser modificado para responder a las características distintivas de cada tipo de TIC, como se describe a continuación.

- Al utilizar el software matemático remedial, el papel de la tecnología es presentar ejercicios adecuados —es decir, ejercicios que corresponden a la capacidad del alumno— y dar retroalimentación —recompensas o castigos— de acuerdo con las respuestas del alumno. El papel del soporte metacognitivo es orientar a los alumnos a analizar las similitudes y diferencias entre los ejercicios en la pantalla y los que han resuelto de manera previa, reflexionar y decidir qué recursos adicionales requieren para alcanzar cierto dominio en la materia.
- En ambientes de TIC que proporcionan herramientas que apoyan las capacidades cognitivas de más bajo nivel, el soporte metacognitivo orienta al estudiante a concentrarse en las actividades cognitivas de más alto nivel. Por ejemplo, el SAC simplifica las expresiones matemáticas y así permite al estudiante a enfocarse en el núcleo del problema, sin preocuparse por el trabajo tedioso de simplificar las expresiones. Asimismo, las herramientas para trazar gráficas permiten liberar recursos cognitivos de los estudiantes para analizar e indagar sobre las funciones en sí. En estos casos el soporte metacognitivo dirige al estudiante a pensar de qué se trata el problema “completo”, qué deberían hacer con las expresiones/gráficas resultantes, y cómo la tecnología podría ayudarlos en resolver una tarea CUN.
- Recursos especiales de las TIC —por ejemplo, ambientes geométricos dinámicos— han sido desarrollados para permitir a los estudiantes a generar y probar hipótesis en el contexto de la solución de problemas. El soporte metacognitivo es de particular beneficio en esos ambientes abiertos, donde el estudiante se pierde en la amplitud y complejidad inherente de los materiales. En estos contextos el soporte metacognitivo entrena a los estudiantes para formar hipótesis, planear cómo las van a probar y pensar en cómo organizar la información obtenida a fin de probar la hipótesis. Reflexionar sobre tales procesos permite al estudiante generalizar el resultado, o a continuar la investigación, a veces al reformular las hipótesis originales.
- En los ambientes de aprendizaje con TIC que apoyan la adquisición de información —entre ellas Wikipedia o las redes de matemáticas en línea—, el papel de la tecnología

es proveer los enlaces, mientras el papel del soporte metacognitivo es orientar a los estudiantes a organizar la información, relacionarla con su conocimiento anterior, evaluar su comprensión y planear la asignación de recursos adecuadamente.

- Aprender con SMS frecuentemente tiene por objetivo mejorar la memorización a partir de ejercicios en que se repite la información —por ejemplo, recordar una fórmula—; el soporte metacognitivo podría incorporarse en el sistema SMS.
- Aprender con multimedia, hipertextos, simulaciones interactivas y libros electrónicos, entre otros, se asocia con frecuencia con una sobrecarga cognitiva provocada por los abundantes estímulos visuales, auditivos y kinestésicos en la pantalla. El soporte metacognitivo debería intentar reducir la sobrecarga cognitiva al orientar a los alumnos a enfocarse en el tema fundamental e ignorar los estímulos innecesarios, además de capacitar al alumno para que pueda manejar los procesos de aprendizaje, organizar la información e integrarla con el conocimiento anterior.
- En los ambientes de aprendizaje con TIC que incluyen textos, el soporte metacognitivo debería enfocarse en la comprensión de lecturas al orientar a los usuarios a implementar estrategias de lectura como subrayar palabras o conceptos importantes, dibujar diagramas de flujo, explicar palabras difíciles o resumir el texto.
- En redes de aprendizaje asincrónicas, un ambiente interactivo de aprendizaje que proporciona numerosas oportunidades de interacción entre los estudiantes, el soporte metacognitivo debería de orientar a los estudiantes a expresar y formular su pensamiento, reflexionar sobre sus ideas y las de los demás y comunicar conceptos matemáticos.

En resumen, muchos de estos contextos de TIC de última generación no pretenden solamente facilitar la adquisición de información; es más fundamental e importante su objetivo de mejorar la construcción del conocimiento del estudiante. En esos ambientes, los estudiantes deben activar sus procesos metacognitivos para construir su conocimiento, mientras la computadora facilita el proceso de aprendizaje a través de varios medios; por ejemplo, simulación interactiva, multimedia, hipertexto, sistemas de tutoría inteligentes, aprendizaje colaborativo computarizado o herramientas de búsqueda. El soporte metacognitivo facilita los procesos de monitoreo, control y reflexión, además de proporcionar estímulos metacognitivos específicos al dominio en cuestión, lo cual lleva al estudiante a enfocarse en los niveles cognitivos de orden más alto, poner atención en la información relevante, organizar la información obtenida, integrarla y manipularla para uso posterior, formular y probar hipótesis y planear cómo utilizar el recurso específico para resolver tareas rutinarias y no rutinarias.

Referencias

- Aleven, V. A. W. M. M., y Koedinger, K. R. (2002). An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based Cognitive Tutor. *Cognitive Science*, 26, 147-179.
- Amiratashani, Z. (2010). M-learning in high school: The impact of using SMS in mathematics education – an Iranian experience. Ponencia presentada en la Fourth International Conference on Distance Learning and Education (ICDLE). San Juan, Puerto Rico, 3-5 octubre.
- Azevedo, R. (2005). Using hypermedia as a metacognitive tool for enhancing student learning? The role of self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 40(4), 199-209.
- Azevedo, R., y Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition: Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*, 33, 367-379.

- Azevedo, R., y Jacobson, M. J. (2008). Advances in scaffolding learning with hypertext and hypermedia: A summary and critical analysis. *Educational Technology Research and Development*, 56(1), 93-100.
- Azevedo, R. et al. (2012). Using artificial pedagogical agents to examine the role of metacognitive processes during learning with MetaTutor. *Metacognition 2012 – Proceedings of the 5th Biennial Meeting of the EARLI Special Interest Group 16 Metacognition*. Milán, IT, 5-8 septiembre.
- Dresel, M., y Haugwitz, M. (2008). A computer-based approach to fostering motivation and self-regulated learning. *The Journal of Experimental Education*, 77(1), 3-18.
- Faggiano, E., Roselli, T., y Plantamura, V. L. (2004). Networking technologies to foster mathematical metacognitive processes”. *Proceeding of the 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. San Francisco: IEEE.
- Gama, C. A. (2004). *Integrating metacognition instruction in interactive learning environments*. Tesis de doctorado. Brighton, RU: University of Sussex. Recuperado de http://homes.dcc.ufba.br/~claudiag/thesis/Thesis_Gama.pdf.
- Hagos, L. C. (2008). Enhancing teaching and learning through SMS-mediated learning in mathematics. En J. Fong, R. Kwan y F. L. Wang (Eds.). *Hybrid Learning: A New Frontier* (pp. 33-42). Hong Kong: City University of Hong Kong.
- Hurme, T.-R., Palonen, T., y Järvelä, S. (2006). Metacognition in joint discussions: An analysis of the patterns of interaction and the metacognitive content of the networked discussions in mathematics. *Metacognition and Learning*, 1(1), 181-200.
- Jacobse, A. E., y Harskamp, E. G. (2009). Student-controlled metacognitive training for solving word problems in primary school mathematics. *Educational Research and Evaluation*, 15(5), 447-463.
- Katz, Y. J., y Yablon, Y. B. (2011). Affect and digital learning at the university level. *Campus-Wide Information Systems*, 28(2), 114-123.
- Kramarski, B., y Dudai, V. (2009). Group-metacognitive support for online inquiry in mathematics with differential self-questioning. *Journal of Educational Computing Research*, 40(4), 365-392.
- Kramarski, B., y Hirsch, C. (2003). Using computer algebra systems in mathematical classrooms. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 35-45.
- Kramarski, B., y Mizrachi, N. (2006). Online discussion and self-regulated learning: Effects of instructional methods on mathematical literacy. *The Journal of Educational Research*, 99(4), 218-230.
- Kramarski, B., y Ritkof, R. (2002). The effects of metacognition and email interactions on learning graphing. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18(1), 33-43.
- Lajoie, S. P. (1993). Computer environments as cognitive tools for enhancing learning. En S. P. Lajoie y S. J. Derry (Eds.). *Computers as Cognitive Tools* (pp. 261-288). Nueva York, NY: Routledge.
- Lu, M. (2008). Effectiveness of vocabulary learning via mobile phone. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(6), 515-525.
- Mayer, R. E. (2010). Learning with technology. En H. Dumont, D. Istance y F. Benavides (Eds.), *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice* (pp. 179-195). París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-10-en>.
- Mevarech, Z. R., y Kramarski, B. (1997). IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-395.
- Mevarech, Z. R., Zion, M., y Michalsky, T. (2007). Peer-assisted learning via face-to-face or a-synchronic learning network embedded with or without metacognitive guidance: The effects on higher and lower achieving students. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 4(3), 456-471.
- Roll, I., Aleven, V., McLaren, B., y Koedinger, K. R. (2007). Designing for metacognition: Applying cognitive tutor principles to the tutoring of help seeking. *Metacognition and Learning*, 2(2-3), 125-140.
- Saab, N., Joolingen, W. R., y Hout-Wolters, B. H. A. M..(2012).Support of the collaborative inquiry learning process: Influence of support on task and team regulation. *Metacognition and Learning*, 7(1), 7-23.
- Schoen, D. A. (1987). Teaching artistry through reflection-in-action. En *Educating the Reflective Practitioner* (pp. 22-40). San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.
- Shamir, A., y Baruch, D. (2012). Educational e-books: A support for vocabulary and early mathematics of children at risk for learning disabilities. *Educational Media International*, 49(1), 33-47.

- Stone, A. (2004a). Mobile scaffolding: An experiment in using SMS text messaging to support first year university students. En *Proceedings, IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 405-409). Nueva York, NY: IEEE.
- Stone, A. (2004b). Designing scalable, effective mobile learning for multiple technologies. En J. Attewell y C. Savill-Smith (Eds.). *Learning with Mobile Devices*. Londres, RU: Learning and Skills Development Agency.
- Webb, N. M. (2008). Learning in small groups. En T. L. Good (Ed.). *21st Century Education: A Reference Handbook* (pp. 203-211). Los Ángeles, CA: SAGE Publications.
- Zion, M., Michalsky, T., y Mevarech, Z. R. (2005). The effects of metacognitive instruction embedded within an asynchronous learning network on scientific inquiry skills. *International Journal of Science Education*, 27(8), 957-958.

CAPÍTULO 8

Programas metacognitivos para la capacitación de los docentes

Los maestros y administradores tienen un papel importante en la introducción de cambios en las escuelas. Puesto que “uno no puede enseñar lo que no sabe”, las habilidades metacognitivas de los docentes se están investigando cada vez más. Las observaciones de estos estudios han demostrado que si bien los maestros rara vez activan explícitamente sus procesos metacognitivos mientras enseñan, los aplican de manera implícita en el aula. Su comprensión de la metacognición está relacionada no solamente con su práctica, sino también con el aprendizaje autorregulado y desempeño de sus alumnos. Los programas de desarrollo profesional son el contexto natural para la introducción de métodos de enseñanza innovadores. Los estudios sobre los efectos de las pedagogías metacognitivas en docentes pre-profesionales y profesionales han observado que impactan de manera positiva en los maestros, en cuanto a su conocimiento, su conocimiento del contenido pedagógico (CCP), su aprendizaje autorregulado y su autoeficacia, pero estos estudios no han seguido a los maestros dentro de sus aulas.

Estudios han demostrado que los maestros en general (Perry, Phillips y Hutchinson, 2006; Zohar, 1999) y los maestros de las matemáticas en particular (Verschaffel *et al.*, 2007) rara vez activan explícitamente los procesos metacognitivos mientras enseñan (Putnam y Borko, 2000); Randi y Corno, 2000). Además, tanto los docentes profesionales como los aspirantes no monitorean su comprensión efectivamente, ni utilizan representaciones correctas de las condiciones de los problemas, ni aplican adecuadamente otras capacidades metacognitivas en su solución de problemas no rutinarios (Nool, 2012; Koren, 2008). Es fundamental entonces familiarizar a los maestros con los principios de la metacognición.

La investigación en este campo ha abordado tres puntos básicos, todos relacionados con el impacto de la metacognición en el trabajo de los maestros:

1. ¿Cómo aplican los maestros procesos metacognitivos en sus aulas, y cuáles son las relaciones entre la metacognición de los maestros y de los estudiantes?
2. ¿Cómo puede mejorarse la metacognición de los maestros a través de programas de desarrollo profesional?
3. ¿Cuáles son los efectos de las pedagogías metacognitivas en docentes pre-profesionales?

A diferencia de los capítulos anteriores, que se enfocaron principalmente en estudios de la educación matemática o científica, este capítulo también incluye estudios donde los participantes fueron maestros generales, enseñando todas las materias sin distinción entre los dominios.

¿Cómo aplican los maestros los procesos metacognitivos en el aula?

Suponiendo que mejorar la metacognición de los estudiantes es fundamental para promover el aprendizaje y que “uno no puede enseñar lo que no sabe”, la metacognición de los maestros se ha vuelto un área importante de investigación. Los estudios han utilizado observaciones, pensamiento en voz alta, planes de lecciones, entrevistas estructuradas y cuestionarios para evaluar el comportamiento metacognitivo de los maestros en “tiempo real” durante su enseñanza o fuera del aula, cuando a los maestros se les pide que reflexionen sobre sus actividades. En particular, los investigadores han preguntado qué tipo de comportamiento metacognitivo activan los maestros en el salón de clase y cómo afecta al aprendizaje autorregulado (AAR) de los estudiantes y su desempeño.

En 1998, Artzt y Armour-Thomas estudiaron a siete maestros de matemáticas expertos y siete maestros nuevos: los observaron, analizaron grabaciones y los entrevistaron para identificar los tipos de actividades metacognitivas que implementaban en sus clases de matemáticas. Demostraron que los maestros activan procesos metacognitivos durante la planeación de sus lecciones, ordenando las tareas de acuerdo con el entendimiento, intereses y curiosidad anterior de los estudiantes. Durante las lecciones, los maestros monitorean y regulan la enseñanza al adaptar las instrucciones de acuerdo con la información que reciben a del monitoreo del aprendizaje e intereses de los estudiantes. Por ejemplo, los maestros agregaron casos ilustrativos para incrementar el entendimiento de los estudiantes o excluyeron ejemplos para ahorrar tiempo. Finalmente, los maestros orientados por la metacognición evaluaron el logro de sus objetivos en términos del entendimiento de los estudiantes y de cubrir el contenido deseado. También revisaron instrucciones según fue necesario.

Sin embargo, Artzt y Armour-Thomas no implementaron ninguna intervención, ni reportaron hasta qué punto existieron diferencias significativas entre los maestros expertos y los nuevos en la metacognición. Y de más importancia, no examinaron las relaciones entre la metacognición de los maestros y la de los estudiantes.

Casi una década más tarde, Wilson y Bai (2010) profundizaron más en la investigación sobre la metacognición de los maestros al analizar su entendimiento pedagógico de qué significa la metacognición y cómo está relacionado con enseñar a los estudiantes a ser metacognitivos. En este estudio, el entendimiento pedagógico de la metacognición implicaba entender la naturaleza de qué significa enseñar y cómo los estudiantes aprenden estrategias que les impulsan a ser metacognitivos. El análisis de datos de 105 maestros desde preescolar hasta los últimos años de la educación secundaria indicaron que el conocimiento metacognitivo de los participantes tuvo un impacto importante sobre su entendimiento pedagógico de la metacognición. Wilson y Bai observaron que el entendimiento de la metacognición por parte de los maestros fue relacionado con sus percepciones de las estrategias de enseñanza que ayudan a los estudiantes a hacerse metacognitivos. Los resultados también demostraron que “los maestros que tienen un entendimiento profundo de la metacognición reportan que enseñar a los estudiantes a ser metacognitivo requiere de una comprensión compleja tanto del concepto de la metacognición como de las estrategias metacognitivas” (Wilson y Bai, 2010, p. 269).

Wilson y Bai (2010) demostraron además que la comprensión de cada maestro de la metacognición estaba relacionada con las estrategias de enseñanza que consideraba efectivas para ayudar a los estudiantes a hacer metacognitivos. Estas estrategias incluyeron: demostrar, apoyar, enseñar conocimientos condicionales, proporcionar actividades adecuadas para ayudar su pensamiento metacognitivo y dedicar tiempo a ayudar a los estudiantes a ser conscientes

de sus propios procesos cognitivos. Según el entendimiento de los maestros de la metacognición, una persona metacognitiva es alguien que monitorea su comprensión y utiliza estrategias para regularla.

Con fundamento en este estudio, Wilson y Bai (2010) concluyeron que los maestros pueden beneficiar de los programas de desarrollo profesional que enfatizan las diferencias entre la participación y la conciencia cuando orientan a los estudiantes a implementar estrategias metacognitivas. Para ayudar a los docentes pre-profesionales y profesionales a desarrollar este entendimiento pedagógico complejo de la metacognición, los educadores de los maestros deben enfocarse en el conocimiento metacognitivo declarativo, de procedimiento y condicional, y cómo estos tres componentes están relacionados con la aplicación de la metacognición. Como señalan Veenman *et al.* “Los maestros son completamente dispuestos a invertir sus esfuerzos en la enseñanza de la metacognición dentro de sus lecciones, pero necesitan las herramientas para implementarla como una parte fundamental de sus lecciones” (Veenman *et al.*, 2006, p. 10, citado en Wilson y Bai, 2010).

Esta conclusión lleva al tema de los tipos de “herramientas” y ambientes que pueden afectar la metacognición de los maestros. Prytula (2012) aborda este tema con respecto a las comunidades de aprendizaje profesional (CAP). Reporta que los CAP tuvieron un papel efectivo para permitir a los maestros reflexionar sobre su propia metacognición y la de los demás porque ofrecen muchas oportunidades para expresar su pensamiento, discutir problemas que surgieron durante el proceso de enseñanza y examinar sus propias creencias. Prytula demostró que cada participante utilizó el entendimiento de su propia metacognición para influir en el aprendizaje de los demás. Según Prytula, para los maestros, estar conscientes de su metacognición es “un componente fundamental en enseñar y aprender, cuando el maestro es capaz no solamente de reflexionar sobre su pensamiento con el fin de resolver problemas, sino que también está realmente consciente de los tipos de estrategias de pensamiento que se están utilizando en ciertos ambientes” (Prytula, 2012, p. 113). Prytula concluyó que el desarrollo pre-profesional y profesional necesita cambiar su enfoque de la maestría de capacidades a la metacognición.

Implementar pedagogías metacognitivas en programas de desarrollo profesional

Los programas de desarrollo profesional son el espacio lógico para presentar las pedagogías metacognitivas a los maestros. Existen por lo menos dos maneras de hacer esto: la primera es a través de la impartición del conocimiento teórico (por ejemplo, dar conferencias y despertar su conciencia), y la segunda es exponiendo a los maestros a las pedagogías metacognitivas seguidas por la implementación real del método. Considerando la cantidad considerable de investigaciones que demuestran la mayor efectividad de “aprender haciendo” o “aprender de la experiencia” en comparación con la enseñanza teórica (Kolb, 1984), esta sección revisa los resultados de cuatro estudios que siguieron el segundo método que enfatiza “aprender haciendo”. Los estudios fueron implementados en ambientes “tradicionales” que se enfocaron en el conocimiento específico a un dominio, como las matemáticas o la ciencia, o en programas de desarrollo profesionales modificados por las TIC en los que el objetivo principal fue facilitar el uso de varios tipos de tecnología. Cubrieron cursos de desarrollo profesional en la geometría (Koren, 2008), aritmética (Kramarski y Revach, 2009; Mevarech y Shabtay, 2012), y las TIC (Phelps *et al.*, 2004).

La creatividad de los docentes

Koren (2008) fue uno de los primeros investigadores que examinó los efectos de una pedagogía metacognitiva (IMPROVE) en maestros de primaria que participaron en un curso de desarrollo profesional con un enfoque en la geometría. Koren decidió estudiar la enseñanza de la geometría, con o sin soportes metacognitivos, porque los maestros se enfrentan a dificultades importantes al enseñar esta materia en todos los niveles educativos (Swafford, Jones y Thronton, 1997).

Los participantes fueron 30 maestros de primaria, reclutados de 17 escuelas (Koren, 2008). Los maestros fueron asignados aleatoriamente a uno de dos grupos: la mitad fue expuesto a IMPROVE y la otra mitad estudió los mismos temas a través de una enseñanza tradicional sin una capacitación metacognitiva explícita. El tema que estudiaron fue “polígonos: perímetros y áreas” y los resultados analizados fueron el conocimiento del contenido pedagógico (CCP) de los maestros y su desempeño en la geometría. El CCP de los maestros (Shulman, 1986) fue evaluado por cuatro criterios:

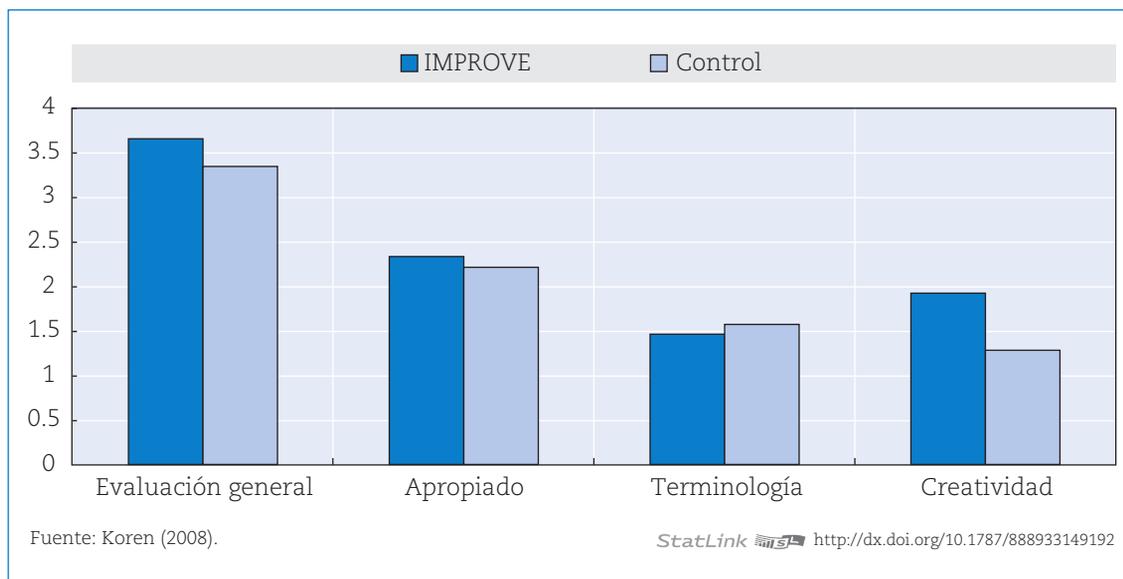
1. Lo apropiado: hasta qué punto las explicaciones proporcionadas corresponden a la situación pedagógica (las calificaciones variaron de 0 a 3).
2. Terminología: hasta qué punto el maestro utilizó la terminología matemática correcta en sus explicaciones (las calificaciones variaron de 0 a 2).
3. Creatividad: hasta qué punto el maestro utilizó ideas originales durante el discurso matemático con los estudiantes (las calificaciones variaron de 1 a 3).
4. Una evaluación general del CCP (las calificaciones variaron de 1 [muy malo] a 6 [excelente]).

Además, los maestros fueron evaluados antes y después de la intervención en su desempeño en geometría.

Aunque no se observaron diferencias significativas entre los grupos en su desempeño posterior al estudio en geometría, se observaron diferencias importantes entre los grupos en su CCP de geometría (tamaño del efecto = 0.30) y la creatividad (tamaño del efecto = 0.88) (figura 8.1). Los maestros de IMPROVE fueron más capaces de proporcionar ideas originales en sus explicaciones que el grupo de control.

Tres factores pueden explicar estos resultados. Primero, es posible que se observaron diferencias significativas únicamente en la categoría de la creatividad porque los maestros de IMPROVE frecuentemente abordaron la pregunta autodirigida de “reflexión” que les orienta a pensar en los problemas de diferentes maneras. Por ende, los maestros de IMPROVE fueron capacitados a reflexionar sobre el proceso de la solución del problema sugiriendo soluciones alternativas, aun cuando la respuesta que obtuvieron era correcta. Segundo, la duración del estudio (cuatro semanas) fue demasiado corto para generar diferencias considerables entre los grupos en el desempeño y otros componentes del CCP. Finalmente, mientras los maestros en este estudio experimentaron la aplicación de los procesos metacognitivos cuando ellos mismos resolvieron los problemas de geometría, no practicaron la implementación de la pedagogía metacognitiva en el aula. Se puede sugerir que tal “aprendizaje de la experiencia” no es suficiente para introducir cambios profundos en la metacognición de los maestros y solamente “aprender haciendo” sería efectivo. Esta hipótesis merece más investigación.

Figura 8.1. Impacto de IMPROVE en el conocimiento del contenido pedagógico.



El conocimiento del contenido pedagógico (CCP) de los docentes

Kramarski y Revach (2009) consideraron los programas de desarrollo profesional desde otra perspectiva. Supusieron que los ambientes de desarrollo profesional convierten a los participantes en docentes y estudiantes al mismo tiempo. Entonces, afirmaron que las cuatro preguntas metacognitivas autodirigidas empleadas por IMPROVE (Mevarech y Kramarski, 1997) tienen que ser modificadas para incluir ambas perspectivas: la del estudiante —que se refiere principalmente a la solución de problemas— y la del instructor —que se refiere principalmente a planear, monitorear y formular el proceso de enseñanza—. En el cuadro 8.1 se presenta la modificación correspondiente de las preguntas autodirigidas.

Los participantes en el estudio de Kramarski y Revach (2009) fueron 64 maestros de matemática de primaria que participaron en un programa de desarrollo profesional con un mes de duración, dirigido a mejorar su conocimiento matemático y pedagógico. El estudio fue parte de un programa de desarrollo profesional de tres años patrocinado por la Secretaría de Educación de Israel. Los maestros fueron asignados aleatoriamente a uno de dos grupos: los que fueron expuestos a la versión modificada de IMPROVE descrito anteriormente, y un grupo de control sin intervención metacognitiva. Los resultados evaluados incluyeron el CCP según el análisis de los planes de lecciones de los maestros y su conocimiento matemático. Los planes de lecciones fueron evaluados de acuerdo con tres categorías: demandas de la tarea, diseño de la tarea y método de enseñanza. En cada categoría las calificaciones fueron en un rango de 0 a 3, sumando a una calificación total de 0 a 9. El conocimiento matemático de los maestros fue evaluado antes y después de la intervención en siete artículos; las calificaciones fueron en un rango de 0 a 7. La evaluación pre-estudio se basó en la “tarea del manzano” del PISA 2003 (pp. 96-97), y la evaluación posterior al estudio presentó una tarea auténtica de trazar una gráfica demostrando los patrones de ahorro de dos niños. Además, el estudio reportó los resultados de un examen de fin de año aplicado con retraso a los maestros administrado anualmente por la Secretaría de Educación de Israel. Ese examen cubrió un gran rango de conocimiento

Cuadro 8.1. Modificando IMPROVE para la capacitación de docentes y alumnos.

Preguntas de IMPROVE	Perspectiva del alumno	Perspectiva del docente
Preguntas de comprensión: • Estructura de la tarea	¿De qué se trata el problema? Identificar: • Tipo de problema • Términos matemáticos • Información proporcionada • La pregunta	¿Cuál es el objetivo o idea principal de la lección? Demostrar: • Tema de la lección • Conocimiento matemático • Explicaciones necesarias en la lección
Preguntas de conexión	¿Cuál es la similitud o diferencia entre los dos problemas/ explicaciones? ¿Por qué? Anota tus razones.	¿Cuál es la similitud o diferencia entre las dos lecciones/ejemplos? ¿Por qué? Anota tus razones.
Preguntas de estrategia: • Declarativo (¿qué?) • De procedimiento (¿cómo?) • Condicional (¿por qué?)	¿Qué estrategia/táctica/principio se puede utilizar y cómo para resolver el problema? ¿Por qué? Anota tus razones.	¿Qué estrategia/táctica/principio se puede utilizar y cómo para planear/enseñar la lección? ¿Por qué? Anota tus razones.
Preguntas de reflexión: • Monitorear y evaluar –durante y después del proceso	¿Entiendo? ¿Es razonable la solución? ¿Cuál es un buen argumento matemático? ¿Puede resolver la tarea de manera diferente?	¿Qué dificultades puedo esperar en la lección? ¿Cómo puede lograr mis objetivos en la lección? ¿Cuál es un buen argumento matemático? ¿Los estudiantes están involucrados de manera activa en la lección? ¿Puedo planear la tarea de otra manera?

matemático y pedagógico. Para simplificar, todas las calificaciones fueron convertidas en porcentajes de respuestas correctas.

En la figura 8.2 se muestran las calificaciones promedias del conocimiento matemático, mientras en la figura 8.3 pueden verse las calificaciones del CCP por tiempo y condición. Las gráficas demuestran que los maestros de IMPROVE tuvieron un mejor desempeño que el grupo de control en la calificación total del conocimiento matemático (Promedio = 88.6 y 76.8; desviación estándar = 7.56 y 10.8, para los grupos de IMPROVE y de control, respectivamente; $F(1,61) = 14.25$, $p < 0.0001$), y en la calificación total de planear una lección ($F(3,60) = 19.17$; $p < 0.0001$) además de todos los componentes excepto el diseño de la tarea. El examen de seguimiento administrado por la Secretaría de Educación también reveló diferencias significativas entre los grupos tanto en el conocimiento matemático (promedio = 87.7 y 75.66; desviación estándar = 7.56 y 10.11 para grupos de IMPROVE y de control, respectivamente; $F(1,62) = 30.30$, $p < 0.001$) y el conocimiento pedagógico (promedio = 83.97 y 68.79; desviación estándar = 15.65

Figura 8.2. El impacto de IMPROVE sobre el conocimiento matemático de los docentes.

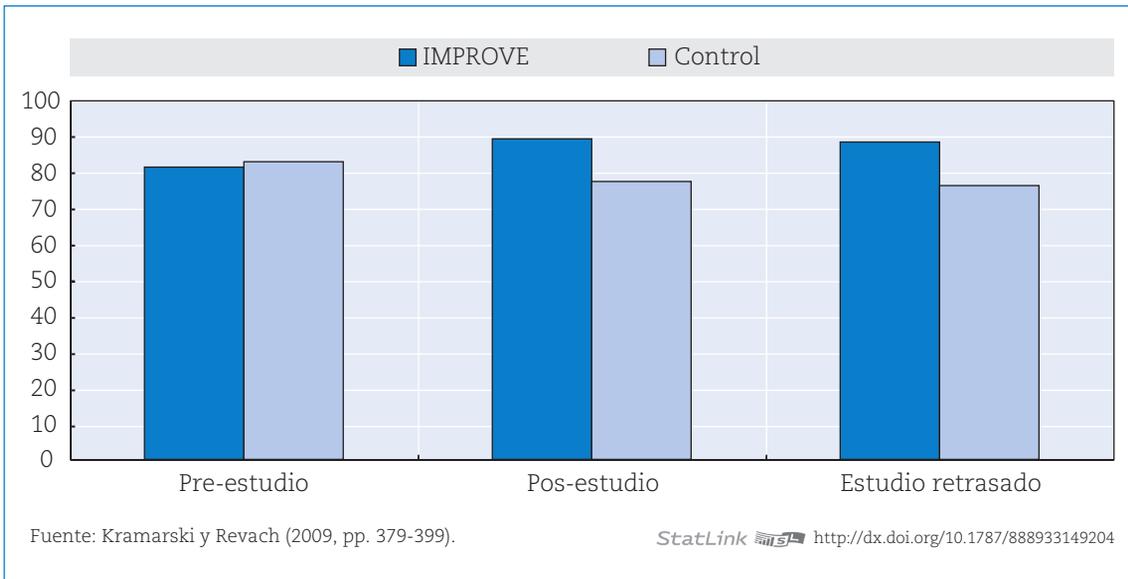
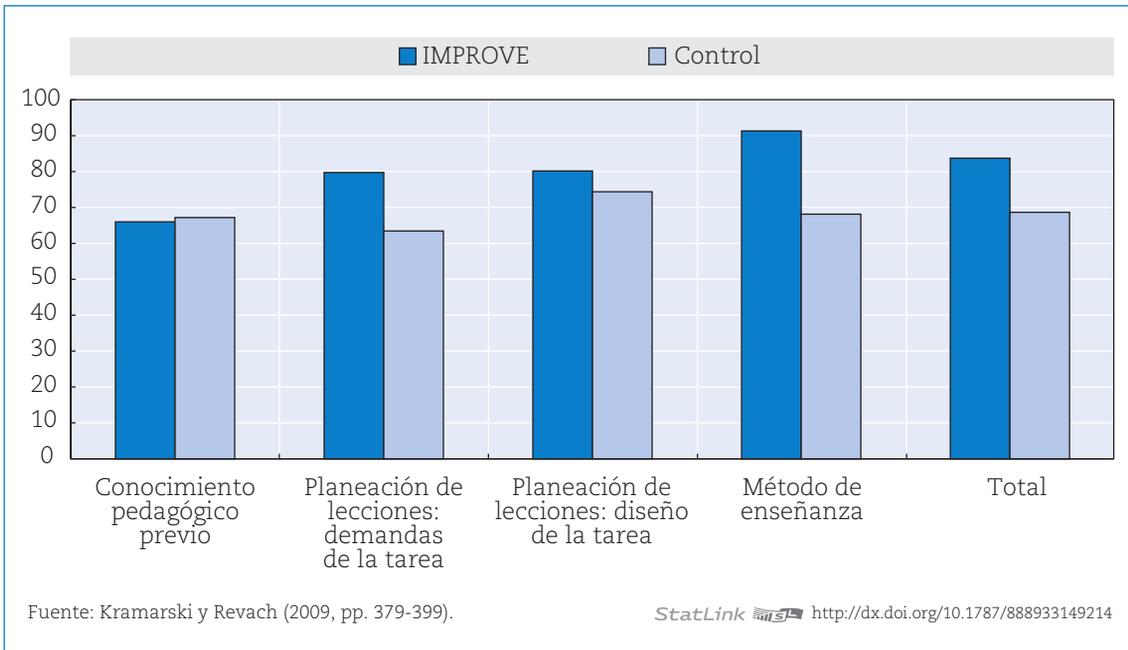


Figura 8.3. El impacto de IMPROVE sobre el conocimiento del contenido pedagógico de los docentes.



y 14.46 para grupos de IMPROVE y de control, respectivamente; $F(1,62) = 11.46, p < 0.001$). Además, los análisis de interacciones grabadas que mostraron la enseñanza de un maestro de IMPROVE y uno del grupo de control indicaron que el maestro de IMPROVE fue más capaz de guiar a sus alumnos a activar los procesos metacognitivos y de promover el entendimiento entre los estudiantes.

Estos resultados amplían los resultados de estudios anteriores que demuestran los efectos de IMPROVE en los resultados escolares. Mientras los estudios revisados en capítulos anteriores demostraban los efectos positivos de IMPROVE en la solución de problemas CUN y rutinarios por parte de los estudiantes, este estudio demuestra efectos semejantes en el conocimiento matemático y pedagógico de los maestros, así como en la planeación de sus lecciones. Es interesante notar que tanto para los alumnos como para los maestros los efectos de IMPROVE se observaron no solamente en las evaluaciones inmediatas, sino en un examen de alto impacto aplicado con retraso (ver Capítulo 5, secciones sobre situaciones de alto impacto y efectos inmediatos y duraderos).

Evaluación del aprendizaje (EA) de los docentes

Si bien los programas de desarrollo profesional exigen a los maestros a tomar a la vez el papel de estudiantes y maestros, sería interesante examinar cómo los maestros evalúan su aprendizaje en estos contextos, y si esperan aplicar lo que han aprendido en la capacitación en su trabajo como docentes. Mevarech y Shabtay (2012) abordaron estos temas.

La evaluación del aprendizaje es un componente singular de la metacognición. Se refiere a las habilidades del individuo para evaluar hasta qué punto recordarían una tarea particular después de cierto tiempo, sea una hora, un día, una semana, un mes o un año. Por ejemplo, se les pide a los alumnos pronosticar la probabilidad de que recuerden la definición de un paralelogramo el siguiente año, o si podrán resolver un problema de velocidad-tiempo-distancia el siguiente mes. Los alumnos basan sus procesos de monitoreo y control en su evaluación del aprendizaje. Cuando los estudiantes piensan que no están suficientemente preparados para un examen, dedicarán más tiempo para estudiar y probablemente elegirán las estrategias a aplicar para mejorar su aprendizaje.

La investigación en psicología ha hecho hincapié en entender la EA, sus mecanismos e impacto en la memoria. En una serie de estudios realizados en condiciones de laboratorio, los investigadores (Koriat, 2008) demostraron que cuando los participantes consideran que los materiales a aprender son fáciles, su EA es alta y piensan que sería fácil recordar estos materiales. Koriat denominó a estos resultados: “fácil de aprender-fácil de recordar”.

La manera en la que los alumnos evalúan su aprendizaje aplica a estudiantes de todas las edades, incluyendo a maestros que participan en programas de desarrollo profesional. Si los maestros en un programa de desarrollo profesional piensan que no es probable que recuerden todo el material enseñado en el curso, también es poco probable que aplicarán el material en sus clases.

Al considerar los altos costos de programas de desarrollo profesional, las autoridades se interesan en cómo los maestros evalúan su aprendizaje en tales programas. Es entonces importante identificar las condiciones que incrementarían la EA de los docentes.

Mevarech y Shabtay (2012) diseñaron un estudio en el que examinaron la EA de los maestros bajo diferentes condiciones. En ese estudio, los maestros de matemáticas de primaria que participaron en un programa de desarrollo profesional fueron asignados aleatoriamente a uno de dos grupos de dirigidos por el mismo instructor: un grupo estudió utilizando la metodología de IMPROVE, y el otro de manera tradicional sin intervención metacognitiva explícita. Hacia la etapa final del curso, y de nuevo casi un mes después, los dos grupos tuvieron que evaluar su aprendizaje. El cuestionario de la EA pidió a los participantes an-

tipicar qué tan seguros estaban de recordar en un mes los conceptos matemáticos, tareas y ejemplos específicos impartidos en el curso. Un cuestionario abierto evaluó la precisión de la evaluación del aprendizaje de los maestros al pedirles que dieran ejemplos de los conceptos, tareas y ejercicios del curso. La sección de respuesta abierta siguió el cuestionario de EA.

Los resultados indican que mientras no se observaron diferencias significativas entre los grupos antes del inicio del estudio, el grupo de IMPROVE tuvo mejores calificaciones y logró más precisión en su evaluación del aprendizaje que el grupo de control. Aún más remarcable es que mientras únicamente 16% del grupo de control dijo que aplicaría lo que aprendió en la capacitación en sus clases, cerca de 70% (68.6%) de los maestros de IMPROVE dijeron que lo harían. En la figura 8.4 se presenta las calificaciones promedio de la evaluación del aprendizaje de los maestros al final de la capacitación y después de un mes; en la figura 8.5 se muestra la precisión de la evaluación del aprendizaje de los maestros con respecto a los conceptos, tareas y ejemplos impartidos en el curso del desarrollo profesional.

En resumen, los estudios aquí revisados demostraron que aplicar soportes metacognitivos a programas de desarrollo profesional tiene efectos positivos en el conocimiento matemático, EA y CCP de los maestros. Sin embargo, todos estos estudios fueron implementados en aulas tradicionales sin TIC. ¿Se observarían resultados similares en programas de desarrollo profesional que enfatizaran el uso de esas tecnologías de información y comunicación? Este tema se aborda a continuación.

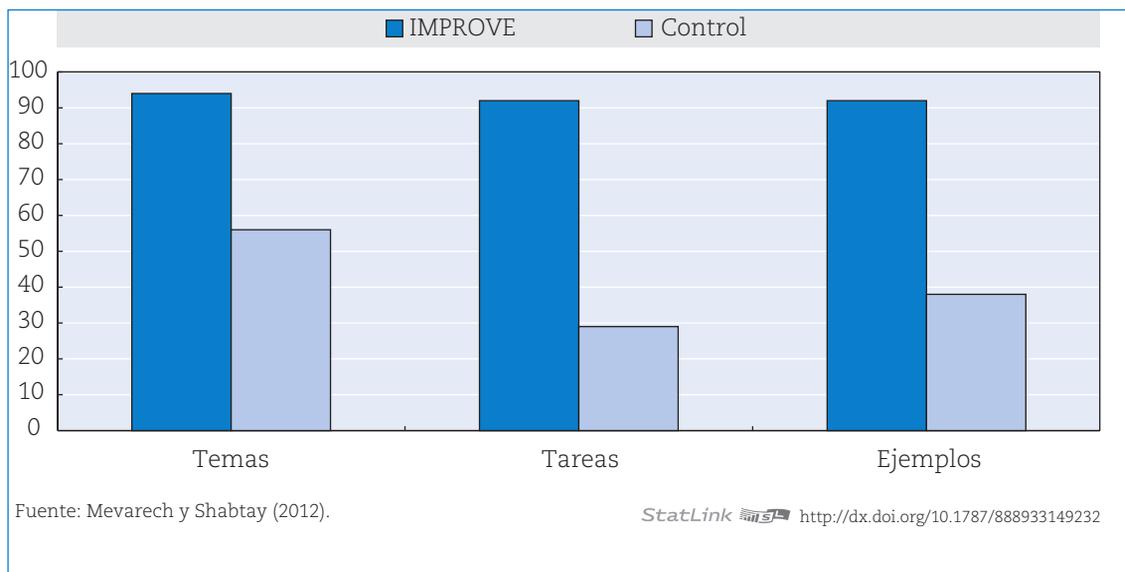
El crecimiento profesional de los docentes en programas de desarrollo profesional basados en TIC

Al tener en cuenta las fortalezas y limitaciones de los ambientes de las TIC (ver Capítulo 7), Phelps, Graham y Kerr (2004, p. 49) propusieron incorporar un método metacognitivo a estos

Figura 8.4. El impacto de IMPROVE sobre la evaluación del aprendizaje.



Figura 8.5. El impacto de IMPROVE sobre la precisión de la evaluación del aprendizaje de los docentes.



ambientes para que “en vez de ‘imponer’ a los alumnos objetivos o resultados específicos, los participantes sean impulsados a identificar, expresar y perseguir metas relevantes a ellos mismos, incluyendo aquellos relacionados con las capacidades, actitudes, confianza, valores y comprensión, integración y liderazgo escolar”.

Una muestra de 40 maestros de secundaria, en representación de 7% de los maestros de secundaria en un distrito escolar, participaron en un estudio realizado durante un curso de desarrollo profesional que duró dos periodos escolares. Los participantes asistieron a dos talleres basados en la interacción a ritmo individual con recursos impresos, de discos compactos y en la red, y participaron en comunicaciones en línea. El proceso metacognitivo fue dirigido a través del primer taller y un “Módulo de pensamiento” impreso. Los maestros fueron evaluados antes y después de la intervención.

Phelps, Graham y Kerr (2004, p. 56) reportaron que incorporar a las TIC dentro de la pedagogía metacognitiva mejoró considerablemente el desarrollo de las habilidades en cómputo e influyó en la disposición de los maestros a aplicar su aprendizaje y reflexión metacognitivos no únicamente a su desarrollo profesional sino también a las interacciones con sus alumnos y colegas en sus escuelas. Además, la mayoría de los maestros (37 de 40) expresaron opiniones positivas o muy positivas en torno al uso de los procesos metacognitivos. Se observaron resultados parecidos en estudios realizados por Bayer (2002) y Vrieling, Bastiaens y Stijnen (2012), que también investigaron los efectos de la pedagogía metacognitiva incorporada en programas de desarrollo profesional enfocados en el uso de las TIC. Phelps *et al.* concluyeron:

Estos resultados indican que el método metacognitivo tienen resultados e implicaciones más amplios que únicamente una aproximación al desarrollo profesional en las TIC. En cambio, las TIC se utilizan como un medio para facilitar que los maestros se enfrenten a temas más amplios acerca de su propio aprendizaje junto con el de sus alumnos y colegas. La aproximación metacognitiva también fomenta activamente la formación de estructuras y redes

de soporte que podrían apoyar al aprendizaje de los maestros más allá que el tiempo que participen en las iniciativas del desarrollo profesional. Como tal, se vuelve un vehículo importante para apoyar los procesos de cambio dentro del contexto escolar (Phelps, Graham y Kerr, 2004).

Los efectos de las pedagogías metacognitivas en docentes pre-profesionales

De manera paralela a la implantación de las pedagogías metacognitivas en los programas de desarrollo profesional para docentes, se han realizado varios intentos para aplicar este método a la formación de docentes pre-profesionales. Los estudios fueron aplicados en ambientes de aprendizaje con y sin TIC. Mientras los programas de desarrollo profesionales modificados por las TIC pretendieron principalmente mejorar el uso general de la tecnología, los programas sin esas tecnologías de información y comunicación se enfocaron en la enseñanza de dominios específicos, como las matemáticas o la ciencia. El uso de diferentes tipos de TIC —por ejemplo, hipertextos, aprendizaje en línea, Internet) llevó a los investigadores a diseñar estudios para evaluar sus efectos en varios resultados, entre ellos el CCP, AAR, ASE o el uso de las TIC.

Los estudios sobre los efectos de incluir soportes metacognitivos en los programas de desarrollo profesional basados en TIC han seguido dos líneas de investigación. La primera analiza los efectos de los cursos de desarrollo profesional basados en el uso de una tecnología en específico. La segunda compara los programas de aprendizaje electrónico con los tradicionales en contextos presenciales.

Agregar soportes metacognitivos a un curso de una sola tecnología

Kramarski y Michalsky (2010) realizaron un estudio con 95 docentes de secundaria pre-profesionales matriculados en un curso obligatorio de primer año, “Diseño de Actividades de Aprendizaje en un Ambiente de Hipermedia”. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a una de dos condiciones: utilizar hipermedia con o sin soportes metacognitivos (N = 47 y 48, respectivamente). Los resultados fueron evaluados de acuerdo con dos dimensiones: el conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (CCPT) y el aprendizaje autorregulado. El CCPT se refiere a la comprensión de un módulo de estudio estructurado y la capacidad de utilizar la tecnología a diseñar un módulo de dos lecciones sobre el tema “los efectos de las drogas en la vida de las personas”. El AAR fue evaluado por el Cuestionario de Estrategias Motivadas para el Aprendizaje de 50 preguntas (MSLQ, por sus siglas en inglés; Pintrich, Smith, García y McKeachie, 1991). El MSLQ midió los tres componentes del AAR: la cognición, la metacognición y la motivación, todas adaptadas al contexto pedagógico.

Los resultados indicaron que el grupo de hipermedia + metacognición tuvo un desempeño considerablemente mejor que los estudiantes de sólo hipermedia tanto en el CCPT —la comprensión y el diseño de lecciones— como el AAR —cognición, metacognición y motivación—. En las figuras 8.6 y 8.7 se presentan las calificaciones promedio en el CCPT y AAR por tiempo y condiciones.

Mientras Kramarski y Michalsky estudiaron el contexto de las TIC de manera integral, Kauffman, Ge, Xie y Chen (2008) investigaron cómo la manipulación de los estímulos de

Figura 8.6. El efecto del soporte metacognitivo en el conocimiento del contenido de tecnología pedagógica.

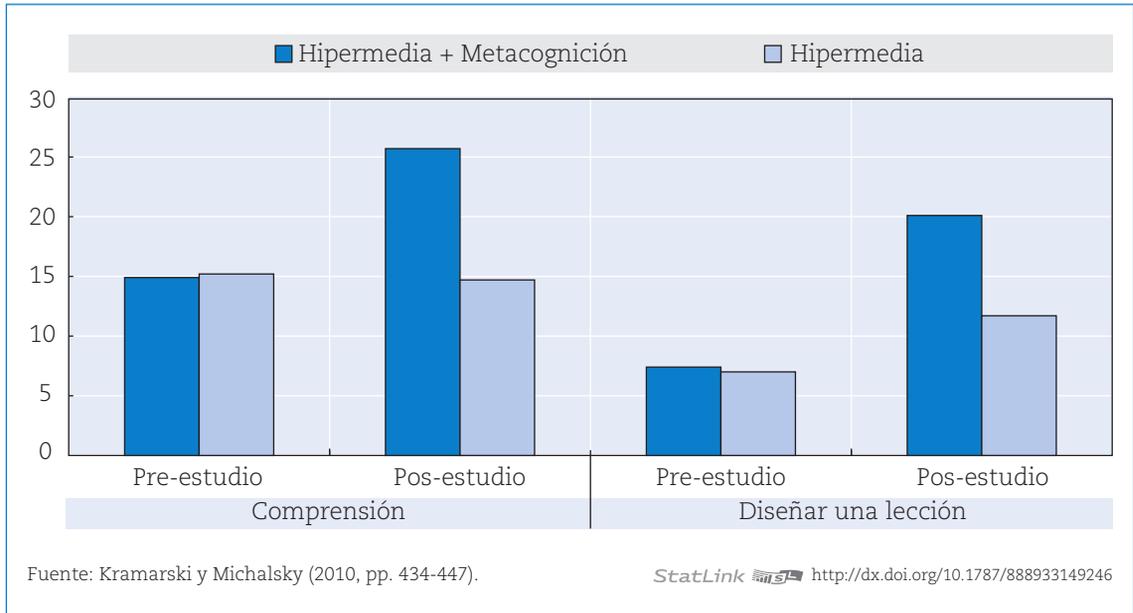
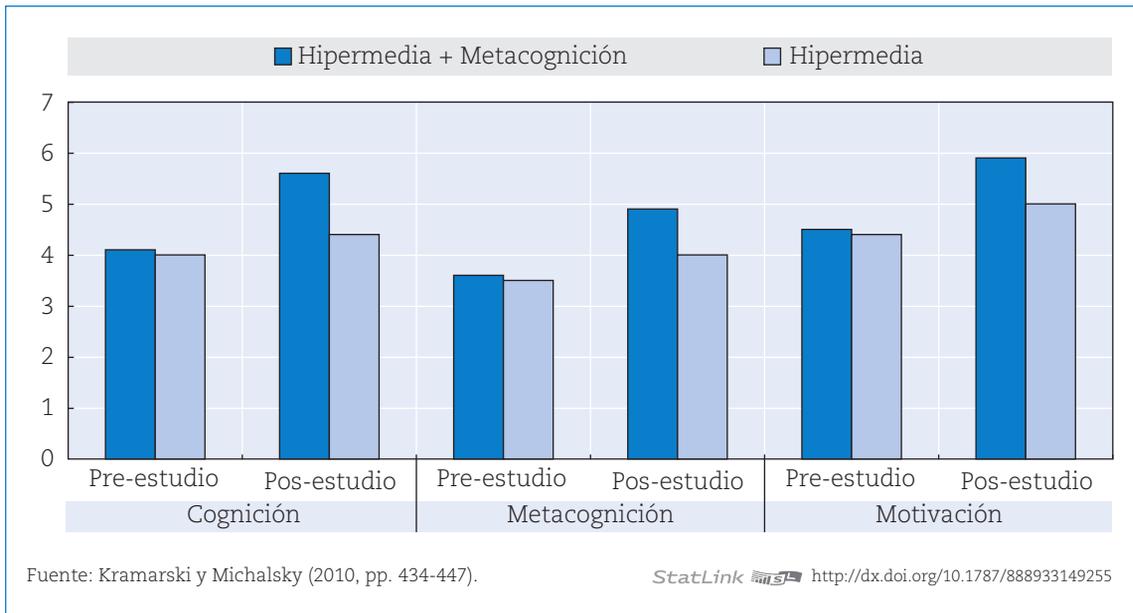


Figura 8.7. El efecto del andamio/soporte metacognitivo en el aprendizaje autorregulado.



solución de problemas y la autorreflexión incidieron en la habilidad de los docentes pre-profesionales para resolver casos pedagógicos complejos de simulación en un ambiente de aprendizaje basado en la red. Diseñaron estudio de 2x2 donde un factor fueron los estímulos de solución de problemas —aplicados o no aplicados— y el otro fue estímulos de reflexión —aplicados o no aplicados—. Las preguntas de solución de problemas incluyeron:

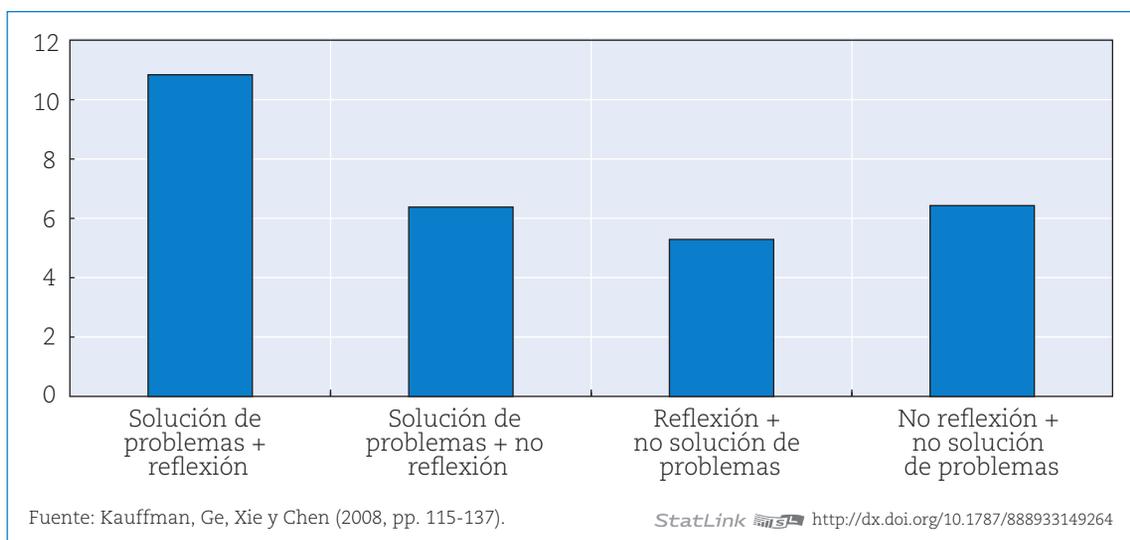
“¿Qué consideras como el problema principal? ¿Por qué eso es un problema? ¿Cuáles son las posibles soluciones a este problema?” La pregunta de reflexión fue “¿Qué tan seguro estás que has identificado el problema principal?” Las mediciones incluyeron análisis de los participantes en dos estudios de caso con escenarios auténticos que describen a un maestro con dificultades vinculadas con el manejo de la clase. Las respuestas escritas de los participantes fueron evaluadas por su claridad, flexibilidad, desarrollo de la argumentación y una evaluación total.

Los resultados indicaron que los docentes pre-profesionales que recibieron ambos estímulos, de solución de problemas y de reflexión, tuvieron un mejor desempeño que los otros grupos en la claridad, flexibilidad, desarrollo de la argumentación y evaluación total, pero no se observaron diferencias significativas entre los otros tres grupos. En la figura 8.8 pueden verse las calificaciones promedio por condición.

Parece entonces que “estimular a los estudiantes con preguntas diseñadas a apoyar su uso de las estrategias de solución de problemas (y quizá otras estrategias) es una técnica efectiva de ayudarlos a navegar exitosamente los ambientes basados en la red tradicionales” (Kauffman, Ge, Xie y Chen, 2008, p. 132). Los estímulos proveen una orientación para identificar los objetivos, monitorear el progreso y reflexionar sobre los resultados. Kauffman, Ge, Xie y Chen (2008, p. 133) concluyeron lo siguiente:

Es evidente que los estímulos de solución de problemas ejercieron una influencia positiva en cómo los estudiantes escribieron y pensaron en el problema, pero solamente si los estímulos de solución de problemas fueron seguidos por estímulos de reflexión [...De manera paralela] ofrecer a los estudiantes una oportunidad de reflexionar sobre su propio trabajo es una técnica efectiva para mejorar la solución de problemas y el desempeño, pero solamente cuando se acompaña de una comprensión clara del proceso de solución de problemas. Por ende, los docentes y diseñadores de currículos deberían de generar oportunidades no solamente para identificar claramente la tarea de aprendizaje, sino también ayudar a los estudiantes a saber cuándo y cómo reflexionar sobre su trabajo antes de entregar la solución.

Figura 8.8. El impacto de estímulos de solución de problemas y de reflexión en el análisis de casos.



Comparación del aprendizaje electrónico con los ambientes presenciales

La segunda línea de investigación comparó los efectos de los programas de desarrollo profesional basados en el aprendizaje en línea (AL) con el aprendizaje tradicional en contextos presenciales (F2F) con y sin soportes metacognitivos. Esto genera cuatro condiciones de aprendizaje: AL con metacognición, F2F con metacognición, AL sin metacognición y F2F sin metacognición. Kramarski y Michasky (2009) compararon los efectos de estas cuatro condiciones en 194 docentes pre-profesionales. Su crecimiento profesional fue evaluado por MSLQ (Pintrich *et al.*, 1991), adaptado al contexto pedagógico —cognición, metacognición y motivación—, y CCP —diseñar un módulo de aprendizaje—. Las calificaciones del AAR para cada componente oscilaron desde 1 a 7; las calificaciones del CCP oscilaron de 1 a 24.

Los resultados indicaron que los estudiantes expuestos al soporte metacognitivo en un ambiente de aprendizaje en línea o presencial tuvieron un mejor desempeño que sus colegas que estudiaron en los mismos ambientes sin soporte metacognitivo. En la figura 8.9 se muestra las calificaciones promedio en el aprendizaje autorregulado —cognición, metacognición y motivación— por tiempo y condición; en la figura 8.10 pueden verse las calificaciones totales promedias del CCP por tiempo y condición.

Estos resultados coinciden con los resultados de Zion, Michasky y Mevarech (2005) que examinaron los efectos diferenciales de los mismos cuatro ambientes de aprendizaje en la habilidad científica de estudiantes de preparatoria (ver Capítulo 7, sección sobre las redes de aprendizaje asincrónicas). En ambas investigaciones, la exposición al soporte metacognitivo en los ambientes electrónicos o presenciales produjo las calificaciones promedias más altas para el CCP y la habilidad científica, respectivamente.

Figura 8.9. El efecto de la metacognición en el aprendizaje autorregulado en contextos de aprendizaje presenciales y virtuales.

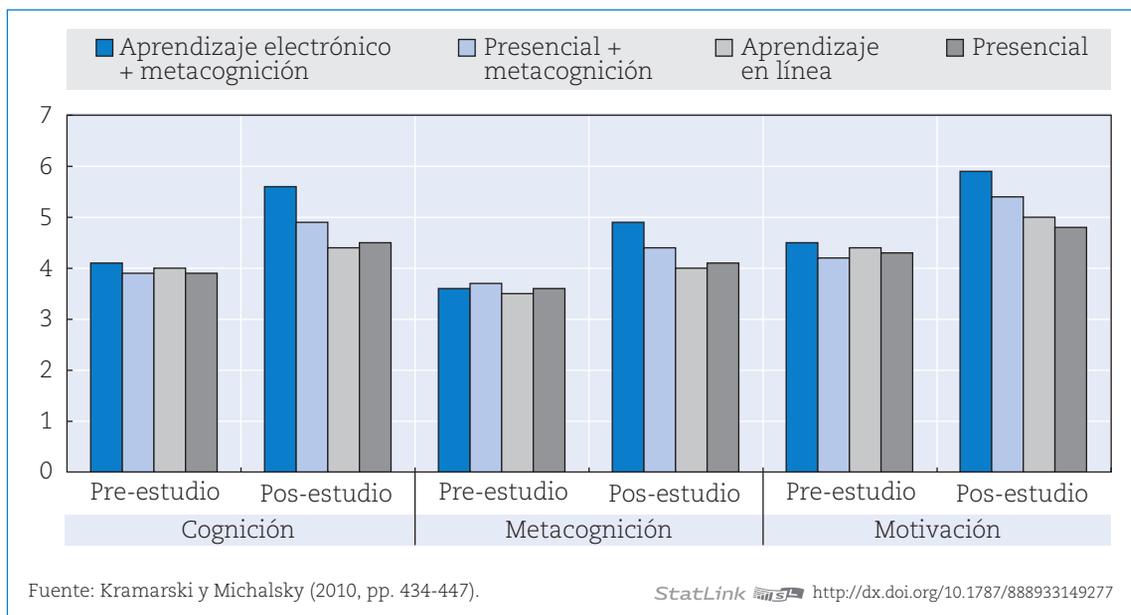
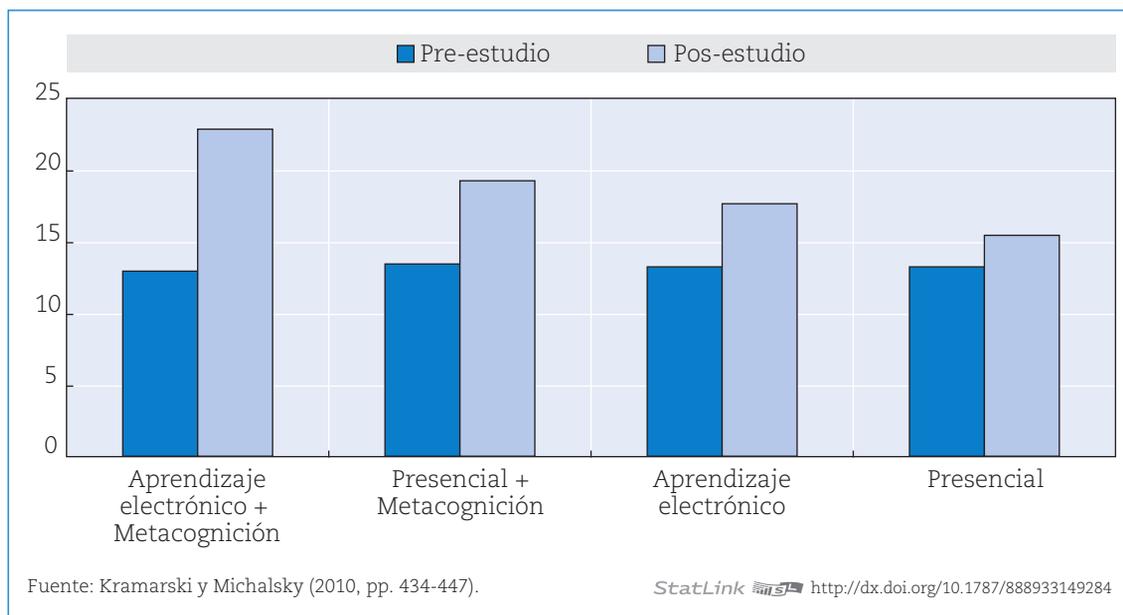


Figura 8.10. El efecto de la metacognición en el conocimiento del contenido pedagógico en contextos de aprendizaje virtuales y presenciales.



Utilizar la metacognición en contextos tradicionales

Los investigadores han examinado los efectos de los programas de desarrollo profesional implantados en contextos tradicionales sin las TIC. En particular, han estudiado cómo la manipulación de diferentes tipos de estímulos metacognitivos podría incidir en el crecimiento profesional de los docentes prospectivos. Una serie de estudios que mira dentro de la “caja negra” de los programas de desarrollo pre-profesionales abordó el tema desde esta perspectiva. Por ejemplo, en respuesta a la hipótesis que el apoyo efectivo de la autorregulación debería de promover las *capacidades* (la metacognición) de los estudiantes y su *voluntad* (motivación), Kohen y Kramarski (2012) investigaron los efectos de apoyo de la autorregulación que combina los componentes de la metacognición y motivación en la motivación, metacognición y conocimiento del contenido pedagógico de los docentes practicantes.

Un total de 97 participantes asistieron a un curso obligatorio de “micro-enseñanza” basado en simulaciones de roles en que los docentes practicantes tomaron el papel de un maestro en frente de sus colegas, quienes tomaron el papel de los estudiantes. Cada “actividad de enseñanza” de los participantes duró 10 minutos, seguido por una sesión de retroalimentación por los colegas y el instructor.

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a uno de dos grupos: soporte reflexivo (SR) en el que se proporcionó el soporte de la autorregulación, y sin soporte a manera de grupo de control. El grupo del soporte reflexivo fue explícitamente expuesto al uso de la autorregulación aplicada en IMPROVE (Mevarech y Kramarski, 1997) y aspectos motivacionales (Efklides, 2008; Pintrich, 2000) y practicó ejercicios pedagógicos. La autorregulación fue tratada al enfocarse en *qué* aspectos son importantes y *por qué*, y *cómo* y *cuándo* implementarlos en el aula. El aspecto metacognitivo se refería a aumentar la motivación de los estudiantes, utilizando medios como introducciones emocionantes a las lecciones o demostraciones

interesantes. El grupo sin soporte reflexivo fue expuesto a marcos pedagógicos teóricos (Shulman, 1986) y discutió temas pedagógicos (entre ellos la estructura de la lección y la interacción estudiante-maestro).

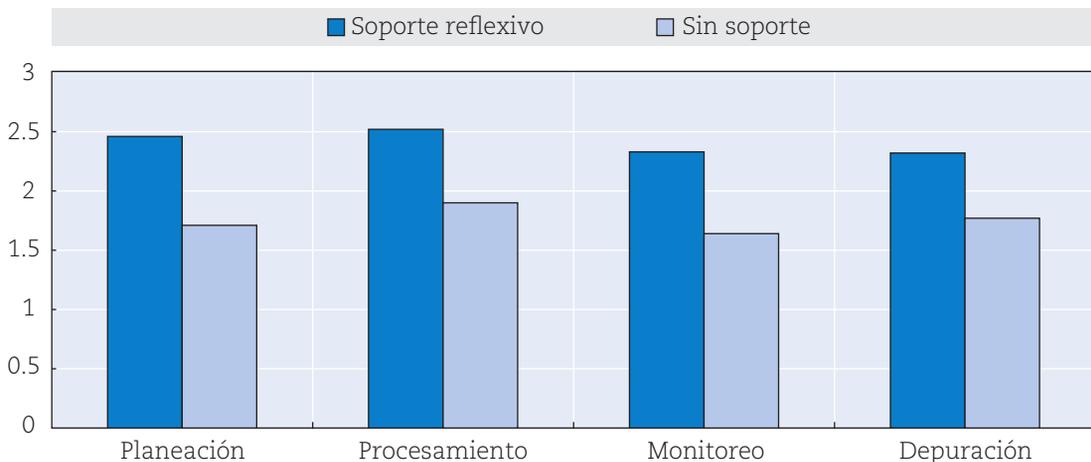
Las experiencias de los maestros practicantes fueron grabadas y transcritas. El proceso de autorregulación fue evaluado utilizando un esquema para codificar eventos durante el comportamiento en tiempo real de los maestros, según dos aspectos principales: 1) la metacognición —la planificación, el manejo de la información, el monitoreo, la depuración y la evaluación—; y 2) variables afectivas como la motivación, la autoeficacia y la ansiedad de enseñar. El aspecto de la motivación fue evaluado por el MSLQ (Pintrich *et al.*, 1992).

Los resultados indicaron que el grupo expuesto al soporte reflexivo obtuvo calificaciones promedio ¿más altas en la metacognición, la autoeficacia y el comportamiento motivacional. Además, el grupo del soporte reflexivo manifestó menos ansiedad que el grupo sin soporte reflexivo (figuras 8.11 y 8.12). Los resultados coinciden con estudios anteriores que demuestran los efectos del método combinado en los resultados de la cognición y afectivos (ver Capítulo 6).

Aunque el estudio tuvo resultados prometedores para los efectos del soporte reflexivo, su diseño está basado en la combinación de dos estímulos metacognitivos: la cognición y la motivación. Este diseño eliminó la posibilidad de analizar la contribución específica de cada componente por sí solo en el crecimiento profesional de docentes pre-profesionales. Michalsky (2012) planteó que podría haber diferencias entre los docentes pre-profesionales expuestos al soporte metacognitivo que se enfoca en el componente cognitivo (Cog), quienes están expuestos al soporte metacognitivo que aumenta la motivación (Mot), y los que están expuestos al soporte metacognitivo que enfatiza ambos componentes (CogMot). Comparó estos tres grupos a un cuarto grupo sin soporte metacognitivo (No Meta). El soporte metacognitivo se basó en una versión de IMPROVE modificado para corresponder a los propósitos de cada condición. En el cuadro 8.2 pueden verse las modificaciones.

Los participantes en el estudio fueron 188 maestros pre-profesionales de ciencia y asignados de manera aleatoria a una de las cuatro condiciones. Todos los participantes fueron evaluados antes y después del estudio en su crecimiento profesional, evaluado en este estudio

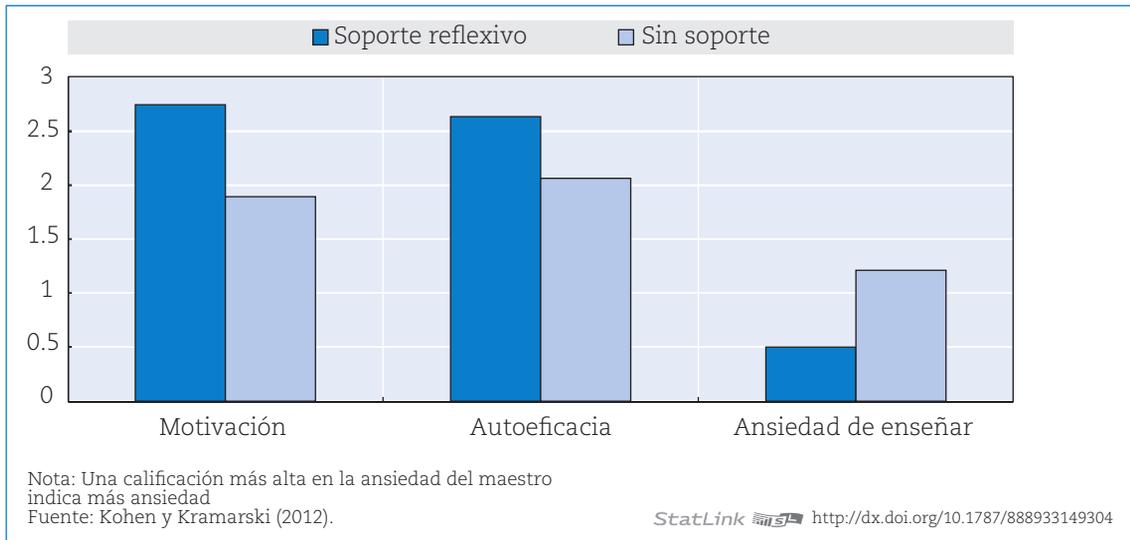
Figura 8.11. El efecto del soporte reflexivo en planificar, procesar, monitorear y eliminar fallas.



Fuente: Kohen y Kramarski (2012).

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933149297>

Figura 8.12. El efecto del soporte reflexivo en la motivación, autoeficacia y ansiedad de enseñar.



Cuadro 8.2. Tipos de auto-cuestionamiento de IMPROVE y sus componentes SRL incorporados en tareas PCK.

Pregunta tratada	Componente del AAR	
	Cognitivo-Metacognitivo	Motivacional
Comprensión	¿De qué se trata el fenómeno? ¿Cuál es el problema/tarea que requiere investigación?	¿Cuál es tu motivación para resolver el problema/tarea? Explica. ¿Qué harás si tienes dificultades?
Conexión	¿Qué sabes acerca del fenómeno? ¿Cuáles son las similitudes/diferencias entre el problema/tarea en cuestión y otros que has encontrado anteriormente? Por favor explica tu razonamiento.	¿Cuáles son las similitudes/diferencias entre tu motivación/esfuerzos/auto-eficacia en el problema/tarea en cuestión y otros que has resuelto anteriormente? ¿Por qué?
Estrategia	¿Cuáles son las estrategias de indagación adecuadas para resolver el problema/tarea?	¿Cuándo/cómo deberías de implementar una estrategia de motivación en particular para resolver el problema/tarea? ¿Qué estrategias motivacionales son adecuadas para resolver el problema/ tarea?
Reflexión	¿Tiene sentido la solución? ¿Puedes diseñar el experimento/tarea de otra manera? ¿Cómo? Por favor explica tu razonamiento.	¿Te sientes bien en torno a tu motivación/esfuerzos/auto-eficacia al entender el problema/tarea? ¿Puedes motivarte de otra manera? ¿Cómo? Explica.

junto con tres dimensiones: el aprendizaje autorregulado (AAR) en un contexto pedagógico de la ciencia, el conocimiento metacognitivo pedagógico y la autoeficacia para enseñar la ciencia.

Los resultados indicaron que los tres grupos metacognitivos tuvieron mejor desempeño que el grupo de control sin soporte metacognitivo en todas las mediciones del crecimiento profesional. Además, dentro de los grupos metacognitivos el grupo combinado (CogMet) obtuvo las calificaciones promedio más altas en todas las mediciones, mientras no se observaron diferencias significativas entre el soporte metacognitivo basado en un componente (cognitivo o motivacional). En las figuras 8.13, 8.14 y 8.15 se presentan las calificaciones promedio para el AAR —cognición, metacognición y motivación—, el conocimiento metacognitivo —declarativo, de procedimiento y condicional— y la autoeficacia por tiempo y condición.

Estos resultados coinciden con el estudio anterior de Michalsky con estudiantes de décimo grado (ver Capítulo 6, sección sobre la autoeficacia). En ambos estudios se observó que proporcionar una pedagogía metacognitiva basada en la cognición —la solución de problemas— o la motivación fue una condición necesaria pero no suficiente para mejorar el desempeño, mientras la combinación de los dos componentes tuvo efectos más fuertes que cada componente por sí solo. El hecho de que los resultados de ambos estudios son parecidos aumenta la probabilidad de que se pueden generalizar a otros contextos que también utilizan una versión modificada del soporte metacognitivo —por ejemplo, IMPROVE— en el que los componentes cognitivos y metacognitivos motivacionales son combinados.

Conclusión

Los estudios revisados en este capítulo demuestran cómo el soporte metacognitivo tiene un papel fundamental en los programas de desarrollo profesional para docentes tanto

Figura 8.13. El efecto de intervenciones diferentes en el aprendizaje autorregulado entre docentes pre-profesionales.

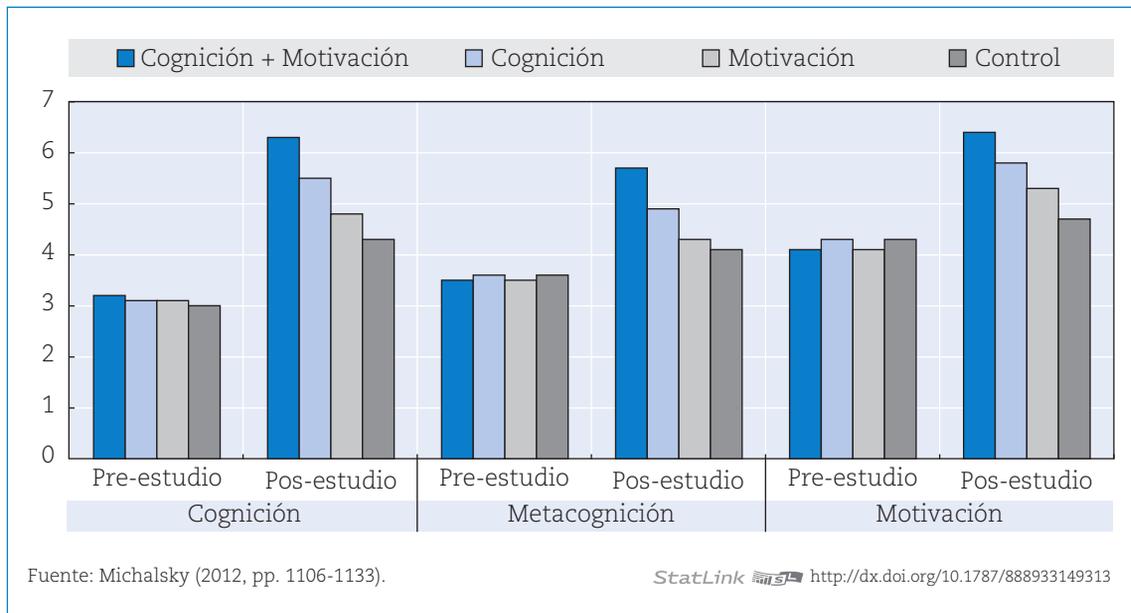


Figura 8.14. El efecto de las intervenciones diferentes en el conocimiento metacognitivo entre docentes pre-profesionales.

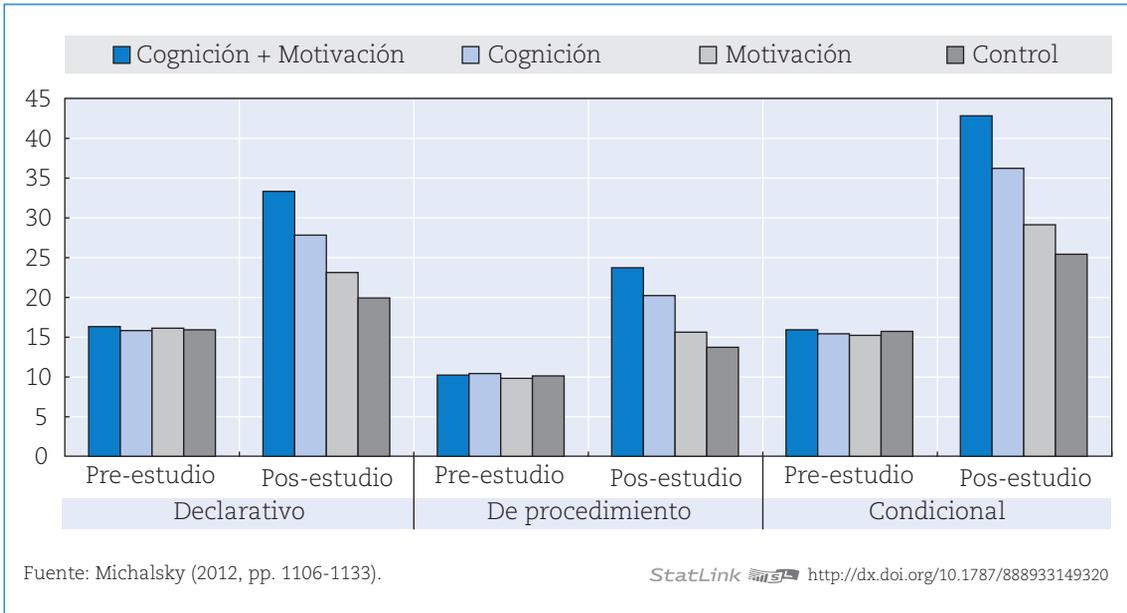
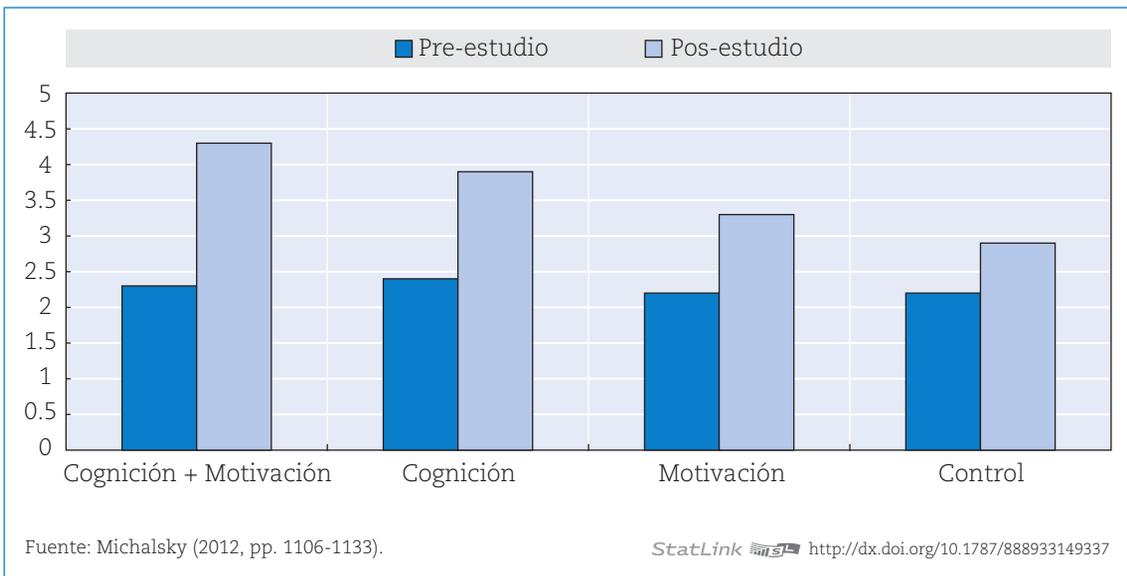


Figura 8.15. El efecto de diferentes intervenciones en la autoeficacia entre docentes pre-profesionales.



pre-profesionales como profesionales. Las intervenciones metacognitivas refuerzan los efectos de estos programas en el crecimiento profesional de los maestros como indican las evaluaciones de su CCP, metacognición, evaluación del aprendizaje, confianza y autoeficacia. Por ende, estos resultados tienen implicaciones importantes para el diseño de esos programas:

- Pedir a los docentes que reflexionen sobre si su trabajo tiene efectos positivos sobre sus propias capacidades de solución de problemas además de las de los estudiantes. Por ende, los programas de desarrollo profesional, basados en las TIC o no, podrían mover su enfoque de únicamente el contenido y capacidades que se van a enseñar hacia la reestructuración de los contextos para aplicar pedagogías metacognitivas que enriquecen el crecimiento profesional de los maestros.
- Parece que las pedagogías metacognitivas que combinan los componentes cognitivos y motivacionales son más efectivas que las que aplican solamente un componente. Ya que las pedagogías metacognitivas actuales, como IMPROVE, suelen estar basadas en preguntas autodirigidas genéricas, debería ser fácil modificarlas para incluir ambos componentes.
- Como “aprender haciendo” y “aprender de las experiencias” son métodos de capacitación efectivos, los programas de desarrollo profesional basados en proporcionar soportes metacognitivos deberían de ser reestructurados según sea necesario.
- Ninguno de los estudios revisados en este capítulo siguieron a los docentes para observarlos en sus aulas y descubrir hasta qué punto realmente pusieron en práctica lo aprendido en los programas de desarrollo profesional. Este tema será fundamental para evaluar la efectividad de los programas de desarrollo profesional para docentes pre-profesionales y profesionales, y definitivamente merece más investigación.

Conforme siga avanzando el campo de la metacognición en general, y el de las pedagogías metacognitivas en particular, los programas de desarrollo profesional deberían informarse por esta investigación y actualizarse de manera correspondiente.

Referencias

- Artzt, A.F., y Armour-Thomas, E. (1998). “Mathematics teaching as problem solving: A framework for studying teacher metacognition underlying instructional practice in mathematics”. *Instructional Science*, 26, 5-25.
- Efklides, A. (2011). Interactions of metacognition with motivation and affect in self-regulated learning: The MASRL model. *Educational Psychologist*, 46(1), 6-25.
- Efklides, A. (2008). Metacognition: Defining its facets and levels of functioning in relation to self-regulation and co-regulation. *European Psychologist*, 13(4), 277-287.
- Hurme, T.-R., Merenluoto, K., y Järvelä, S. (2009). Socially shared metacognition of pre-service primary teachers in a computer-supported mathematics course and their feelings of task difficulty: A case study. *Educational Research and Evaluation*, 15(5) 503-524.
- Kauffman, D. F., Ge, X., Xie, K., y Chen, C. H. (2008). Prompting in web-based environments: Supporting self-monitoring and problem solving skills in college students. *Journal of Educational Computing Research*, 38(2), 115-137.
- Kohen, Z., y Kramarski, B. (2012). Developing self-regulation by using reflective support in a video-digital microteaching environment. *Education Research International*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1155/2012/105246>.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Koren, M. (2008). *The effects of metacognitive guidance on teachers’ mathematics content knowledge and pedagogical knowledge: The case of polygons’ areas and perimeters*. Tesis de maestría, Ramat-Gan, Israel: Bar-Ilan University (en hebreo).
- Koriat, A. (2008). Easy comes, easy goes? The link between learning and remembering and its exploitation in metacognition. *Memory and Cognition*, 36(2), 416-428.

- Kramarski, B. (2008). "Promoting teachers' algebraic reasoning and self-regulation with metacognitive guidance". *Metacognition and Learning*, 3(2), 83-99.
- Kramarski, B., y Michalsky, T. (2010) Preparing preservice teachers for self-regulated learning in the context of technological pedagogical content knowledge. *Learning and Instruction*, 20(5), 434-447.
- Kramarski, B., y Michalsky, T. (2009). Investigating pre-service teachers' professional growth in self-regulated learning environments. *Journal of Educational Psychology*, 101(1), 161-175.
- Kramarski, B., y Revach, T. (2009). The challenge of self-regulated learning in mathematics teachers' professional training. *Educational Studies in Mathematics*, 72(3), 379-399.
- Mevarech, Z. R., y Kramarski, B. (1997). "IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-395.
- Mevarech, Z. R., y Shabtay, G. (2012). Judgment-of-learning and confidence in mathematics problem solving: A metacognitive benefit for the explainer. En *Metacognition 2012-Proceedings of the 5th Biennial Meeting of the EARLI Special Interest Group 16 Metacognition*. Milán, Italia, 5-8 septiembre.
- Michalsky, T. (2013). Integrating skills and wills instruction in self-regulated science text reading for secondary students. *International Journal of Science Education*, 35(11), 1846-1873.
- Michalsky, T. (2012). Shaping self-regulation in science teachers' professional growth: Inquiry skills. *Science Education*, 96(6), 1106-1133.
- Nool, N. R. (2012). Exploring the metacognitive processes of prospective mathematics teachers during problem solving. *IPEDR*, 30, 302-306.
- Perry, N. E., Phillips, L., y Hutchinson, L. (2006). Mentoring student teachers to support self-regulated learning. *The Elementary School Journal*, 106(3), 237-254.
- Phelps, R., Graham, A., y Kerr, B. (2004). Teachers and ICT: Exploring a metacognitive approach to professional development. *Australasian Journal of Educational Technology*, 20(1), 49-68.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. En M. Boekaerts, P. R. Pintrich y M. Zeidner (Eds.). *Handbook of Self-Regulation* (pp. 451-502). San Diego, CA: Academic Press.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., y McKeachie, W. J. (1991). *A Manual for the Use of the Motivational Strategies Learning Questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor, MI: National Center for Research to IMPROVE Postsecondary Teaching and Learning, University of Michigan.
- Prytula, M. P. (2012). Teacher metacognition within the professional learning community. *International Education Studies*, 5(4). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5539/ies.v5n4p112>.
- Putnam, R. T., y Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning?. *Educational Researcher*, 29(1), 4-15.
- Randi, J., y Corno, L. (2000). Teacher innovations in self-regulated learning. En M. Boekaerts, P. R. Pintrich y M. Zeidner (Eds.). *Handbook of Self-Regulation* (pp. 651-685). San Diego, CA: Academic Press..
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2). 4-14.
- Veenman, M. V. J., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., y Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1(1), 3-14.
- Verschaffel, L., Depaepe, F., y De Corte, E. (2007). Upper elementary school teachers' conceptions about and approaches towards mathematical modelling and problem solving: How do they cope with reality?. Ponencia para la Conference on Professional Development of Mathematics Teachers Research and Practice from an International Perspective. Alemania: Mathematische Forschungsinstitut Oberwolfach.
- Wilburne, J. M. (1997). *The effect of teaching metacognition strategies to pre-service elementary school teachers on their mathematical problem-solving achievement and attitude*. Tesis de doctorado. Filadelfia, PA: Temple University.
- Wilson, N. S., y Bai, H. (2010) The relationships and impact of teachers' metacognitive knowledge and pedagogical understandings of metacognition. *Metacognition and Learning*, 5(3), 269-288.
- Zion, M., Michalsky, T., y Mevarech, Z. R. (2005). The effects of metacognitive instruction embedded within an asynchronous learning network on scientific inquiry skills. *International Journal of Science Education*, 27(8), 957-983.
- Zohar, A. (1999). Teachers' metacognitive knowledge and the instruction of higher order thinking. *Teaching and Teacher Education*, 15(4), 413-429.

Reflexión: resumen y conclusión

En la última década se ha vuelto casi un axioma señalar que el objetivo principal de la educación matemática consiste en desarrollar ciudadanos competentes para “analizar, razonar y comunicar efectivamente mientras que plantean, resuelven e interpretan problemas matemáticos en una variedad de situaciones que implican diferentes conceptos matemáticos como los cuantitativos, espaciales, probabilísticos, entre otros” (OCDE, 2004, p. 34). Además, la OCDE señala que el objetivo de la educación en las sociedades impulsadas por la innovación y el conocimiento no es el de capacitar a los estudiantes para que sean matemáticos profesionales, sino el desarrollar las habilidades de los estudiantes que les permitan obtener conocimiento matemático y entenderlo; es decir, aplicar ese conocimiento y habilidades en la solución de problemas, de manera que puedan tomar decisiones basadas en la información cuantitativa. Innovar para aprender y aprender a innovar se ha vuelto un tema fundamental en las matemáticas críticas para el siglo XXI (OCDE, 2008a).

Al tratar estas cuestiones, muchos investigadores, educadores y administradores están preocupados por dos preguntas básicas. La primera es: ¿cuáles son los problemas matemáticos y las habilidades útiles para desarrollar ciudadanos competentes en las sociedades impulsadas por la innovación? Y la segunda, y más desafiante: ¿qué métodos son efectivos para promover estas habilidades, acaso existe evidencia de que ciertas pedagogías funcionan realmente en nuestros sistemas educativos altamente estructurados?

En cuanto a la primera pregunta hay un amplio consenso en que, además de aprender a resolver los problemas matemáticos rutinarios, los estudiantes se deben familiarizar con las capacidades y los procesos apropiados para la solución de problemas complejos, desconocidos y no rutinarios (CUN) junto con problemas auténticos. También hay un alto grado de consenso en que incluir la metacognición es algo necesario para resolver tareas CUN. La metacognición —pensar en regular el pensamiento— es una herramienta poderosa para mejorar el aprendizaje.

En cuanto a la segunda pregunta, no es para nada evidente definir la mejor forma de promover las habilidades necesarias para resolver las tareas CUN. Los debates son tan intensos que algunos han llamado a esas discusiones las “guerras de las matemáticas”. Por un lado, algunos abogan por regresar a las habilidades básicas y métodos de enseñanza tradicionales. Por otro lado, los educadores declaran la necesidad de poner en práctica las ventajas de las pedagogías progresivas basadas en la indagación, en concreto aquellas para mejorar la solución de tareas CUN. Durante años el péndulo pedagógico ha oscilado de un lado de la discusión a otro. La inclusión de la metacognición podría dejar al péndulo en el centro, al proporcionar métodos de enseñanza basados en la evidencia de que unen las diferentes metodologías y enfatizan la importancia de la “fluidez en los algoritmos”, junto con el entendimiento conceptual, el razonamiento, la solución de problemas, la creatividad y la comunicación en las matemáticas. Practicar esos procesos mediante la metacognición profundiza el entendimiento

conceptual y contribuye al desarrollo de una base sólida del conocimiento matemático que la mayoría de estudiantes no podría obtener mediante la sola repetición de algoritmos. La respuesta no es entonces una de dos; no se trata simplemente de privilegiar un dominio de los algoritmos o del entendimiento conceptual; tampoco se trata de repetir *versus* a “descubrir” o “inventar” algoritmos estándar. Tanto la fluidez en los algoritmos como el entendimiento conceptual de las matemáticas se podría lograr si los estudiantes aprenden a utilizar la metacognición: cómo comprender los problemas, construir puentes para aplicar su conocimiento y habilidades, utilizar estrategias apropiadas y reflexionar sobre todas las etapas de la solución.

Desde un punto de vista epistemológico, la metacognición es el “motor” que permite el funcionamiento de los procesos cognitivos. Durante la solución de problemas, la información fluye desde la base del objeto al meta-nivel a través de monitorear y controlar los procesos. El “motor metacognitivo” incluye el “arranque” para iniciar y planear los procesos cognitivos; los componentes de monitoreo y control que están activados durante la solución de problemas, y la reflexión que funciona en todas las etapas del proceso, sobre todo al final, cuando es más relevante. Poner en práctica procesos metacognitivos es particularmente benéfico en la solución de las tareas CUN, para las que no existen algoritmos prefabricados y, por ende, no es posible implantarlos de manera automática. Aunque las personas puedan a veces resolver problemas matemáticos por mera casualidad o mediante el ensayo y error, tales estrategias son casi siempre ineficaces y con frecuencia llevan al fracaso y a la frustración. Las habilidades cognitivas y metacognitivas van de la mano, por lo que deben ser enseñadas de forma deliberada y practicarse en conjunto.

Es sorprendente que si bien existe mucha investigación que muestra los efectos positivos de la metacognición para la habilidad de resolver problemas matemáticos aun cuando se hayan impuesto controles para detectar el desarrollo de esa habilidad, las observaciones han demostrado que los maestros rara vez utilizan de manera explícita soportes metacognitivos en el aula. Se sugieren dos razones para esto: 1) los maestros simplemente no saben cómo hacerlo, y 2) la mayoría de los libros de texto y guías de maestros no incluyen estímulos metacognitivos.

La buena noticia es que la metacognición se puede enseñar a todos los niveles educativos, desde preescolar hasta universitario. Con base en tales resultados, los investigadores han empezado a diseñar métodos de enseñanza que pretenden promover los procesos metacognitivos en la solución de problemas matemáticos. Los cinco modelos pedagógicos metacognitivos presentados en este libro son los de Polya, Schoenfeld, IMPROVE, Verschaffel *et al.* y Singapur. Todos ellos proporcionan técnicas para enseñar a los estudiantes a utilizar alguna forma del cuestionamiento metacognitivo autodirigido en la solución de problemas matemáticos. Estos modelos funcionan mejor en un ambiente de aprendizaje cooperativo (Slavin, 2010), donde los alumnos estudian en pequeños grupos, expresan su razonamiento matemático y describen su heurística. Asimismo, en todos esos modelos el maestro tiene un papel importante en cuanto a mostrar de manera explícita el uso de la metacognición.

El cuestionamiento metacognitivo autodirigido apoya los procesos de solución de problemas porque estimula la comprensión: por ejemplo, ¿de qué se trata el problema? La conexión: ¿cómo es similar o diferente el problema en cuestión a otros problemas que has resuelto anteriormente? La estrategia: ¿qué estrategias son apropiadas para resolver el problema? La reflexión: ¿estoy atorado? ¿porqué? ¿Acaso puedo resolver el problema de manera diferente, si es así ¿cómo? Estas preguntas metacognitivas autodirigidas son genéricas y pueden ser modificadas fácilmente para utilizarse en otros dominios, como la ciencia, la lectura o incluso

para fomentar efectos socio-emocionales. Por ejemplo, en la ciencia, el “problema” puede ser sustituido por el “fenómeno”, las “estrategias de matemáticas” por “técnicas de indagación”, etcétera.

Las pedagogías metacognitivas han sido ampliamente analizadas en el campo de la investigación educativa. Entre esos métodos, IMPROVE (Mevarech y Kramaski, 1997) es el que dispone de mayor cantidad de estudios. Sus efectos en el desempeño matemático han sido analizados en estudiantes de nivel preescolar hasta universitario, en ambientes de aprendizaje tradicionales o con base en las TIC, en contextos cooperativos e individualizados, y en programas de desarrollo profesional de instructores pre-profesionales y profesionales. Desde un inicio, IMPROVE se ha demostrado como un método válido implantado de manera exitosa en aulas “reales” y con maestros comunes. Los estudios experimentales y cuasi-experimentales indican que los estudiantes de IMPROVE tienen un mejor desempeño que sus colegas que estudian sin ninguna orientación metacognitiva en tareas rutinarias, auténticas y CUN. Además, en la mayoría de esos estudios los alumnos de IMPROVE mostraron mayor habilidad que sus colegas para expresar su razonamiento matemático. Esos efectos positivos se observaron en todos los niveles, tanto en niños de preescolar y primaria como de secundaria y universidad, y en contextos educativos de alto impacto, como los exámenes de admisión. Las ventajas fueron evidentes cuando el método fue implantado tanto en un plazo corto como en todo el año académico. Es interesante señalar que los efectos duraderos de IMPROVE todavía se pudieron observar un año después, aun cuando esos estudiantes ya no fueron expuestos a la orientación metacognitiva. Además, una serie de estudios demostró los efectos positivos de IMPROVE cuando fue implantado en ambientes de aprendizaje interactivos —como en el caso del aprendizaje cooperativo—, con o sin TIC. Sin embargo, todos los estudios fueron realizados por los diseñadores del método y sus equipos, y algunos de los estudios involucraron a una muestra relativamente pequeña de participantes. Sería interesante analizar los efectos de IMPROVE en otros contextos educativos.

Los estudios de Schoenfeld (1987), Lester *et al.* (1989) y Verschaffel *et al.* (1999), entre otros, reportaron efectos positivos de la enseñanza metacognitiva en diversos tipos de tareas CUN. En general, esos estudios indican que los métodos de enseñanza metacognitivos tienen el potencial de promover la metacognición y la solución de tareas CUN entre estudiantes de primaria, secundaria y nivel universitario. Los meta-análisis que resumen decenas de estudios involucrando a miles de estudiantes sugieren que las intervenciones metacognitivas tienen fuertes efectos positivos en la autorregulación y el desempeño matemático (Dignath y Buettner, 2008; Dignath *et al.* 2008).

Estos resultados muestran los efectos de IMPROVE y otras pedagogías metacognitivas en una variedad de resultados y poblaciones. En general, el beneficio de las metodologías metacognitivas para los estudiantes de bajo desempeño no es a costa de los de alto desempeño. Asimismo, la evidencia indica que utilizar el conjunto total de las preguntas metacognitivas autodirigidas—de comprensión, conexión, estrategia y reflexión— que plantea IMPROVE tiene más beneficios que poner en práctica la pregunta de estrategia por sí sola. El valor agregado de implantar la enseñanza metacognitiva de manera simultánea en clases de matemáticas e inglés fue mayor que cuando se realizó únicamente en las clases de matemáticas. Por último, IMPROVE ha sido modificado en forma exitosa para utilizarse en la educación científica.

De acuerdo con estudios recientes, donde se muestra que la cognición y las emociones están vinculadas de maneras inextricable en el cerebro (Hinton y Fischer, 2010), los investiga-

dores han empezado a analizar las posibilidades de implantar las pedagogías metacognitivas para mejorar los efectos socio-emocionales, además del desempeño cognitivo. En algunos de esos estudios, los efectos socio-emocionales fueron considerados como un derivado de las intervenciones originales. En otros, incluso, se buscaba mejorar tanto los resultados cognitivo-metacognitivos como los emocionales y modificar el cuestionamiento metacognitivo autodirigido de manera correspondiente. Los resultados indicaron que IMPROVE y otros métodos parecidos mejoraron la motivación y autoestima de los estudiantes, además de reducir su ansiedad provocada por el estudio de las matemáticas.

El uso de recursos digitales para el aprendizaje tiene el potencial de ir más allá de los libros de texto (OCDE, 2008b). Sin embargo, los estudiantes con frecuencia se pierden en los ambientes de las TIC porque están inundados con información que genera una sobrecarga en su sistema cognitivo. La metacognición y las tecnologías de aprendizaje se han vuelto un tema de mucho interés en la educación (Azevedo y Alevén, 2013), el hecho de revisar los estudios donde las intervenciones metacognitivas apoyaron diversas tecnologías de aprendizaje, entre ellas, el software específico a un dominio, las redes de aprendizaje asíncronas, las herramientas cognitivas, los libros electrónicos, el aprendizaje con dispositivos móviles, el uso de SMS o la hypermedia, permitió mostrar los efectos benéficos de combinar las TIC con la metacognición.

Una versión modificada de IMPROVE fue empleada para capacitar a docentes en el uso de la metacognición en el aula. Al exponerlos a varias pedagogías metacognitivas, los programas de desarrollo profesional para docentes pre-profesionales y profesionales enseñaron a los participantes a utilizar la metacognición en su tarea como docentes de matemáticas. Los resultados indican que, en comparación con los grupos de control, los maestros de IMPROVE tuvieron un mejor desempeño en el conocimiento del contenido pedagógico (CCP), el aprendizaje autorregulado (AAR), la autoeficacia, la evaluación del aprendizaje (EA) y en su tendencia a utilizar en salón de clase lo aprendido en los cursos.

Sin embargo, esa área de investigación presenta varias limitaciones. La mayoría de los estudios reportados se llevaron a cabo en escalas relativamente pequeñas. Además, la duración de la mayoría de estos estudios fue corta, de un mes o un semestre. Sólo unos pocos estudios se realizaron a lo largo de todo un año académico o analizaron los efectos duraderos después de un año. Se requiere entonces aumentar el alcance de la investigación para incluir estudios a gran escala y longitudinales, que incluyen diferentes grupos de edad. Para eso se necesitaría desarrollar nuevas herramientas de evaluación.

Mientras todos estos estudios se enfocan en los efectos de los métodos de enseñanza metacognitiva para el desempeño en matemáticas, sólo algunos evaluaron los resultados en relación con sus efectos socio-emocionales como la motivación, la ansiedad provocada por el aprendizaje de las matemáticas o por el control de un tema. De manera similar, el análisis de los efectos de la orientación metacognitiva en la evaluación del aprendizaje, lo mismo que la confianza en el aprendizaje, presentan un bajo nivel de desarrollo.

En el libro se enfatiza la factibilidad y efectividad del método metacognitivo empleado en países miembros de la OCDE, entre ellos, Bélgica, Alemania, los Países Bajos, Israel, Singapur y Estados Unidos. Dado que las intervenciones metacognitivas aquí descritas son métodos genéricos, se requerirían tan sólo pequeñas modificaciones a fin de poder utilizarlas en otras disciplinas. La aplicación de IMPROVE a la educación científica es un buen ejemplo de cómo deben de ser las modificaciones y qué tan efectivas son para el mejoramiento de la habilidad científica. La cooperación internacional podría facilitar este desarrollo.

Las políticas curriculares y de evaluación pueden ser impulsores claves del cambio. Con frecuencia suele confirmarse que “encuentras lo que evalúas” y “lo que se evalúa es lo que se enseña”, pero no a la inversa. El énfasis en la habilidad matemática y científica en la evaluación internacional de los resultados del aprendizaje —como el Programa de Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) de la OCDE— ha empezado a modificar la manera de enseñar esas materias, sobre todo en el caso de maestros individuales. Si embargo, esto no es suficiente. Tanto los análisis curriculares como los libros de texto en varios países sugieren que las tareas CUN rara vez son introducidas en las aulas, asimismo el desarrollo profesional pocas veces incluye intervenciones metacognitivas. El currículo matemático de Singapur es una excepción que ejemplifica la inclusión de los componentes cognitivos, metacognitivos y afectivos en todo el currículo matemático. IMPROVE y otras pedagogías metacognitivas enfatizan cómo las escuelas podrían cambiar su forma de abordar la enseñanza de las tareas CUN y la activación de la metacognición. Vivir en la aldea global requiere esfuerzos en conjunto para rediseñar el currículo de las matemáticas (y el de la ciencia), los libros de texto, los métodos de enseñanza y las evaluaciones.

Por último, los sistemas educativos han experimentado grandes cambios en las últimas décadas (OCDE, 2014). Los cambios en las poblaciones estudiantiles, la profesionalización de los maestros y las estructuras escolares requieren una innovación correspondiente en los métodos de enseñanza. Dumont, Istance y Benavides (2010, p. 335) precisan que “en un mundo donde las políticas y la práctica tienen que basarse cada vez más en evidencias, existe la necesidad de tomar mucho más en serio la evidencia sobre la naturaleza del aprendizaje”. Las prácticas basadas en evidencias proporcionan el conocimiento y mecanismos necesarios para reducir la toma de decisiones por intuición; los maestros individuales no tienen que “reinventar la rueda” para desarrollar métodos de enseñanza. En cambio, estar bien informados de lo que funciona y lo que no funciona en la educación en general, así como en la enseñanza de la matemática en particular, podría provocar cambios.

Una manera de mejorar y sostener el aprendizaje en la sociedad impulsada por la innovación y el conocimiento consiste en implementar las pedagogías metacognitivas basadas en teorías sólidas en torno a la naturaleza del aprendizaje, y que ofrecen mucha evidencia sobre su impacto en los resultados escolares. Los vínculos productivos entre la investigación, la práctica y las políticas descritos en esta publicación hacen resaltar la necesidad de seguir desarrollando métodos efectivos de enseñanza basados en evidencias y de la investigación de sus beneficios y desventajas.

Referencias

- Azevedo, R., y Alevén, V. (Eds.). (2013). *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies*. Nueva York, NY: Springer.
- Dignath, C., y Buettner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students: A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition and Learning*, 3(3), 231-264.
- Dignath, C., Buettner, G., y Langfeldt, H. P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively? A meta-analysis on self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3(2), 101-129.
- Dumont, H., Istance, D., y Benavides, F. (Eds.). (2010). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-en>.

- Hinton, C., y Fischer, K. W. (2010). Learning from the developmental and biological perspective. En H. Dumont, D. Istance y F. Benavides (Eds.). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-5-en>.
- Lester, F. K., Garofalo, J., y Kroll, D. L. (1989). *The Role of Metacognition in Mathematical Problem Solving: A Study of Two Grade Seven Classes: Final Report*. ERIC Document Reproduction Service (ED 314255). Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED314255.pdf>
- Mevarech, Z. R., y Kramarski, B. (1997). IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-395.
- OCDE. (2014). *Measuring Innovation in Education: A New Perspective*. París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264215696-en>.
- OCDE. (2008a). *Innovating to Learn, Learning to Innovate*. París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264047983-en>.
- OCDE. (2008b). *Digital Learning Resources as Systemic Innovation in the Nordic Countries*. París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264067813-en>.
- OCDE. (2004). *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills, Education and Skills*. París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264101739-en>.
- Schoenfeld, A. H. (1987). What's all the fuss about metacognition? En A. H. Schoenfeld (Ed.). *Cognitive Science and Mathematics Education* (pp. 189-215). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Slavin, R. E. (2010). Co-operative learning: What makes group-work work?. En H. Dumont, D. Istance y F. Benavides (Eds.). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*, París, FR: OECD. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086487-9-en>.
- Verschaffel, L., Greer, B., y De Corte, E. (2000). *Making Sense of Word Problems*. Lisse, Holanda: Swets and Zeitlinger.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE)

La OCDE constituye un foro único en su género, donde los gobiernos trabajan conjuntamente para afrontar los retos económicos, sociales y medioambientales que plantea la globalización. La OCDE está a la vanguardia de los esfuerzos emprendidos para ayudar a los gobiernos a entender y responder a los cambios y preocupaciones del mundo actual, como el gobierno corporativo, la economía de la información y los retos que genera el envejecimiento de la población. La organización ofrece a los gobiernos un marco en el que pueden comparar sus experiencias políticas, buscar respuestas a problemas comunes, identificar buenas prácticas y trabajar en la coordinación de políticas nacionales e internacionales.

Los países miembros de la OCDE son: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, Corea, Dinamarca, Eslovenia, España, Estados Unidos de América, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Japón, Luxemburgo, México, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suecia, Suiza y Turquía. La Comisión Europea participa en el trabajo de la OCDE.

Las publicaciones de la OCDE aseguran una amplia difusión de los trabajos de la organización. Éstos incluyen los resultados de la compilación de estadísticas, los trabajos de investigación sobre temas económicos, sociales y medioambientales, así como las convenciones, directrices y los modelos desarrollados por los países miembros.

Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras

El papel de las pedagogías metacognitivas

¿Cómo puede la educación matemática fomentar las capacidades apropiadas para las sociedades innovadoras? La educación matemática es destacada mundialmente; sin embargo, todavía se considera un obstáculo para muchos estudiantes. Aunque exista un consenso casi total que los problemas matemáticos adecuados para el siglo XXI tienen que ser complejos, desconocidos y no rutinarios (CUN), la mayoría de los libros de texto siguen incluyendo únicamente problemas rutinarios basados en la aplicación de algoritmos prefabricados.

Ha llegado el momento de introducir métodos de enseñanza para mejorar la educación matemática y la capacidad de los estudiantes de resolver tareas CUN. Las pedagogías metacognitivas pueden tener un papel clave en este proceso. Estas pedagogías enseñan explícitamente a los estudiantes a “pensar en su pensamiento” durante el aprendizaje. Se pueden emplear para mejorar no solamente el desempeño académico (el conocimiento y la comprensión del contenido, la capacidad de manejar problemas desconocidos, etc.), sino también resultados afectivos como la reducción de ansiedad o el incremento de la motivación. Esta relación fuerte entre la metacognición y los resultados escolares tiene implicaciones para la comunidad educativa y los administradores.

Este libro está diseñado para ayudar a las personas que educan, desarrollan los currículos y generan las políticas para preparar el estudiante de hoy para el mundo de mañana.



Consulte la obra original en inglés en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264223561-en>.

La versión original de esta obra se publicó bajo el título *Critical Maths for Innovative Societies. The Role of Metacognitive Pedagogies* (isbn 978-92-64-21138-4), © 2014, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), París.

Esta traducción se publica por acuerdo con la OCDE. No es una traducción oficial de la OCDE.

Esta obra está publicada en la iLibrary de la OCDE que reúne todos los libros, publicaciones periódicas y bases de datos estadísticas de la OCDE.

Para más información visita www.oecd-ilibrary.org.