

EDUCACIÓN: EL CONSTRUCTIVISMO RADICAL Y LA PSICOLOGÍA COGNITIVA*

**John R. Anderson, Lynne M. Reder
y Herbert A. Simon**

Los autores analizan las bases de sustentación de algunas de las corrientes más populares de reforma educacional en los Estados Unidos, deteniéndose especialmente en el “constructivismo radical” que ha tendido a predominar en la enseñanza de las matemáticas. Aun cuando muchas de estas corrientes se autoatribuyen bases “científicas”, J. R. Anderson, L. M. Reder y A. Simon sostienen que ellas suelen basarse en ideologías y no en la ciencia. La reiterada afirmación de que los niños deben descubrir por sí mismos el conocimiento, señalan los autores, no está respaldada por estudios científicos; por el contrario, los estudios indican que el aprendizaje requiere instrucción. Las investigaciones en el campo de la psicología

JOHN R. ANDERSON. Carnegie Mellon University.

LYNNE M. REDER. Carnegie Mellon University.

HERBERT A. SIMON. Carnegie Mellon University.

* “Radical Constructivism and Cognitive Psychology”, publicado originalmente en Diane Ravitch (ed.), *Brookings Papers on Education Policy* (© The Brookings Institution). Su reproducción en castellano en esta edición cuenta con la debida autorización. Traducción de Rose Cave de la Maza.

Los autores agradecen a Sharon Carver, Susan Chipman, Albert Corbett, Ellen Gagné, David Klahr, Ken Koedinger, Rich Lehrer, Marsha Lovett, Melvin Reder y Steve Ritter por sus valiosas observaciones, lo que no significa que estén de acuerdo con nuestras afirmaciones. La elaboración del presente trabajo contó con el apoyo de la National Science Foundation Directorate for Education and Human Resources (MDR-92-53161).

gía cognitiva, advierten los autores, validan la importancia de la enseñanza directa y la ejercitación deliberada, en un contexto en el que el profesor sabe qué está enseñando y diseña meditaciones estrategias para enseñarlo.

Aquellos que piensan que la educación necesita basarse en la moderna ciencia de la psicología cognitiva suelen tener la impresión de que pelean contra molinos de viento. Cualesquiera sean sus méritos, prácticamente todas las corrientes educacionales afirman que tienen una base científica. Pero a menudo no es así.

Lamentablemente, la ciencia del aprendizaje humano nunca ha influido mucho en la práctica de la educación. Hasta hace poco, esta ciencia no había madurado lo suficiente como para prestar mucha utilidad a los profesionales de la educación o a los encargados de formular las políticas educacionales. Sin embargo, en los últimos decenios, la psicología cognitiva ha desarrollado un conjunto de teorías y de conocimientos que ofrece amplias oportunidades para mejorar la educación. En general, la educación no les asigna una función muy importante a las conclusiones de la ciencia cognitiva, sino que sigue debatiéndose entre dos puntos de vista precientíficos del aprendizaje que se remontan a filosofías de siglos atrás.

A riesgo de incurrir en una leve caricaturización, estos dos puntos de vista podrían caracterizarse de la siguiente manera:

La filosofía asociacionista sostiene que el aprendizaje no consiste más que en formar asociaciones. En consecuencia, la educación no plantea ninguna dificultad. Lo único que hay que hacer es enseñarles a los alumnos las asociaciones que necesitan aprender.

Por su parte, para la filosofía racionalista, el conocimiento se logra examinándose uno mismo. Por lo tanto, la educación no plantea ninguna dificultad. Lo único que hay que hacer es permitir que los alumnos descubran lo que necesitan aprender.

El lugar central ocupado por ambas corrientes en la práctica educacional ha tenido altibajos. En los períodos de auge, el medio intelectual imperante les proporciona rasgos adicionales. La última vez que se impuso la escuela asociacionista fue durante el apogeo del conductismo (*behaviorism*), bajo la influencia de Edward Thorndike y John B. Watson, y posteriormente de B. F. Skinner. En su cúspide, esta escuela se vinculó con características tales como la instrucción programada y los objetivos con-

ductistas¹. Actualmente, el conductismo ha sido dejado de lado y se ha convertido en víctima propiciatoria de los nuevos movimientos de reforma de la educación.

Una de las principales características del movimiento conductista como teoría psicológica fue su rechazo de la idea de la existencia de estructuras mentales y la afirmación de que el pensamiento humano puede comprenderse íntegramente en función del comportamiento externo. Más adelante, el conductismo en psicología fue reemplazado por la “revolución cognitiva”, que demostró de diversas maneras que el comportamiento sólo puede comprenderse postulando la existencia de estructuras y procesos mentales. Sin embargo, la expresión “revolución cognitiva” es un tanto exagerada, puesto que muchos de los paradigmas y metodologías de la era conductista se han incorporado, con frecuencia muy modificados y aumentados, a la psicología cognitiva moderna. Así pues, junto con las grandes transformaciones teóricas se ha producido un avance acumulativo de la ciencia, como generalmente sucede en otras ciencias cuando experimentan “revoluciones”.

En su forma más pura, el conductismo se aplica a la educación prescribiendo el comportamiento que debe tener el alumno y dejando de lado sus patrones de pensamiento. Algunas de las aplicaciones a la educación de la era conductista conservaron la pureza teórica, pero a menudo fueron mucho más flexibles y se limitaron a poner énfasis en la retroinformación inmediata y en la medición cuidadosa de los avances educativos. Como esta aproximación a veces funcionaba bien, vale la pena citar un caso en que un programa conductista dio buenos resultados.

D. Porter relata un experimento realizado con “máquinas de enseñanza” en que se trató de aplicar fielmente los principios de Skinner sobre el refuerzo inmediato mediante el conocimiento de los resultados: enseñarles ortografía a los alumnos mediante una serie de aproximaciones sucesivas (primero el alumno lee la palabra, a continuación deletrea una parte de ella y finalmente, luego que se le han dado las demás partes, deletrea toda la palabra), minimizar los errores y aproximar la situación de aprendizaje a la situación de transferencia². En programas de entrenamiento de un año de duración para segundo, cuarto y sexto grado, tanto los alumnos de los grupos experimentales (máquinas de enseñanza) como los grupos de control

¹ A. A. Lumsdaine y R. Glaser (eds.), *Teaching Machines and Programmed Learning* (1960); R. C. Atkinson y H. A. Wilson (eds.), *Computer-Assisted Instruction* (1969); N. E. Gronlund, *Stating Behavioral Objectives for Classroom Instruction* (1985); y R. F. Mager, *Preparing Instructional Objectives* (1962).

² D. Porter, *An Application of Reinforced Principles to Classroom Teaching* (1961).

(instrucción estándar) avanzaron alrededor de un grado. Sin embargo, los alumnos de los primeros grupos sólo necesitaron un tercio del tiempo de clases que requirieron los segundos para lograrlo. El programa skinneriano hacía hincapié en este aumento de la eficiencia del aprendizaje.

No obstante que los problemas empíricos y teóricos que plantea el conductismo hicieron que fuera rechazado por la ciencia de la psicología, nunca fue descartado de plano como programa educacional. Algunos proyectos tuvieron éxito y otros fracasaron. Uno de los acercamientos, basado libremente en el conductismo, fue el de instrucción basada en el dominio de la materia (*mastery-based instruction*). De acuerdo con esta aproximación, se les daba a los alumnos todo el tiempo que necesitaban para dominar la materia inicial antes de avanzar a la siguiente, con el fin de acelerar el aprendizaje de la materia posterior y mejorar el aprendizaje en general³. Pese a que desde el punto de vista empírico, comúnmente los resultados fueron positivos, en la actualidad los círculos educacionales tienen una impresión poco favorable de la instrucción basada en el dominio de las materias y no se aplica mucho⁴.

En los Estados Unidos, la educación de corte conductista nunca fue muy común y prácticamente ha desaparecido. Las razones de ello son complejas y no se conocen muy bien. Pero lo más probable es que las dificultades teóricas y empíricas con que tropezó dentro de la psicología científica y su reemplazo por la psicología cognitiva no hayan influido demasiado.

En el último tiempo, un nuevo movimiento racionalista dentro de la educación, denominado constructivismo, cuyos partidarios coinciden apenas con los científicos que le dieron contenido experimental y teórico a la revolución cognitiva, se han atribuido los desarrollos de la psicología cognitiva. “Constructivismo” es un término vago que abarca una amplia gama de posiciones, incluidas algunas que se contraponen. Algunas versiones no pasan de ser intentos de introducir en la educación los nuevos descubrimientos teóricos de la psicología cognitiva.

Una versión más extrema, denominada “constructivismo radical”, ha arraigado de manera particularmente fuerte en la enseñanza de las matemáticas. (Esta corriente nos interesa de manera especial debido a que nuestra investigación se centró en el aprendizaje de las matemáticas.) Junto con la

³ B. S. Bloom, “Learning for Mastery” (1968), p. 2; B. S. Bloom, *Human Characteristics and Social Learning* (1976); R. Glaser, “Individuals and Learning: The New Aptitudes” (1972), pp. 5-13; F. S. Keller, “Good-Bye Teacher” (1968), pp. 78-89; y P. Suppes, “Modern Learning Theory and The Elementary School Curriculum” (1964), pp. 79-93.

⁴ T. R. Guskey y S. Gates, “Synthesis of Research on the Effects of Mastery Learning in Elementary and Secondary Classrooms” (1986), pp. 73-80; y C. Kulik y R. Bangert-Downs, “Effects of Testing for Mastery on Student Learning” (1986).

corriente racionalista general, ha tomado aspectos de otras dos corrientes que también están fuertemente representadas en las corrientes modernas en materia de educación: el aprendizaje contextualizado (*situated learning*) y la teoría crítica deconstruccionista. El constructivismo radical hace hincapié en el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje en situaciones complejas y el aprendizaje en contextos sociales, y al mismo tiempo desconfía mucho de la evaluación sistemática de los resultados de la educación.

El aprendizaje [en un aula constructivista] se concebiría como un proceso activo, constructivo, en que los alumnos tratan de resolver los problemas que se van planteando a medida que participan en los ejercicios de matemáticas que se realizan en la sala de clases. Este punto de vista hace hincapié en que el proceso de aprendizaje y enseñanza es interactivo y comprende la negociación tácita y expresa del significado de los conceptos matemáticos. En el curso de estas negociaciones, maestro y alumnos elaboran una realidad matemática que se da por compartida y que constituye la base de la comunicación en curso⁵.

Puede ser que esta definición sea difícil de comprender, por lo que vale la pena citar el caso, supuestamente basado en el constructivismo radical, de una intervención exitosa en matemáticas, a fin de equipararlo con la intervención exitosa recién citada, que sostiene que se basa en el conductismo. P. Cobb y sus colegas describen un programa de estudios de matemáticas para el segundo grado que comprende los principios del constructivismo radical⁶. A manera de ejemplo, cabe citar el método que aplican para enseñar a los alumnos de segundo grado a contar en decenas. En vez de enseñar el principio directamente, dividieron el curso en grupos y les pidieron que contaran objetos reunidos en conjuntos de a diez. Los grupos llegan invariablemente a la conclusión de que es preferible contar por decenas en vez de hacerlo por unidades. Cuando prepararon un programa de estudios para el segundo grado en torno a estas técnicas, comprobaron que los resultados que obtenían sus alumnos eran tan buenos como los que lograban los alumnos de los cursos tradicionales, y además realizaban un mayor número de transferencias y mostraban mejor disposición hacia las matemáticas. Los constructivistas radicales hacen gran hincapié en la transferencia y en el mejoramiento de las actitudes.

⁵ P. Cobb, E. Yackel, y T. Wood, "A Constructivist Alternative to the Representational View of Mind in Mathematics Education" (1992), pp. 2-33.

⁶ P. Cobb y otros, "Assessment of a Problem-Centered Second Grade Mathematics Project" (1991), pp 3-29.

Tal vez parezca contradictorio que tanto el acercamiento conductista como el constructivista radical produzcan programas de estudio eficaces. Sin embargo, esto indica lo difícil que resulta evaluar la relación entre las corrientes educacionales y los resultados en materia de aprendizaje. Las intervenciones complejas involucran cambios en muchos aspectos, lo que hace difícil determinar cuáles son las características a que deben atribuirse los resultados en materia de aprendizaje. Ambas clases de intervenciones podrían haber logrado sus resultados independientemente de la filosofía de la educación aplicada en la práctica. Es preciso que la teoría y la evaluación sean más definidas. Sin embargo, ambos intentos trataron seriamente de evaluar sus intervenciones. Con demasiada frecuencia se realizan intervenciones sin procurar realmente una evaluación objetiva.

La educación no ha progresado en forma sostenida porque ha oscilado entre posiciones simplistas, tales como las corrientes asociacionista y racionalista. La psicología cognitiva moderna ofrece realmente una base para avanzar mediante un análisis científico acucioso que identifica aquellos aspectos de las posiciones teóricas que sí contribuyen a que los alumnos aprendan y aquellos que no. El constructivismo radical es el actual modelo de extremismo simplista, y algunos de sus partidarios dan muestras de un sesgo contrario a la ciencia que, de prevalecer, echaría por tierra toda esperanza de progreso en la educación.

La base teórica del constructivismo radical

En la literatura se encuentran frecuentes referencias a cuatro fuentes que proporcionarían la base “científica” del constructivismo radical.

La psicología cognitiva moderna

A menudo se dice que la psicología cognitiva es la base del constructivismo radical. Por ejemplo, R. Lesh y S. J. Lamon describen la enseñanza de las matemáticas más que nada a partir de un enfoque constructivista radical:

La psicología conductista (que se basa en normas fácticas y de procedimiento) ha cedido paso a la psicología cognitiva (que se basa en modelos destinados a dar sentido a las experiencias del mundo real), y los instrumentos tecnológicos han ampliado radicalmente el tipo de situaciones en que son útiles las matemáticas, y al

mismo tiempo han incrementado los tipos de matemáticas que son útiles y los tipos de personas que las utilizan a diario. Para hacer frente a estas tendencias, las organizaciones profesionales y gubernamentales han llegado a un consenso nuevo y sin precedentes, teóricamente acertado y orientado al futuro, respecto del fundamento de las matemáticas en una era de la información⁷.

Lo anterior es característico de las falsas pretensiones de consenso que campean en el área. En nombre de la ciencia moderna se formulan afirmaciones que carecen de base científica. En el párrafo recién citado de Lesh y Lamon, la diferenciación entre “normas fácticas y de procedimiento” y “modelos destinados a dar sentido a las experiencias del mundo real” no constituye una diferenciación entre la psicología conductual y la psicología cognitiva. Ambos son importantes componentes teóricos de la psicología cognitiva, y gran parte de la investigación actual se ocupa de definir cuáles dominios del pensamiento se entienden mejor en función de “modelos mentales” y cuáles en función de “reglas mentales”.

En la psicología cognitiva hay consenso en que la gente no registra las experiencias en forma pasiva, sino que interpreta la información nueva con la ayuda de los conocimientos y la experiencia previos. Éste es el sentido con que la psicología utiliza el término “constructivismo” y los profesores de matemáticas con razón nos llaman constructivistas (en este sentido)⁸. Sin embargo, negar que la información se registra en forma pasiva no significa que el alumno deba descubrir por sí mismo los conocimientos, sin mediar instrucción explícita, como sostienen los constructivistas radicales. De acuerdo con las teorías cognitivas modernas, toda adquisición de conocimientos, ya sea mediante la instrucción o el descubrimiento, exige una activa labor interpretativa de parte del que aprende. El procesamiento de la instrucción puede ser complejo, ya que su alcance aumenta según la cantidad de conocimientos que el estudiante aporte a la tarea⁹.

La psicología cognitiva moderna dista mucho de estar de acuerdo en todo sentido. Hay consenso respecto de la mayor parte de los hechos bási-

⁷ R. Lesh y S. J. Lamon, *Assessment of Authentic Performance in School Mathematics* (1992), pp. 18-19.

⁸ E. A. Silver, “Foundations of Cognitive Theory and Research for Mathematics Problem-Solving” (1987).

⁹ M. T. Chi y otros, “Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems” (1989), pp. 145-182; K. Bielaczyc, P. Pirolli y A. L. Brown, “Training in Self-Explanation and Self-Regulation Strategies: Investigating the Effects of Knowledge Acquisition Activities on Problem Solving (1995), pp. 221-252; J. D. Bransford y M. K. Johnson, “Contextual Prerequisites for Understanding: Some Investigations of Comprehension and Recall” (1972), pp. 717-726; y D. E. Kieras y S. Bovari, “The Role of a Mental Model in Learning to Operate a Device” (1984), pp. 255-273.

cos de la cognición y el aprendizaje, pero se mantiene la controversia en algunas cuestiones relacionadas con la interpretación teórica. Actualmente, hay bastante acuerdo sobre cuestiones de hecho que respaldan aplicaciones educacionales importantes. Una de ellas, por mencionar alguna en particular, es que la evidencia empírica desmiente la aseveración de los constructivistas radicales de que el alumno no puede aprender mediante la instrucción directa.

Nosotros representamos una forma de abordar la cognición humana generalmente conocida como “psicología del procesamiento de la información”. Uno de sus instrumentos importantes son modelos precisos de aspectos de la cognición, que a menudo son utilizados para crear simulaciones computarizadas de los actos cognitivos de los seres humanos.

Dentro de la psicología cognitiva, la corriente más controvertida con la que estamos asociados es quizá la “simbólica”, esto es, la que afirma que algunos aspectos de la cognición humana entrañan conocimientos que se representan simbólicamente. En cambio, la corriente “conexionista” sostiene que no hay representaciones simbólicas de esa naturaleza y que el conocimiento sólo puede describirse en función de conexiones sinápticas entre elementos neurales¹⁰. La controversia entre las posiciones simbólica y conexionista ha perdido fuerza desde fines de los años ochenta y, bajo el peso de la evidencia, la mayoría de los investigadores, incluidos nosotros mismos, hemos evolucionado hacia posiciones “híbridas” —reconociendo que algunos aspectos de la cognición se comprenden mejor mediante representaciones simbólicas y otros en función de conexiones neurales. Actualmente, la cuestión es determinar qué aspectos de la cognición habría que modelar de acuerdo con uno u otro sistema y cómo podrían vincularse los planos simbólico y neural.

Algunos constructivistas radicales se consideran a sí mismos contrarios a la psicología del procesamiento de la información, en especial en su forma simbólica. P. Cobb, E. Yackel y T. Wood, que son los más explícitos al respecto, plantean el constructivismo radical como un rechazo del “punto de vista representacional de la mente”. Sin embargo, nosotros y otros psicólogos cognitivos, que efectivamente defendemos un punto de vista representacional, apenas nos reconocemos en la descripción que hacen los constructivistas radicales de nuestro punto de vista¹¹. Cobb, Yackel y Wood

¹⁰ Por ejemplo, J. L. McClelland y D. E. Rumelhart (eds.), *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition* (1986); y D. E. Rumelhart y J. L. McClelland, “On Learning the Past Tenses of English Verbs” (1986).

¹¹ Cobb, Yackel y Wood, “A Constructivist Alternative to the Representational View of Mind in Mathematics Education” (1979).

citan la caracterización errada que hace R. Rorty de la concepción representacional:

[De acuerdo con la concepción representacional de la mente] saber es representar con precisión lo que está fuera de la mente; de tal modo que comprender la posibilidad y la naturaleza del conocimiento es comprender la forma en que la mente puede construir estas representaciones¹².

Contrariamente a lo que afirma Rorty, la concepción representacional de la mente tiene en cuenta la evidencia tanto de la relación entre la mente y el mundo como de la exactitud y la cabalidad o falta de cabalidad de las representaciones internas de las características del mundo. En el marco cognitivo, la representación no es ni un juego sintáctico o lógico con símbolos formales que carecen de referencia del mundo real, ni un registro literal y mecánico del estímulo¹³. En este marco, formarse una representación interna de un problema es por sí un proceso psicológico complejo.

Además, esos constructivistas radicales a menudo reducen la idea de “símbolo” a expresiones orales o lógicas y a continuación niegan que sea adecuada para construir modelos de pensamiento “no lineales”, “no lógicos”, “no verbales” o “intuitivos”. Como podría decirlo cualquiera que utilice una pantalla de computador para mostrar diagramas, ilustraciones o dispositivos visuales de distinta naturaleza, la clase de símbolos que pueden utilizarse o el tipo de procesos “lógicos” o “no lógicos” que pueden operar en ellos no tienen estas limitaciones. En el último tiempo, parte importante de la investigación cognitiva procuró estudiar la relación que hay entre el pensamiento usualmente denominado “intuitivo” y los procesos comunes y conocidos de reconocimiento de las claves familiares que ofrecen los estímulos.

Un símbolo (esto es, un patrón discernible) deriva su utilidad de su capacidad de denotar (apuntar hacia) objetos, relaciones y sucesos que acaecen en el mundo; pero en el mejor de los casos una representación mental simbólica es un cuadro incompleto y distorsionado del medio ambiente, que correlaciona los pensamientos con la información que entregan los sentidos y con los actos motrices y sus efectos. A nuestro juicio, la

¹² *Ibíd.*, p. 3.

¹³ Gran parte de la investigación y teoría de la psicología del procesamiento de la información se refiere al problema de la interpretación equivocada de la realidad por parte de los sujetos.

competencia cognitiva (en este caso ser competente en matemáticas) depende de la disponibilidad de estructuras simbólicas (por ejemplo, patrones mentales o imágenes mentales) creadas para responder a la experiencia.

Para desacreditar a la concepción de la mente utilizada por la psicología cognitiva, los escritos de los constructivistas radicales a menudo recurren a las críticas que se formulan a la posición “de hombre títere” que ilustra la cita de R. Rorty. Pero las teorías cognitivas modernas no parten de la base de que el aprendizaje sea un registro pasivo de la experiencia.

La interpretación errada de la concepción representacional conduce a una gran confusión respecto de la relación entre las representaciones matemáticas externas (por ejemplo, ecuaciones, gráficos, reglas, cubos de Dienes, etc.) y las representaciones internas de estos mismos objetos. Los defensores del constructivismo radical, equiparando la concepción representacional al registro pasivo de los estímulos, sin transformaciones, interpretan erradamente las deficiencias de las representaciones externas como si fueran inadecuaciones de la representación interna de la noción. Por ejemplo, si el conjunto de reglas que ofrece un libro de texto es incompleto, implicaría que las reglas mentales no pueden captar los conceptos. Sin embargo, las teorías cognitivas postulan (y ofrecen pruebas) que hay procesos complejos para transformar estas representaciones externas a fin de producir estructuras internas que no son en absoluto isomórficas a los estímulos. Por ejemplo, el hecho de que un diagrama sea bidimensional no significa que su representación mental no pueda ser tridimensional.

Poco hay en la psicología cognitiva que respalde las afirmaciones más extremas del constructivismo radical. En realidad, como lo reconocen algunos constructivistas radicales, la psicología cognitiva moderna contradice estas afirmaciones.

Piaget

A menudo se dice que Jean Piaget le da base científica al constructivismo. Piaget ha ejercido enorme influencia en la comprensión del desarrollo cognitivo y fue uno de los grandes responsables del surgimiento del cognitivismo desde los comienzos de la era conductista en psicología. Aunque muchas de sus afirmaciones específicas han sido seriamente cuestionadas, en general su concepción teórica sigue ejerciendo una influencia importante. La distinción que hace Piaget entre los mecanismos de asimilación y adaptación en el aprendizaje y el desarrollo es de fundamental importancia para el constructivismo. La asimilación incorpora pasivamente la

experiencia en una representación que ya es conocida por el niño. Sin embargo, cuando las discrepancias entre lo que exige la tarea y la estructura cognitiva (representación) del niño se torna demasiado grande, el niño tiene que reorganizar sus pensamientos. Esto es lo que se llama adaptación (últimamente se ha denominado “re-representación”).

Piaget hizo hincapié en que el niño internaliza el conocimiento modificando la estructura mental. Los constructivistas a menudo se refieren a este análisis, en especial al proceso no pasivo de adaptación. Una lectura más detenida de los escritos de Piaget indica que la asimilación de conocimientos desempeña un papel decisivo en la preparación de la escena para el proceso de adaptación, que no puede haber adaptación sin asimilación. En todo caso, tanto la adaptación como la asimilación forman parte del concepto representacional de la mente.

Otro aspecto de Piaget es su caracterización en etapas del desarrollo cognitivo, que ha llevado a sostener que se producen grandes cambios cualitativos a medida que se desarrolla la cognición. De toda la teoría de Piaget, éste es el aspecto que ha recibido menos apoyo empírico. Actualmente, la impresión general es que los cambios cognitivos son graduales y acumulativos. Las descripciones mejor confirmadas de las tareas piagetianas son las que se refieren al procesamiento de la información, las cuales identifican los diversos componentes de los conocimientos que se están adquiriendo¹⁴. Para R. S. Siegler, la creencia en la existencia de etapas constituye lo que denomina “teoría de la immaculada transición” y ofrece pruebas de sus fallas empíricas¹⁵.

El aprendizaje contextualizado y Vygotsky

También se dice con frecuencia que el aprendizaje contextualizado es la base del constructivismo radical y los escritos que mencionan este tipo de aprendizaje están referidos a L. S. Vygotsky, psicólogo ruso que a comienzos del siglo veinte puso de relieve el marcado carácter social del desarrollo humano. La alianza del aprendizaje contextualizado con el constructivismo radical es algo singular, puesto que el primero hace hincapié en que el conocimiento se mantiene en el mundo externo, social, mientras que el constructivismo sostiene que yace en el estado interno de la persona, el

¹⁴ Por ejemplo, R. S. Siegler, *Children's Thinking: An Information Processing Approach* (1980)

¹⁵ R. S. Siegler, *Emerging Minds: The Process of Change in Children's Thinking* (1996).

que quizá no pueda ser conocido por los demás. Sin embargo, ambas escuelas comparten el punto de vista filosófico general de que el conocimiento no se puede descomponer ni descontextualizar ya sea con fines de investigación o de instrucción.

El aprendizaje contextualizado ha llegado a asociarse con la idea de que los conocimientos no se transfieren de la sala de clases a situaciones del mundo y de que la instrucción debe darse en contextos similares a la vida real y que a menudo se asemejen a situaciones vinculadas al trabajo. La crítica que formulamos a este aspecto del aprendizaje condujo a un intercambio de opiniones que puede llevar a una de estas dos conclusiones: que las afirmaciones del aprendizaje contextualizado están equivocadas o que el aprendizaje contextualizado no agrega nada al hecho generalmente reconocido de que algunas veces el aprendizaje es de algún modo situacional¹⁶. Nuestra posición en esa discusión se resumió así:

Aunque tal vez sea necesario introducir grandes reformas en la educación estadounidense, parece haber consenso en que ellas no consistirán en convertir la sala de clases en lugar de trabajo. Las poderosas herramientas intelectuales abstractas desarrolladas a lo largo de la historia humana tienen sus méritos¹⁷.

Sin embargo, la discusión también llevó a la conclusión de que el aprendizaje que tiene lugar en la clase posee importantes aspectos sociales. Aparte de esto, es poco lo que se puede deducir de Vygotsky y del aprendizaje contextualizado para las prácticas educativas en la sala de clases. Sea como sea, no hay mucha conexión entre los puntos de vista recién analizados y la validez de los métodos de instrucción en grupos.

John Dewey

Otro autor que se menciona tanto en los escritos constructivistas radicales como en los del aprendizaje contextualizado es John Dewey, que representa parte de una versión anterior de la orientación racionalista de la educación. Aunque Dewey comenzó como psicólogo, se convirtió en filósofo de la educación y desarrolló una orientación educacional basada libre-

¹⁶ J. R. Anderson, H. A. Simon y L. M. Reder. "Situating Learning and Education" (1996), pp. 5-11; J. G. Greeno, "On Claims That Answer the Wrong Questions" (1997), pp. 5-17; y J. R. Anderson, H. A. Simon y L. M. Reder, "Rejoinder: Situative versus Cognitive Perspectives: Form versus Substances" (1997), pp. 18-21.

¹⁷ Anderson, Simon, y Reder, "Rejoinder..." (1997).

mente en sus primeras críticas de los enfoques analíticos de la psicología que estuvieron en boga a fines del siglo pasado. Muchas de las ideas del constructivismo radical y del aprendizaje contextualizado se pueden encontrar en los escritos de Dewey, y uno llega a pensar que los educadores modernos partidarios del constructivismo radical están reinventando la rueda de Dewey.

Dewey creó una escuela experimental en la Universidad de Chicago, en 1896, y las descripciones que se hacen de ella despertarían la envidia de un padre moderno¹⁸. Las numerosas escuelas progresistas que se crearon en torno al modelo de la escuela experimental de Dewey a comienzos del siglo veinte fueron muy diferentes, pero en general se caracterizaron por impartir menos instrucción dirigida y por centrar el aprendizaje más bien en proyectos. Al propio Dewey poco le agradaron los intentos más radicales por lograr que las escuelas eliminaran los currículos fijos, so pretexto de que impartían educación progresista¹⁹.

La escuela experimental de Dewey ha pasado al olvido y muchas de las escuelas progresistas que se basaron en ella prácticamente desaparecieron en medio de la controversia en torno a la “educación para adaptarse a la vida”²⁰. Sin embargo, al parecer cada generación crea sus propias escuelas progresistas, que hacen hincapié en muchas de las mismas características.

Uno de los intentos por evaluar las consecuencias que tuvo esta primera generación de educación progresista en el desempeño en la universidad (*college*) llegó a la conclusión de que no hay grandes diferencias entre el rendimiento de los alumnos que provienen de escuelas progresistas y el de los que provienen de escuelas tradicionales²¹. Da para pensar el hecho de que aproximaciones educacionales radicalmente diferentes se traducen en pocas diferencias, o ninguna, entre los estudiantes que egresan de la universidad.

Esto indica que la educación adolece de una gran falta de progreso acumulativo y que hay que estudiar más a fondo lo que está sucediendo con las distintas corrientes en materia de filosofía de la educación. No se ha determinado qué aspectos de la escuela experimental o de otras escuelas progresistas eran acertados y cuáles simples productos de la imaginación. No se sabía entonces ni se sabe ahora cómo se podría repetir la experiencia

¹⁸ Por ejemplo, K. C. Mayhew y A. C. Edwards, *The Dewey School* (1936). En estas clases había una relación de cuatro alumnos por profesor y los alumnos eran hijos de profesores.

¹⁹ Dewey, *Experience and Education* (1938).

²⁰ D. Ravitch, *The Troubled Crusade: American Education, 1945-1980* (1983).

²¹ D. Chamberlin y otros, *Did They Succeed in College? The Follow-Up Study of the Graduates of the Thirty Schools* (1942).

de la escuela experimental en otro medio. Más que una filosofía de la educación, lo que se necesita es una ciencia de la educación. Los intentos modernos por mejorar la educación vuelven la mirada hacia teóricos (Piaget, Vygotsky y Dewey) cuyas teorías resultan vagas para los estándares psicológicos actuales y no están fuertemente relacionadas con la evidencia empírica, como se acostumbra actualmente en la materia.

Principales características del constructivismo radical

Las características más salientes del constructivismo radical aplicado a la enseñanza de las matemáticas son la dependencia en el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje en situaciones complejas “auténticas”, el aprendizaje en contextos sociales y la falta de confianza en las evaluaciones empíricas. Aun cuando los supuestos en que se basan estas orientaciones tienen más de algo de verdad, pueden y suelen llevarse a extremos inútiles.

Aprendizaje por descubrimiento

Lo que define al constructivismo radical es la idea de que no se puede enseñar a los alumnos sino que hay que permitirles que ellos creen los conocimientos que necesitan. Esto suele describirse como un contraste entre “instructivismo” y “constructivismo”. Es fácil aceptar que el aprendizaje debe ser un proceso activo, porque para aprender es preciso que se produzca un cambio en el sujeto, el que sólo puede lograrse mediante lo que hace dicho sujeto: a qué presta atención, a qué actividades se dedica. La actividad del maestro es importante en la medida en que logre que los alumnos realicen tareas que de otra manera no realizarían, lo que incluye, pero no exclusivamente, la adquisición de conocimientos proporcionados por el maestro o los textos de estudio. El maestro también puede hacer que los alumnos realicen actividades, algunas de las cuales pueden incluir la adquisición de destrezas mediante ejemplos prácticos. Otras actividades incluyen la práctica de las destrezas para lograr niveles eficaces, la interacción con los compañeros y la interacción con el maestro.

El problema que se plantea a la psicología y a la educación es diseñar una serie de experiencias que les permitan a los alumnos aprender eficazmente, e inducirlos a realizar las actividades pertinentes. En ambos aspectos, prácticamente no hay desacuerdo entre los constructivistas radica-

les y otros psicólogos cognitivos. Lo más difícil es determinar cuáles son los objetivos de aprendizaje y las experiencias que, incorporadas en el diseño de la instrucción, servirán mejor para que los alumnos alcancen estas metas. Lograr un buen diseño no es cuestión de debate filosófico, sino que exige evidencia empírica acerca de la forma en que aprenden las personas, especialmente los niños, y qué es lo que aprenden de las distintas experiencias educacionales.

Muchas investigaciones revelan que, en algunas circunstancias, las personas recuerdan mejor la información que crean ellas mismas y no la que reciben en forma pasiva²². El estudio original de N. J. Slamecka y P. Graf es característico de las investigaciones acerca del aprendizaje generativo. Estos autores hicieron que los sujetos trataran de recordar listas de palabras, que debían reunir cuatro requisitos:

1. Los sujetos debían dar un sinónimo de cada palabra. Por ejemplo, se les pedía que dieran un sinónimo de *océano*, que empezaba con *m*.

2. Los sujetos examinaban el sinónimo proporcionado. Por ejemplo, examinaban la palabra *mar* como sinónimo de *océano*.

3. Los sujetos debían formar una rima. Por ejemplo, se les pedía que dieran una palabra que empezara con *m* que rimara con *amasar*.

4. Los sujetos examinaban un verso. Por ejemplo, estudiaban que *amasar* rima con *mar*.

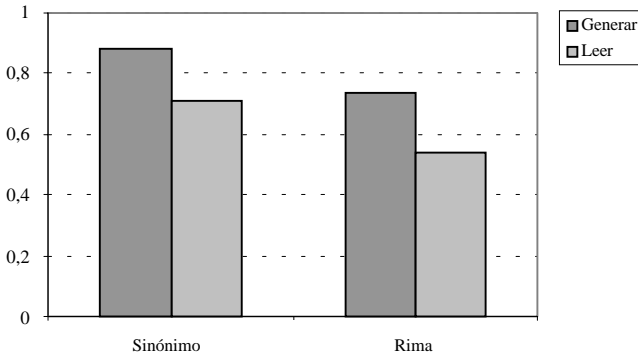
En todos los casos se comprobaba luego si los sujetos reconocían la palabra crítica *mar*.

Los sujetos aprenden mejor la materia en ciertas condiciones: cuando procesan el significado (condiciones de sinonimia 1 y 2) y cuando generan el material (condiciones 1 y 3), en vez de estudiarla en forma pasiva (véase el Gráfico N° 1). Comparando los casos extremos, se comprueba un efecto muy importante: los sujetos recuerdan un 50% en vez de un 85%. Los psicólogos cognitivos discuten si este efecto refleja factores cognitivos fundamentales o, por el contrario, factores de motivación y atención selectiva²³. Sin embargo, desde el punto de vista educacional, podría decirse que

²² D. G. Bobrow y G. H. Bower, "Comprehension and Recall of Sentences" (1969), pp. 455-461; y N. J. Slamecka y P. Graf, "The Generation Effect: Delineation of a Phenomenon" (1978), pp. 592-604.

²³ Por ejemplo, I. Begg y otros, "The Generation Effect Is No Artifact: Generation Makes Words Distinctive" (1989), pp. 977-989; D. J. Burns, "The Generation Effect: A Test Between Single and Multifactor Theories" (1990), pp. 1060-1067; E. Hirshman y R. A. Bjork, "The Generation Effect: Support for a Two-Factor Theory" (1988), pp. 484-494; M. A. McDaniel, P. J. Waddill, y G. O. Einstein, "A Contextual Account of the Generation Effect: A Three Factor Theory" (1988), pp. 521-536; y N. J. Slamecka y L. T. Katsaiti, "The Generation Effect: Delineation of a Phenomenon" (1987). pp. 589-607.

GRÁFICO N° 1: PROBABILIDAD DE RECONOCIMIENTO COMO FUNCIÓN DEL TIPO DE ELABORACIÓN, YA SEA GENERADA O LEÍDA



Fuente: N. J. Slamecka y P. Graf, "The Generation Effect: Delineation of a Phenomenon", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, Vol. 4 (1978), experimento 2.

esta clase de discusión carece de importancia. Los efectos son claros e indudablemente uno querría aprovecharlos en la instrucción.

Sin embargo, es preciso formular varias advertencias respecto de estos efectos de generación. Primero, las personas pueden aprender en las peores condiciones y prácticamente todos los estudios revelan que la memoria no es más que dos veces mejor en condiciones de generación que en condiciones de pasividad. Segundo, lo único que pueden asegurar los psicólogos experimentales es que sus sujetos generarán el material deseado utilizando material artificial. Si bien es cierto que el efecto de generación podría generalizarse al material más natural, es difícil asegurar, por su complejidad, la generación de esta clase de material²⁴. A menudo cuesta lograr que los alumnos generen una parte importante de lo que uno quiere que aprendan. En estos casos es conveniente una instrucción dirigida que induzca a que los propios alumnos generen ellos mismos el conocimiento,

²⁴ Bransford y Johnson, "Contextual Prerequisites for Understanding: Some Investigations of Comprehension and Recall" (1972).

pero proporcionando al mismo tiempo instrucción directa para maximizar la eficiencia del aprendizaje.

La idea de que el conocimiento debe construirse se asemeja a los antiguos argumentos de que el aprendizaje por descubrimiento es mejor que la instrucción directa. Empero, no hay mucha evidencia acerca de esta clase de aprendizaje y cuando la hay, a menudo es de inferior calidad²⁵. Incluso cuando permite adquirir el constructo o concepto deseado, el aprendizaje por descubrimiento tal vez exija dedicarle una gran cantidad de tiempo valioso que podría haberse destinado a ejercitar el constructo (que también es un proceso activo), en caso de que dicho concepto se hubiera aprendido con la instrucción. Debido a que gran parte del aprendizaje sólo tiene lugar después de que se ha descubierto el constructo, cuando la búsqueda es prolongada o infructuosa, la motivación generalmente languidece. Como dijo D. P. Ausubel en 1968, resumiendo las conclusiones de su investigación sobre el aprendizaje por descubrimiento:

Cuando se examina la bibliografía que se supone respalda el aprendizaje por descubrimiento, se comprueba que prácticamente no hay evidencia válida de esta naturaleza. Al parecer, los ardientes partidarios del método del descubrimiento han estado apoyándose recíprocamente en sus investigaciones, por así decirlo, citándose unos a otros e invocando esas citas como evidencia de sus propias opiniones y afirmaciones y formulando locas generalizaciones a partir de resultados dudosos e incluso negativos²⁶.

Algunos sostienen que la instrucción directa conduce a “rutinizar” el conocimiento y desplaza la comprensión:

Mientras más claro soy respecto al comportamiento que espero de mis alumnos, mayores probabilidades hay de que se comporten de esa manera sin recurrir a la comprensión que se supone debe indicar el comportamiento; esto es, hay mayores probabilidades de que absorban la forma y no la substancia²⁷.

Una ampliación de este argumento es que el exceso de práctica también desplaza la comprensión. Los escritos de los constructivistas radi-

²⁵ Por ejemplo, D. H. Charney, L. M. Reder y G. W. Kusbit, “Goal Setting and Procedure Selection in Acquiring Computer Skills: A Comparison of Tutorials, Problem-Solving, and Learner Exploration” (1990), pp. 323-342.

²⁶ D. P. Ausubel, *Educational Psychology: A Cognitive View* (1968), pp. 497-498.

²⁷ G. Brousseau, “The Crucial Role of the Didactical Contract in the Analysis and Construction of Situations In Teaching and Learning Mathematics” (1984), pp. 110-119.

cales critican esta práctica (que se denomina “ejercitarse hasta morir”, como si esta consigna peyorativa proporcionara una evaluación empírica). De las investigaciones realizadas en los últimos veinte años nada resulta más chocante que la afirmación de que la ejercitación es algo negativo. Tanto la evidencia de laboratorio como los amplios estudios de casos llevados a cabo por profesionales indican que la habilidad sólo se alcanza en realidad mediante la ejercitación prolongada²⁸. Cuando se niega que la ejercitación es fundamental, se niega al niño precisamente lo que necesita para ser competente. El problema de la instrucción no consiste en matar la motivación exigiendo ejercitación, sino en encontrar tareas que proporcionen práctica y al mismo tiempo mantengan el interés.

Sin embargo, los psicólogos experimentales han demostrado que, en algunas circunstancias, la ejercitación prolongada del material no produce prácticamente aprendizaje, al menos de acuerdo con algunas mediciones²⁹. Esto sucede casi siempre cuando se hace que los sujetos sometidos a experimentación reciten en forma mecánica el material. Estos resultados dejan de manifiesto lo que hay de cierto en las críticas del sistema de ejercitarse hasta morir: es preciso mantener a los alumnos atentos mientras estudian.

Énfasis en las situaciones de aprendizaje complejas

Los constructivistas radicales a menudo se expresan como si el conocimiento tuviera alguna propiedad mágica que le impidiera ser comunicado y, por esta razón, para traspararlo no bastará con una situación de instrucción sencilla, cualquiera que fuese ese conocimiento. Por ejemplo, los constructivistas radicales recomiendan que los niños aprendan la totalidad o la casi totalidad de las matemáticas en el contexto de problemas complejos³⁰. Formulan esta recomendación sin evidencia alguna de su efectividad en la educación.

Este enfoque plantea dos problemas graves, puesto que para realizar una tarea compleja se debe tener un elevado número de competencias. Primero, el sujeto al que le cuesta absorber muchos de los componentes de la materia enseñada fácilmente puede sentirse abrumado por el proceso de

²⁸ Por ejemplo, J. R. Hayes, “Three Problems in Teaching General Skills” (1985); y K. A. Ericsson, R. T. Krampe, y C. Tesch-Romer, “The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance” (1993), pp. 363-406.

²⁹ Por ejemplo, F. I. M. Craik y M. J. Watkins, “The Role of Rehearsal in Short-Term Memory” (1973) pp. 599-607; y A. M. Glenberg, S. M. Smith, y C. Green, “Type I Rehearsal: Maintenance and More” (1977), pp. 339-352.

³⁰ Por ejemplo, R. Lesh y J. S. Zawojewski, “Problem Solving” (1992), pp. 49-88.

elaboración que le impone la labor compleja. Segundo, en la medida en que domine bien muchos de los componentes, el alumno perderá mucho tiempo repitiéndolos antes de poder practicar los pocos componentes que requieren ejercitación adicional.

Gran cantidad de investigaciones que se han llevado a cabo en el campo de la psicología revelan que la capacitación por partes a menudo es más efectiva cuando la parte componente es independiente o casi independiente de la tarea mayor³¹. En el entrenamiento de equipos es corriente recurrir a la capacitación individual para realizar partes de la tarea debido a que sería caro e inútil hacer funcionar al grupo cuando hay que enseñarle a un solo miembro el funcionamiento de una nueva pieza de equipo³². En los deportes que se practican en equipo, que atribuyen mucha importancia a la eficacia del entrenamiento, el tiempo disponible siempre se distribuye entre el entrenamiento individual de las destrezas y el entrenamiento en equipo.

Hay casos en que se justifica ejercitar las destrezas en su escenario complejo. A veces, ello se debe a la motivación, pero la razón también pueden ser las destrezas especiales que son propias de la situación compleja. El alumno que aspire a tocar el violín en una orquesta difícilmente podrá avanzar si siempre se ejercita junto con la orquesta. Sin embargo, si nunca practica como miembro de una orquesta, no adquirirá las destrezas críticas necesarias para coordinarse con los demás ejecutantes. Lo mismo puede decirse de los deportes, y en ambos casos se pueden invocar argumentos relacionados con la motivación para justificar la práctica compleja. Es posible que para un niño no tenga sentido ejercitar solo, pero lo tendrá cuando los ejercicios estén incorporados en la actividad del mundo real. Los niños se sienten motivados a ejercitar las destrezas deportivas ante la perspectiva de participar en juegos de la vida real. Sin embargo, a menudo pasan mucho más tiempo practicando las distintas destrezas requeridas que jugando. Ejercitar periódicamente las destrezas en su contexto real es importante para la motivación y a la vez para aprender a practicar, pero no es razón para que ello sea el principal mecanismo de aprendizaje.

Aun cuando haya méritos motivacionales en insertar la práctica de las matemáticas en situaciones complejas, D. C. Geary señala que hay razones de peso para poner en duda que las matemáticas complejas sean intrínsecamente motivadoras para la mayoría de los alumnos, cualquiera que sea su contexto. En general, la mayoría de las personas no se sienten

³¹ Por ejemplo, C. M. Knerr y otros, *Simulation-Based Research in Part-Task Training* (1987); y J. Patrick, *Training: Research and Practice* (1992)

³² E. Salas y otros, "Toward an Understanding of Team Performance and Training" (1993).

motivadas a realizar la ejercitación constante que se requiere para destacarse en un campo de actividad avanzado y necesitarán de bastante apoyo familiar y cultural³³. Al igual que otros autores, Geary sostiene que esta diferencia en cuanto al apoyo cultural explica la gran brecha en los logros en matemáticas que se da entre los niños estadounidenses y los niños asiáticos³⁴.

Los escritos constructivistas también propugnan la utilización de problemas “auténticos”³⁵. Por lo general se define mal lo que es “auténtico”, y se pone mucho énfasis en los problemas con que podrían tropezar los alumnos en la vida diaria. Si se centra la atención en el proceso cognitivo subyacente, cabría deducir que es un requisito sin importancia. El verdadero objetivo, en cambio, debería ser motivar a los alumnos a realizar procesos cognitivos que sean transferibles³⁶. Lo importante es qué procesos cognitivos evoca un problema y no las situaciones del mundo real en que pueda ir envuelto. Los problemas del mundo real a menudo entrañan mucho trabajo y no dan muchas posibilidades de adquirir las competencias a que se aspira. Por ejemplo, en las clases de matemáticas en la enseñanza secundaria, en que para enseñar álgebra se plantean problemas más similares a los del mundo real, se pierde mucho tiempo de clase en actividades tales como confeccionar cuadros y gráficos, que rápidamente se hacen rutinarias³⁷. No se destina mucho tiempo a relacionar las expresiones algebraicas con las situaciones del mundo real que ellas representan.

Basarse en situaciones de aprendizaje social

Algunas de las situaciones de aprendizaje que recomiendan los escritos de los constructivistas radicales involucran tareas que pueden ser resueltas por un solo sujeto, pero hay creciente tendencia a convertirlas en

³³ Ericsson, Krampe, y Tesch-Romer, “The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance” (1993).

³⁴ Por ejemplo, H. P. Bahrick y L. K. Hall, “Lifetime Maintenance of High School Mathematics Content” (1991), pp. 20-33; y H. W. Stevenson y J. W. Stigler, *The Learning Gap: Why Our Schools Are Failing and What We Can Learn from Japanese and Chinese Education* (1992).

³⁵ Por ejemplo, J. S. Brown, A. Collins, y P. Duguid, *Situated Cognition and the Culture of Learning* (1988); y Lesh y Lamon, *Assessment of Authentic Performance in School Mathematics* (1992).

³⁶ Por ejemplo, J. Hiebert y otros, “Authentic Problem Solving in Mathematics” (1994).

³⁷ K. R. Koedinger y otros, “Intelligence Tutoring Goes to School in the Big City” (1995).

situaciones de aprendizaje en grupos. Sin duda ello se debe en parte a la influencia ejercida por el movimiento de aprendizaje contextualizado.

La afirmación de que la instrucción sólo es efectiva en un medio altamente social se basa en las ideas de que: 1) prácticamente todos los empleos son marcadamente sociales, y 2) el aprendizaje está íntimamente vinculado con el contexto en que se desarrolla. Como lo han demostrado J. R. Anderson, H. A. Simon y L. M. Reder, la segunda afirmación es exagerada³⁸. Probablemente en alguna medida la primera también lo sea, aunque no se conocen análisis de encuestas de empleo que muestren el grado y tipo de interacción social que involucran los distintos empleos. Algunos empleos no son de índole social, y esta afirmación no les es aplicable. Del mismo modo, en otros empleos la ejecución es altamente social. Las personas que trabajan en esta clase de empleos deben aprender a abordar eficazmente la naturaleza social de su trabajo.

No obstante que las personas tienen que aprender a hacer frente a los aspectos sociales del empleo, no es necesario enseñarles en un contexto social todas las destrezas que se requieren para estos trabajos. Por ejemplo, considérese el caso de las destrezas que se necesitan para llegar a ser un buen contador, especializado en impuestos. Aunque el contador tiene que aprender a tratar con los clientes, para aprender el código tributario o a utilizar la calculadora no necesita estar interactuando con un cliente. Es preferible enseñarle por separado las distintas partes que componen una actividad porque se requerirán menos recursos cognitivos para desempeñarla y de esta manera se reservará suficiente capacidad para el aprendizaje. En consecuencia, es mejor aprender el código tributario sin tener que interactuar al mismo tiempo con el cliente, y es mejor aprender a interactuar con el cliente después de que se ha dominado el código tributario.

Otro aspecto de la afirmación de que la instrucción se da mejor en un medio altamente social lo proporcionan aquellos que sostienen que el aprendizaje cooperativo, como método de instrucción, tiene ventajas³⁹. Este tipo de aprendizaje, también conocido como “comunidades de ejercitación” y “aprendizaje en grupos”, se refiere a los ambientes de aprendizaje en que personas de igual condición trabajan juntas para mejorar la adquisición individual de los conocimientos y destrezas. Estos ambientes deben compararse con el sistema de tutorías (en que tutor y pupilo tienen niveles de conocimientos y situación desiguales) y con el entrenamiento en grupo (en que los resultados deseados se relacionan con el desempeño del equipo o

³⁸ Anderson, Simon, y Reder, “Situated Learning and Education” (1996) .

³⁹ Por ejemplo, D. W. Johnson y R. T. Johnson, *Cooperation and Competition: Theory and Research* (1989).

del grupo). Un estudio realizado por el Committee on Techniques for the Enhancement of Human Performance, del National Research Council (NRC), señala que las investigaciones sobre el aprendizaje cooperativo a menudo no se han fiscalizado adecuadamente (por ejemplo, no se ha controlado la asignación aleatoria a tratamientos, ni se han verificado los efectos del “profesor” y del tratamiento), que hay relativamente pocos estudios que “han logrado demostrar las ventajas del aprendizaje cooperativo en contraposición al aprendizaje individual”, y que se ha comprobado que el aprendizaje cooperativo tiene una serie de resultados negativos: los efectos del “aprovechador” (*free-rider*), del “oportunista”, de la “diferencia de status” y de las “alianzas de todos contra uno”⁴⁰.

La revisión de experiencias de aprendizaje cooperativo realizada por el NRC señala que muchos estudios muestran que no hay diferencias significativas entre grupos experimentales, pero, lamentablemente, un elevadísimo número de artículos de difusión para los profesores pasan por alto las dificultades que plantea el aprendizaje cooperativo y lo tratan como una panacea académica⁴¹. Se aplica con demasiada liberalidad, sin la estructuración ni la esquematización (*scripting*) necesarias para que sea eficaz. El aprendizaje cooperativo debe organizarse de modo que ofrezca incentivos (al menos para los niños) que induzcan a la cooperación y contenga una estructura de objetivos compartidos⁴². Aplicado de modo incondicional, el costo de esta clase de instrucción seguramente será superior a los beneficios que se espera obtener de ella.

En las universidades (*colleges*), los proyectos colectivos son cada vez más populares entre los profesores, pero la enseñanza en grupo puede llegar a ser contraproducente. Los alumnos suelen quejarse de que les resulta difícil encontrar tiempo para reunirse y trabajar juntos en la realización de las actividades y de que algunos estudiantes se aprovechan del sistema al permitir que otros miembros del grupo hagan todo el trabajo (y en consecuencia adquieren todos los conocimientos y destrezas). Según se dice, algunos estudiantes acostumbran dividirse el trabajo entre los distintos cursos, de tal modo que uno de los miembros del grupo hace todo el trabajo de un proyecto en un curso, mientras que otro asume la responsabilidad en otro. No hay duda de que éstos no son los resultados que se esperan obtener del aprendizaje cooperativo, pero ellos se producirán a menos que la ejecu-

⁴⁰ National Research Council (NRC), *Learning, Remembering, Believing: Enhancing Human Performance* (1994); y G. Salomon y T. Globerson, “When Teams Do Not Function the Way They Ought To” (1989), pp. 89-98, especialmente pp. 94-95.

⁴¹ Por ejemplo, R. E. Slavin, *Cooperative Learning: Theory, Research and Practice* (1990).

⁴² D. F. Dansereau y D. W. Johnson, “Cooperative Learning” (1994).

ción y la esquematización de la situación de aprendizaje sean manifiestas. Parte de la popularidad de que goza este sistema entre los profesores universitarios se debe a que permite manejar el tamaño de los cursos: es más fácil supervisar y asesorar 3 ó 4 proyectos que N proyectos diferentes.

Falta de confianza en métodos estándares de evaluación

La más extrema y trascendental afirmación de los constructivistas es que quizá nieguen la posibilidad de realizar evaluaciones objetivas. La forma en que interpretan este principio todos los constructivistas no está en claro. Algunos constructivistas radicales han realizado evaluaciones estándar de actividades de aprendizaje⁴³. En cambio, a otros la idea de evaluar les incomoda, lo que en parte revela la influencia del constructivismo radical en la filosofía de la “deconstrucción”. D. Charney demuestra que en los escritos de los “deconstructivistas” el empirismo ha pasado a ser una palabra obscena⁴⁴. D. H. Jonassen describe el problema desde el punto de vista de un constructivista radical:

Si se piensa, como lo hacen los constructivistas radicales, que los estudiantes no pueden interpretar de manera uniforme la realidad objetiva, entonces no se puede evaluar la adquisición de esta clase de realidad. Un punto de vista menos extremo indica que los estudiantes interpretarán los puntos de vista de manera diferente, de tal modo que los procesos de evaluación deberían incluir la mayor variedad de respuestas posibles⁴⁵.

Las hipótesis en materia de educación no pueden evaluarse empíricamente porque para ello se requeriría comprometerse con un conjunto arbitrario de valores, determinados culturalmente. Para los constructivistas más moderados, esta afirmación propugna centrar la evaluación más bien en el proceso de aprendizaje y no en el producto (lo que se aprende), conforme a lo que se considera actividades “auténticas”, y en hacer participar múltiples puntos de vista en la evaluación.

Este criterio más moderado conduce a mecanismos de evaluación más subjetivos y definidos con menos precisión. Aunque compartimos la aversión instintiva que sienten la mayoría de los educadores por las pregun-

⁴³ Por ejemplo, Cobb y otros, “Assessment of a Problem-Centered Second Grade Mathematics Project” (1991).

⁴⁴ D. Charney, “Empiricism Is Not a Four-Letter Word” (1996), pp. 567-593.

⁴⁵ D. H. Jonassen, “Evaluating Constructivist Learning” (1992).

tas con cuatro alternativas y pese a que estamos de acuerdo en que, en matemáticas, la evaluación debería ir más allá de la simple comprobación de las destrezas de cálculo, nos asiste la duda de que el sistema de evaluación abierta que se propicia como alternativa adecuada conduzca a evaluaciones más exactas o más libres de connotaciones culturales. El problema fundamental es que no se especifica con exactitud cuál es la aptitud puesta a prueba y, en cambio, se depende más de una apreciación subjetiva, con todas las posibilidades de sesgo social e intelectual que ello reintroduce.

La cuestión ha sido abordada en una serie de trabajos⁴⁶. L. B. Resnick, D. Briars y S. Lesgold ofrecen dos ejemplos de respuestas objetivamente equivalentes (en su esquema de evaluación objetiva les asignan el mismo puntaje)⁴⁷. Sin embargo, esta igualdad les incomoda y piensan que habría que agregar un componente subjetivo, de manera que se asigne un puntaje más alto a una respuesta porque da muestras de mayor “competencia en materia comunicativa”. Aunque la caligrafía de la respuesta “mejor” era más clara, tal vez simplemente se considerara más extensa que la “peor”. La “competencia en materia de comunicación” depende del color del cristal con que se mira.

Al explicar el nuevo sistema flexible de calificación del National Assessment of Educational Progress, J. A. Dossey expresa que al alumno se le asignará un 50% (dos puntos) por respuesta correcta si la justificación de la respuesta “no es comprensible”, mientras que se asignará un 100% (cuatro puntos) por la respuesta errada si “no indica falta de comprensión del problema o de la forma de aplicar el método, sino más bien parece ser un error de copia o de cálculo”⁴⁸. Esta clase de juicios subjetivos permite que la evaluación tenga un marcado sesgo cultural⁴⁹. Cada vez que la evaluación contenga la palabra “parece”, debería ser una señal de que los evaluadores no saben lo que están buscando. La corriente de procesamiento de la información plantea, en cambio, que debería especificarse con exactitud lo que se persigue en función de un modelo cognitivo y luego realizarse la comprobación a este respecto.

Otra señal de lo poco amigos de la evaluación que son los constructivistas radicales es la máxima de que el maestro es el novato y el alumno el

⁴⁶ I. Wirszup y R. Streit (eds.), *Developments in School Mathematics Education around the World* (1992) .

⁴⁷ L. B. Resnick, D. Briars, y S. Lesgold, “Certifying Accomplishments in Mathematics: The New Standards Examining System” (1992), pp. 189-207.

⁴⁸ J. A. Dossen, “Assessing Mathematics: Enhancing Understanding” (1992), pp. 208-222 .

⁴⁹ R. C. Rist, “Student Social Class and Teacher Expectations: The Self-Fulfilling Prophecy in Ghetto Education” (1989), pp. 411-451.

experto⁵⁰. La idea es que todos los alumnos obtienen igual valor de cada experiencia de aprendizaje. La labor del maestro es llegar a comprender y apreciar lo que el alumno ha aprendido. Como dice J. Confrey:

Las respuestas de los estudiantes rara vez son descuidadas o antojadizas. Debemos tratar de encontrar sus cualidades sistemáticas, que generalmente se basan en los conceptos del alumno [...] [C]uando las respuestas de los alumnos no coinciden con lo que esperamos, a menudo contienen el germen de enfoques alternativos que pueden ser importantes, válidos y apoyados históricamente si estamos dispuestos a poner a prueba nuestras propias hipótesis⁵¹.

O bien, como dicen Cobb, Wood y Jackel:

El enfoque respeta el hecho de que el alumno es el mejor juez de lo que encuentra difícil y le alienta a concebir soluciones que encuentre aceptables de acuerdo con sus actuales formas de conocer⁵².

Si en el curso de las experiencias de aprendizaje se supone que el alumno avanza de un nivel bajo de competencia a uno más alto, ¿por qué razón se consideran válidos los juicios que formulan los alumnos acerca de la aceptabilidad de las soluciones? Aunque se aprecia al maestro capaz de reconocer la individualidad de los alumnos, captar sus percepciones e inducirlos a dar lo mejor de sí y a valorizar los conocimientos, hay que fijarle metas definidas a la educación. En otras palabras, si en la educación dominara la actitud de que “el alumno es el juez”, no podría saberse a ciencia cierta cuándo falló y cuándo tuvo éxito la instrucción, cuándo ella avanza y cuándo retrocede.

Una cosa es entender por qué el alumno hace algo en una etapa determinada; otra es ayudarlo a saber cómo avanzar desde procesos que son “satisfactorios” en una gama limitada de tareas, hasta procesos que son eficaces en una más amplia. Como sostiene L. B. Resnick, muchos de los conceptos a los que los niños llegan en forma natural (por ejemplo, que el movimiento implica fuerza) no son lo que la cultura espera de la educación, y en estos casos “la educación debe seguir un camino diferente: cons-

⁵⁰ Por ejemplo, véanse los trabajos en E. von Glaserfeld (ed.), *Radical Constructivism in Mathematics Education* (1991).

⁵¹ J. Confrey, “Learning to Listen: A Student’s Understanding of Powers of Ten” (1991), pp. 111-138.

⁵² Cobb, Yackel y Wood, “A Constructivist Alternative to the Representational View of Mind in Mathematics Education” (1992).

tructivista en el sentido de que no basta simplemente con decírselos, pero mucho menos dependiente del descubrimiento no dirigido y de la exploración”⁵³.

La alternativa de la psicología cognitiva

Aunque no podemos pretender que nuestra filosofía responda a todas las interrogantes que plantea el problema de cómo deberíamos proceder en materia de educación, la psicología cognitiva moderna efectivamente ofrece algunas indicaciones sobre cómo habría que progresar en la enseñanza de las matemáticas.

El análisis cognitivo de la tarea

Si hay un tema central de las investigaciones en materia de psicología cognitiva que se debe destacar, es el de la fuerza conceptual que emana del hecho de tomar un fenómeno cognitivo complejo y analizar los elementos que lo componen; esto es, hay que comprender el comportamiento del todo a partir del conocimiento de los componentes y de sus interacciones. Todavía se discute (y se investiga para resolver la controversia) cuáles son esos componentes, pero se ha llegado a consenso en cuanto a que este análisis de la tarea conduce a un mayor conocimiento. A menudo resulta que las consecuencias de planteamientos teóricos diferentes acerca de los componentes son similares, porque ellos siguen analizando la misma tarea, y la estructura de esa tarea es decisiva⁵⁴. Lo importante es examinar qué significa la estructura de la tarea para la persona que la lleva a cabo.

En el contexto de la educación, el valor real se encuentra identificando los componentes que necesita aprender el alumno y orientando la instrucción hacia ellos. En muchos casos, este conocimiento no queda de manifiesto cuando se examina la superficie del problema y, en consecuencia, al alumno le cuesta aprender. En geometría, por ejemplo, uno de los principales problemas con que tropiezan los alumnos para adquirir destreza en la demostración de los teoremas es que les cuesta identificar los compo-

⁵³ L. B. Resnick, “Situated Rationalism: Biological and Social Preparation for Learning” (1994), pp. 474-493.

⁵⁴ H. B. Richman y H. A. Simon, “Context Effects in Letter Perception: Comparison of Two Theories” (1989), pp. 417-432.

centes de las destrezas⁵⁵. Por lo general, en geometría se da al alumno toda la demostración y se le deja que descubra por sí solo lo que hay que hacer para llegar a esa demostración. Algo similar parece sucederles a los alumnos que tratan de dominar los problemas de álgebra expresados en palabras⁵⁶. El análisis de las tareas ha cumplido una función importante en los intentos de enseñar matemáticas en las escuelas estadounidenses y chinas⁵⁷.

El análisis de las tareas a menudo pondrá de manifiesto los conocimientos previos que se requieren para que un alumno adquiera una nueva competencia. Con frecuencia, subgrupos importantes de la población escolar no llegan a dominar estos conocimientos previos. A manera de ejemplo cabe citar el conocimiento de la recta numérica y de las operaciones básicas relacionadas con ella. R. Case y S. Griffin comprobaron que muchos estudiantes en situación de riesgo no tenían este conocimiento, que es requisito indispensable para dominar las matemáticas en los primeros años de escuela⁵⁸. Los alumnos de primer grado mejoraron en forma espectacular su rendimiento cuando se les enseñaron explícitamente estos conocimientos.

A medida que se avanza en los campos del conocimiento, su estructura cognitiva subyacente tiende a hacerse menos clara. Así, mientras que sigue siendo fácil entregar retroinformación sobre la respuesta final, se torna difícil proporcionar información sobre los distintos pasos que hay que dar mentalmente para llegar a la respuesta. El maestro muchas veces no se da cuenta cabal de lo que es este conocimiento y no sabe cómo enseñarlo. Los intentos de enseñar algunas destrezas relativamente elementales ponen de manifiesto el problema. Un buen ejemplo es lo que sucede con la lectura cuando se avanza más allá de las destrezas básicas para identificar las palabras. A. S. Palinscar y A. L. Brown lograron mejorar notablemente la capacidad de comprensión de los alumnos dándoles a conocer las técnicas para hacer resúmenes y haciéndoles ejercitarlas, aclarando las dificultades,

⁵⁵ J. R. Anderson, C. F. Boyle, y G. Yost, "The Geometry Tutor" (1985), pp. 1-7; J. R. Anderson y otros, "Acquisition of Problem Solving Skill" (1981); y K. R. Koedinger y J. R. Anderson, "Abstract Planning and Perpetual Chunks: Elements in Expertise in Geometry" (1990), pp. 511-550.

⁵⁶ R. E. Mayer, *Educational Psychology: A Cognitive Approach* (1987); J. M. Paige y H. A. Simon, "Cognitive Processes in Solving Algebra Word Problems" (1966); y M. K. Singley y otros, "The Algebra Word Problem Tutor" (1989), pp. 267-275.

⁵⁷ J. R. Anderson y otros, "Cognitive Tutors: Lessons Learned" (1995), pp. 167-207; y X. Zhu y H. A. Simon, "Learning Mathematics from Examples and by Doing" (1988), pp. 137-166.

⁵⁸ R. Case y S. Griffin, "Child Cognitive Development: The Role of Control Conceptual Structures in the Development of Scientific Thought" (1990).

formulando preguntas, etc.⁵⁹. Estas actividades son importantes para la lectura, pero al parecer a estos niños no se les había enseñado, y no eran capaces de aprenderlas por su cuenta.

También es importante que los alumnos analicen sus malos resultados a fin de que queden de manifiesto sus errores o confusiones de razonamiento. En numerosas ocasiones, en las condiciones habituales de ejercitación no se da mucha retroinformación y el alumno puede terminar absorbiendo estructuras de conocimiento equivocadas. Al respecto, se ha estudiado a fondo el caso de la resta, en que los alumnos pueden aprender reglas equivocadas y llegar a practicarlas a la perfección⁶⁰. Una situación similar se da en la física intuitiva (*naive physics*): puede ser que el alumno se haya pasado la vida ejercitando la física equivocada, que es difícil de descartar cuando llega a la sala de clases⁶¹. Los resultados de la educación mejoran si se logra que los maestros se percaten de las confusiones en que los alumnos incurren sistemáticamente⁶².

El papel de la ejercitación deliberada

Una de las consecuencias poco felices de la conocida máxima “ejercitarse hasta morir” es que deja la impresión de que la ejercitación es algo perjudicial. Empero, los estudios sobre “expertos” (*expertise*) han demostrado fehacientemente que adquirir una especialización toma mucho tiempo y exige mucha ejercitación. El análisis cognitivo de las tareas revela por qué. Toda competencia compleja contiene implícitamente un elevado número de componentes de conocimiento, para cuyo dominio se necesita bastante ejercitación. J. R. Anderson ha demostrado que para aprender una competencia compleja es preciso aprender sus numerosos componentes⁶³.

Al parecer, deliberadamente se estaría tratando de restarle importancia al tiempo que se dedica al aprendizaje. C. C. McKnight y otros tratan de quitarle a este factor el lugar que ha solido ocupar⁶⁴. Para ello, citan esta-

⁵⁹ A. S. Palinscar y A. L. Brown, “Reciprocal Teaching of Comprehension-Fostering and Comprehension-Monitoring Activities” (1984), pp. 117-175.

⁶⁰ K. Van Lehn, *Mind Bugs: The Origins of Procedural Misconceptions* (1990); y R. Young y T. O’Shea, “Errors in Children’s Subtraction” (1981), pp. 153-177.

⁶¹ A. B. Champagne, L. E. Klopfer, y J. H. Anderson, “Factors Influencing the Learning of Classical Mechanics” (1980), pp. 1074-1079; y M. McCloskey, “Intuitive Physics” (1983), pp. 122-130.

⁶² T. P. Carpenter y E. Fennema, “Cognitively Guided Instruction: Building on the Knowledge of Students and Teachers” (1992), pp. 457-470.

⁶³ J. R. Anderson, *Rules of the Mind* (1993), capítulos 7, 8 y 10.

⁶⁴ C. C. McKnight y otros, *The Underachieving Curriculum: Assessing U. S. School Mathematics from an International Perspective* (1990).

dísticas sobre los escolares japoneses de séptimo grado y estadounidenses de octavo grado, que reciben 101 y 144 horas de instrucción, respectivamente. Sin embargo, esta comparación induce a error. En Japón, el séptimo grado es el único de los doce años de enseñanza que los escolares dedican tan poco tiempo a las matemáticas. En la mayor parte de la enseñanza primaria destinan 175 horas a las matemáticas (el doble que los escolares estadounidenses), en el resto del primer ciclo de la enseñanza secundaria 140 horas y en el segundo ciclo aún más tiempo⁶⁵. A eso hay que agregar las numerosas horas, no incluidas en estas cuentas, que muchos escolares japoneses asisten a cursos extracurriculares llamados *juku*, donde reciben adicionalmente instrucción tutorial intensiva. Además, en las escuelas japonesas el tiempo se utiliza en forma mucho más eficiente. Mientras que en Japón los alumnos reciben instrucción durante un 90% del tiempo, en las escuelas estadounidenses esta proporción es de sólo un 46%⁶⁶. No obstante que las cifras oficiales hablan de 140 horas, en las escuelas públicas de Pittsburgh los alumnos de noveno grado sólo pasan un promedio de sesenta horas aprendiendo matemáticas en la sala de clases.

Los estudios psicológicos sobre el aprendizaje revelan reiteradamente que la principal variable del aprendizaje humano es el tiempo que se dedica a la tarea. Dejando de lado, por cierto, que también hay otros factores importantes, como ser la forma en que se pasa ese tiempo. Además, uno podría pasárselo aprendiendo cosas inútiles. Pero, en general, lo que se aprende es más o menos proporcional al tiempo que se destina a ello⁶⁷. La segunda variable del aprendizaje humano (esto es, el olvido) es el tiempo que transcurre fuera de la actividad. Por ejemplo, en los Estados Unidos se desconfía de las vacaciones largas de verano, y suspender por un año algún ramo importante, como álgebra (por lo general, entre álgebra I y álgebra II corresponde geometría), crea la condición ideal para olvidarla. Los maestros a menudo se quejan de la materia que tienen que repasar después de las vacaciones de verano.

Aunque el tiempo que se dedica a la tarea es decisivo, no se recomienda la ejercitación mecánica. La forma en que se distribuye el tiempo es fundamental. Como subrayan los constructivistas (y otros autores), lo que se desea es que los alumnos participen activamente en el proceso de apren-

⁶⁵ M. White, *The Japanese Education Challenge: A Commitment to Children* (1987).

⁶⁶ J. W. Stigler y M. Perry, "Mathematics Learning in Japanese, Chinese, and American Classrooms" (1990).

⁶⁷ H. A. Simon, "How Big Is a Chunk?" (1974), pp. 482-488.

dizaje. En su estudio sobre el desarrollo de la condición de experto (*expertise*), K. A. Ericsson, R. T. Krampe y C. Tesch-Romer hicieron hincapié en la “ejercitación deliberada”⁶⁸. Ésta se define como el hecho de hacer participar a sujetos motivados que reciben retroinformación mediante una práctica y una supervisión esmerada y constante. Por desgracia, en las aulas estadounidenses estas condiciones no se dan con frecuencia. H. W. Stevenson y J. W. Stigler han puesto de relieve las complejas y focalizadas explicaciones y discusiones que forman parte de las clases de matemáticas en Asia⁶⁹.

La ejercitación es tan importante para el alumno como lo es para el maestro. En Asia, los maestros dedican más tiempo que en los Estados Unidos a preparar sus clases y a ejercitarse en la instrucción. Stigler y Stevenson dicen que en Japón los maestros montan en la asignatura de matemáticas una verdadera representación teatral para sus alumnos⁷⁰. Los maestros estadounidenses tienen cursos más pequeños pero disponen de menos tiempo para preparar sus clases, mientras que los maestros asiáticos tienen cursos más numerosos pero también más horas para preparar las clases. En las escuelas asiáticas, una de las cosas que facilitan el desarrollo de las técnicas docentes es que los programas de estudio son relativamente constantes y no varían mucho de un año a otro. En cambio, en el mundo reformista y caprichoso de la educación estadounidense, los programas de estudio nunca se mantienen el tiempo suficiente como para que los maestros lleguen realmente a dominar la materia.

Transferencia, insight y comprensión

A diferencia de las antiguas aproximaciones “conductistas” al aprendizaje, que propiciaban el aprendizaje mediante repetición mecánica, los escritos de los constructivistas radicales a menudo recomiendan que los alumnos aprendan “con comprensión”. Es fundamental determinar lo que podría significar la “comprensión” en el aprendizaje y su aplicación a actividades reales. Comprender un concepto no es ni más ni menos que tener una nutrida red de estructuras de conocimiento que puedan utilizarse para resolver problemas que involucran el concepto de manera flexible en numerosas situaciones. Cada una de las estructuras de conocimiento debe aprenderse

⁶⁸ Ericsson, Krampe y Tesch-Römer, “The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance” (1993).

⁶⁹ Stevenson y Stigler, *The Learning Gap* (1992).

⁷⁰ J. W. Stigler y H. Stevenson, “How Asian Teachers Polish Each Lesson to Perfection” (1991), pp. 12-47.

por separado. De esta manera, la comprensión de una materia no se produce de golpe sino que se va construyendo paso a paso a lo largo del tiempo.

Por ejemplo, cuando se dice que un alumno ha entendido un concepto como las fracciones, ello significa que puede utilizar ese conocimiento en forma flexible en muchas situaciones. Así, el alumno puede calcular cuánta pizza le corresponderá a cada uno de tres niños si tienen que compartir media pizza; el alumno se dará cuenta de que, cuando hay que trasladar a treinta y cinco personas en autobuses que tienen capacidad para veinte, se necesitan dos autobuses y no uno tres cuartos; el alumno podrá explicar por qué para dividir una fracción hay que invertirla, etc. Un niño no adquiere de pronto la habilidad para hacer todo esto.

La idea de que en educación hay momentos de transformación está indudablemente vinculada con la antigua idea que propiciaba la psicología del desarrollo de que los niños pasan abruptamente de una etapa a otra, idea que, por su parte, a menudo se vincula con Piaget. En cambio, como lo demuestra con gran cuidado R. S. Siegler, el desarrollo es siempre gradual y continuo⁷¹. Lo mismo puede decirse de la educación.

La comparación que hace M. Wertheimer entre los alumnos a quienes se enseña a resolver de memoria los problemas y aquellos que aprenden a hacerlo por *insight** es un ejemplo clásico de la diferencia entre el aprendizaje con comprensión y el aprendizaje mecánico⁷². Los escolares a quienes se les entrega un *insight* de la fórmula para calcular el área de un paralelogramo (observando una construcción) pudieron transferirla a otros cuerpos en que podía aplicarse la fórmula (base por altura). En cambio, aquellos a los cuales simplemente se les enseñó la fórmula no pudieron transferir este conocimiento. En ambos casos, los niños aprendieron un conjunto de hechos y de procedimientos. Sin embargo, en el caso del *insight* se les enseñó un conjunto más rico y diverso de hechos que hicieron posible la transferencia. La instrucción que implica *insight* tomó más tiempo, lo que indica la mayor riqueza del conocimiento adquirido.

M. K. Singley y J. R. Anderson estudiaron en detalle las condiciones en que los conocimientos adquiridos para resolver un tipo de problema se transferían a la solución de otro⁷³. Demostraron que, en general, la transferencia de un campo de conocimiento a otro no es del tipo “todo o nada” sino que varía según la cantidad de conocimientos compartidos por ambos.

⁷¹ Siegler, *Emerging Minds...* (1996).

* *Insight*: Percepción o comprensión de la verdadera naturaleza de algo, por lo general en forma repentina (*Oxford Advanced Learner's Dictionary*). (N. del T.)

⁷² M. Wertheimer, *Productive Thinking* (1945).

⁷³ M. K. Singley y J. R. Anderson, *Transfer of Cognitive Skill* (1989).

La comprensión de la forma en que se transfieren los conocimientos de un campo a otro del saber depende críticamente de los análisis de tareas que examinan las estructuras de conocimiento que ha adquirido el sujeto respecto de una materia y evalúan su aplicabilidad a otra. Habrá transferencia en la medida en que haya elementos cognitivos compartidos.

Los autores que han escrito sobre educación y que sostienen que la comprensión tiene momentos mágicos en que se transforma el conocimiento, están haciendo hincapié en el fenómeno del *insight*. Los problemas que plantea el *insight* han sido objeto de alguna investigación experimental⁷⁴. Una de sus características notables es que los sujetos no saben que están próximos a encontrar la solución mucho antes de llegar a ella. Puesto que los problemas de *insight* se definen como aquellos cuya solución requiere un solo *insight* clave, no es raro que se tarde muy poco en codificar ese trozo de conocimiento una vez que se le reconoce. En cambio, los problemas no relacionados con el *insight* (como realizar una demostración en geometría) exigen desarrollar múltiples elementos de conocimiento. En estos casos, los alumnos pueden apreciar cuándo han resuelto una parte del problema, pero no su totalidad.

En un análisis detenido del problema del tablero de ajedrez incompleto, célebre problema de *insight*, C. A. Kaplan y H. A. Simon examinaron la relación que existe entre el *insight* crítico y el resto de la solución del problema⁷⁵. La solución del problema exige decidir si es posible cubrir un tablero de ajedrez con piezas de dominó que abarcan exactamente dos cuadrados del tablero cada una. Cuando se eliminan dos cuadrados de extremos opuestos del tablero, se hace imposible cubrir la totalidad del tablero, porque cada pieza de dominó tapa un cuadrado blanco y uno negro y se han eliminado dos cuadrados del mismo color situados en extremos opuestos. Esto es lo que se llama el *insight* de la paridad y generalmente la persona se pasa varias horas tratando infructuosamente de encontrar la solución del problema, pero luego lo resuelve rápidamente. Sin embargo, aunque la solución aparentemente fue repentina, varios pasos sentaron las bases del *insight*, entre los cuales está la alternativa de considerar las invariantes del problema. Es más, cuando los sujetos efectivamente pensaron en el *insight*, de todas formas tuvieron que pasar por el proceso de descubrir lo que éste implicaba. La prueba total de la imposibilidad no se produjo instantáneamente sino que tuvo que desarrollarse debido a la decisión de tener

⁷⁴ J. Metcalfe y D. Wiebe, "Intuition in Insight and Noninsight Problem Solving" (1987), pp. 238-246.

⁷⁵ C. A. Kaplan y H. A. Simon, "In Search of Insight" (1990), pp. 374-419.

en cuenta la paridad. Así pues, incluso en los problemas de *insight*, la suma de conocimientos no se produce en forma milagrosa, de golpe, sino que hay que ir obteniéndola parte por parte.

La evaluación empírica

El desarrollo de métodos educacionales exige más que nada una evaluación constante. Los programas de investigación no deberían imponerse como programas educacionales hasta que se hayan analizado a fondo sus consecuencias para el aprendizaje. Debería existir algo así como el Departamento de Administración de Drogas y Alimentos, que evaluara las consecuencias de los programas educacionales, tal como se hace con los medicamentos antes de que se autorice su venta al público. La mayoría de las corrientes en boga en materia de educación no resistirían esta clase de evaluaciones empíricas. Cabe preguntarse si la resistencia que opone el constructivismo radical a la validación empírica se daría si no se temiera a lo que ella puede revelar. La adhesión a una filosofía de la educación acrecienta la renuencia a verla refutada.

Parte de la objeción a la evaluación que formulan los constructivistas radicales y también otros educadores consiste en que ningún método de evaluación es perfecto. Centrarse en los inconvenientes de la evaluación es pasar por alto la información que proporciona. A manera de ejemplo cabe citar la evaluación del Project Follow Through (Proyecto de Seguimiento), que llegó a la conclusión de que, en el caso de niños de situación socioeconómica baja pertenecientes a grupos en riesgo, los métodos de instrucción directa son más eficaces que los métodos de clases abiertas⁷⁶. De inmediato el informe fue blanco de grandes críticas por todos sus inconvenientes, y se desvió totalmente la atención de la importante información que contenía la evaluación⁷⁷. Los científicos saben que deben tener conciencia de las limitaciones de los instrumentos que utilizan, pero también que no deben descuidar lo que esos instrumentos les dicen.

Aunque es importante saber cuáles son los sistemas educacionales que producen resultados positivos, también lo es comprender qué aspectos de la actividad educacional están dando lugar a las diversas partes del

⁷⁶ L. Stebbins y otros, *Education as Experimentation: A Planned Variation Model* (1977).

⁷⁷ E. House y otros, "No Simple Answer: Critique of FT Evaluation" (1978), pp. 128-160; y C. Bereiter y M. Kurland, "A Constructive Look at Follow Through Results" (1981), pp. 1-22.

resultado en materia de aprendizaje. Las investigaciones relativas a la evaluación de la educación distinguen entre evaluaciones “sumativas” y “formativas”. Las primeras tratan de identificar las consecuencias para el aprendizaje de algunos tratamientos educacionales determinados, mientras que las segundas procuran definir cómo se podría mejorar el tratamiento. Hay que realizar mayores investigaciones en psicología cognitiva que cumplan una función formativa y ayuden a determinar qué aplicaciones de la educación dan resultados y cuáles no. Por desgracia, gran parte de la investigación que se lleva a cabo en psicología cognitiva es demasiado abstracta como para que sea de utilidad para el educador. Hay que vincular más claramente la investigación de laboratorio con los problemas que plantea la educación, a fin de que pueda orientar mejor las intervenciones educacionales.

La evaluación empírica efectivamente plantea problemas importantes, uno de los cuales es la definición de los objetivos. Ningún sistema de instrucción optimizará los objetivos de todos. Además, puede ser que las distintas evaluaciones lleguen a conclusiones diferentes acerca de lo que el alumno ha aprendido. En consecuencia, hay que analizar los objetivos de la educación y tener en cuenta las consecuencias de los distintos métodos de evaluación. Con todo, estas legítimas preocupaciones no deberían hacer que los educadores y los estudiosos dejen de recopilar aquella información que puede orientar sus juicios.

Conclusión

Ha llegado el momento de abandonar las filosofías de la educación y volver la mirada hacia la ciencia de la educación. Tomemos el caso de la medicina. Durante miles de años, antes de que se conociera realmente la fisiología humana, médicos y otras personas conocían y utilizaban remedios para algunas patologías, a veces con éxito. J. Gleick nos ofrece una descripción gráfica de la medicina precientífica:

Quienes la practicaban tenían la autoridad que se les ha reconocido a los curanderos a lo largo de la historia humana; utilizaban un lenguaje especializado y se escudaban tras escuelas y sociedades profesionales, pero sus conocimientos eran una mezcla de sabiduría popular y modas cuasicientíficas. Eran pocos los investigadores de la medicina que comprendían los rudimentos de la experimentación estadística dirigida. Las autoridades defendían o atacaban determinadas terapias más o menos como los teólogos defendían o atacaban

sus teorías, empleando una mezcla de experiencia personal, razonamiento abstracto y juicio estético⁷⁸.

Cuando la medicina comenzó a adoptar los métodos de la ciencia, junto con desarrollarse la fisiología y la bioquímica modernas se desarrollaron tratamientos muchísimo más eficaces. En la actualidad, los tratamientos se basan precisamente en esas ciencias. Para intervenir eficazmente en las enfermedades fue preciso profundizar el conocimiento de los mecanismos de la enfermedad, esto es, lo que sucede en el cuerpo enfermo. Ésta es la revolución de la medicina en el siglo veinte, y sus resultados ahorraron comentarios.

Del mismo modo, los seres humanos han estado aprendiendo, y enseñando a sus hijos, desde los albores de la humanidad. Con la ayuda de tecnología como papel y pizarrón se ha desarrollado una “medicina popular” razonablemente poderosa, basada en clases y lecturas y en aprendizaje y enseñanza, una medicina popular que no exige saber demasiado acerca de lo que pasa por la mente humana durante el proceso de aprendizaje y que no ha cambiado mucho desde que se crearon las primeras escuelas.

Para avanzar más allá de estas técnicas tradicionales hay que seguir el ejemplo de la medicina y, como lo ha estado haciendo la psicología cognitiva en los últimos treinta o cuarenta años, hay que elaborar una teoría acerca de los procesos de información contenidos implícitamente en el desempeño calificado y en la adquisición de destrezas. Hay que formular una teoría acerca de las formas en que los conocimientos se representan internamente y acerca de los modos de adquirir estas representaciones internas. La psicología cognitiva ha logrado avanzar un largo camino hacia una teoría de esta naturaleza y ya se sabe mucho sobre lo que se puede hacer, y comienza a hacerse, para mejorar los procesos de aprendizaje.

Si se logra avanzar hacia un acercamiento más científico, se comprobará que las filosofías de la educación tradicionales se asemejan a las doctrinas de la medicina popular: contienen algunos elementos de verdad y otros de información falsa. Lo mismo puede aplicarse al constructivismo radical. Sólo podrán lograrse avances importantes en la práctica de la educación cuando se desarrolle una ciencia de la educación que separe la verdad de la fantasía, tal como la que se está comenzando a desarrollar actualmente.

⁷⁸ J. Gleick, *Genius: The Life and Science of Richard Feynman* (1992).

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, J. R.; y otros. "Acquisition of Problem Solving Skill". En J. R. Anderson (ed.), *Cognitive Skills and Their Acquisition*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 1981.
- Anderson, J. R.; Boyle, C. F.; y Yost, G. "The Geometry Tutor". *Proceedings of IJCAI* (1985).
- Anderson, J. R. *Rules of the Mind*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 1993.
- Anderson, J. R., y otros. "Cognitive Tutors: Lessons Learned". *Journal of Learning Sciences*, Vol. 4 (1995).
- Anderson, J. R.; Simon, H. A.; y Reder, L. M. "Situated Learning and Education". *Educational Researcher*, Vol. 25 (mayo 1996).
- Anderson, J. R.; Simon, H. A.; y Reder, L. M. "Rejoinder: Situative versus Cognitive Perspectives: Form versus Substance". *Educational Researcher*, Vol. 26 (1997).
- Atkinson, R. C.; y Wilson, H. A. (eds.). *Computer-Assisted Instruction*. Nueva York: Academic Press, 1969.
- Ausubel, D. P. *Educational Psychology: A Cognitive View*. Nueva York: Holt, Rinehart, and Winston, 1968.
- Bahrack, H. P.; y Hall, L. K. "Lifetime Maintenance of High School Mathematics Content". *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol. 120 (1991).
- Begg, I.; y otros. "The Generation Effect Is No Artifact: Generation Makes Words Distinctive". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 15 (1989).
- Bereiter, C.; y Kurland, M. "A Constructive Look at Follow Through Results". *Interchange*, Vol. 12 (1981).
- Bielaczyc, K.; Pirolli, P.; y Brown, A. L. "Training in Self-Explanation and Self-Regulation Strategies: Investigating the Effects of Knowledge Acquisition Activities on Problem Solving". *Cognition and Instruction*, Vol. 13 (1995).
- Bloom, B. S. "Learning for Mastery". *Evaluation Comment*, Vol. I (1968).
- Bloom, B. S. *Human Characteristics and Social Learning*. McGraw-Hill, 1976.
- Bobrow D. G.; y Bower, G. H. "Comprehension and Recall of Sentences". *Journal of Experimental Psychology*. Vol. 80 (1969).
- Bransford, J. D.; y Johnson, M. K. "Contextual Prerequisites for Understanding: Some Investigations of Comprehension and Recall". *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Vol. 11 (diciembre 1972).
- Brousseau, G. "The Crucial Role of the Didactical Contract in the Analysis and Construction of Situations in Teaching and Learning Mathematics". En H.-G. Steiner (ed.), *Theory of Mathematics Education*, Occasional Paper No. 54, Bielefeld, Alemania, Universidad de Bielefeld, Institut für Didaktik de Mathematik, 1984.
- Brown, J. S.; Collins, A.; y Duguid, P. *Situated Cognition and the Culture of Learning*. Technical Report No. IRL88-0008. Institute for Research on Learning, 1988.
- Burns, D. J. "The Generation Effect: A Test Between Single and Multifactor Theories". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 16 (1990).
- Carpenter, T. P.; y Fennema, E. "Cognitively Guided Instruction: Building on the Knowledge of Students and Teachers". En W. Secada (ed.), *Curriculum Reform: The Case of Mathematics in the United States*. Edición especial de *International Journal of Educational Research*, Elmsford, N.Y.: Pergamon Press, 1992.

- Case, R.; y Griffin, S. "Child Cognitive Development: The Role of Control Conceptual Structures in the Development of Scientific Thought". En C. A. Hauert (ed.), *Developmental Psychology: Cognitive, Perception-Motor, and Neurophysiological Perspectives*. North Holland, 1990.
- Cobb, P.; y otros. "Assessment of a Problem-Centered Second Grade Mathematics Project". *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 22 (enero 1991).
- Cobb, P.; Yackel, E.; y Wood, T. "A Constructivist Alternative to the Representational View of Mind in Mathematics Education". *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 23 (enero 1992).
- Confrey, J. "Learning to Listen: A Student's Understanding of Powers of Ten". En E. von Glaserfeld (ed.), *Radical Constructivism in Mathematics Education*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers, 1991.
- Craik, F. I. M.; y Watkins, M. J. "The Role of Rehearsal in Short-Term Memory". *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Vol. 12 (1973).
- Chamberlin, D.; y otros. *Did They Succeed in College? The Follow-Up Study of the Graduates of the Thirty Schools*. Harper and Row, 1942.
- Champagne, A. B.; Klopfer, L. E.; y Anderson, J. H. "Factors Influencing the Learning of Classical Mechanics". *American Journal of Physics*, Vol. 48 (1980).
- Champagne, A. B. "Empiricism Is Not a Four-Letter Word". *College Composition and Communication*, Vol. 47, No. 4 (diciembre 1996).
- Charney, D. H.; Reder, L. M.; y Kusbit, G. W. "Goal Setting and Procedure Selection in Acquiring Computer Skills: A Comparison of Tutorials, Problem-Solving, and Learner Exploration". *Cognition and Instruction*, Vol. 7, No. 4 (1990).
- Chi, M. T.; y otros. "Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems". *Cognitive Science*, Vol. 13 (abril-junio 1989).
- Dansereau, D. F.; y Johnson, D. W. "Cooperative Learning". En D. Druckman y R. A. Bjork (eds.), *Learning, Remembering, Believing: Enhancing Team and Individual Performance*. Washington: National Academy Press, 1994.
- Dewey, J. *Experience and Education*. Nueva York: Collier, 1938.
- Dossen, J. A. "Assessing Mathematics: Enhancing Understanding". En I. Wirszup y R. Streit (eds.), *Developments in School Mathematics Education around the World*. Vol. 3. Actas de la Third UCSMP International Conference on Mathematics Education. Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics, 1992.
- Ericsson, K. A.; Krampe, R. T.; y Tesch-Römer, C. "The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance". *Psychological Review*, Vol. 100 (1993).
- Glaser, R. "Individuals and Learning: The New Aptitudes". *Educational Researcher*, Vol. I (1972).
- Gleick, J. *Genius: The Life and Science of Richard Feynman*. Nueva York: Pantheon Books, 1992.
- Glenberg, A. M.; Smith, S. M.; y Green, C. "Type I Rehearsal Maintenance and More". *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Vol. 16 (1977).
- Greeno, J. G. "On Claims That Answer the Wrong Questions". *Educational Researcher*, Vol. 26 (1997).
- Gronlund, N. E. *Stating Behavioral Objectives for Classroom Instruction*. Macmillan, 1985.
- Guskey T. R.; y Gates, S. "Synthesis of Research on the Effects of Mastery Learning in Elementary and Secondary Classrooms". *Educational Leadership*, Vol. 43 (1986).
- Hayes. J. R. "Three Problems in Teaching General Skills". En J. Segal, S. Chipman y R. Glaser (eds.), *Thinking and Learning*, Vol. 2. Hillsdale N. J.: Erlbaum, 1985.

- Hiebert, J.; y otros. "Authentic Problem Solving in Mathematics". Trabajo presentado en la reunión anual de la American Educational Research Association, New Orleans, La., 1994.
- Hirshman, E.; y Bjork, R. A. "The Generation Effect: Support for a Two-Factor Theory". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 14 (1988).
- House, E.; y otros. "No Simple Answer: Critique of FT Evaluation". *Harvard Educational Review*, Vol. 48 (1978).
- Johnson, D. W.; y Johnson, R. T. *Cooperation and Competition: Theory and Research*. Edina, Minn.: Interaction Book Co., 1989.
- Jonassen, D. H. "Evaluating Constructivist Learning". En T. M. Duffy y D. H. Jonassen (eds.), *Constructivism and the Technology of Instruction Hillsdale*, N. J. Erlbaum, 1992.
- Kaplan, C. A.; y Simon, H. A. "In Search of Insight". *Cognitive Psychology*, Vol. 22 (julio 1990).
- Keller, F. S. "Good-Bye Teacher". *Journal of Applied Behavior Analysis*, Vol. I (1968).
- Kieras, D. E.; y Bovari, S. "The Role of a Mental Model in Learning to Operate a Device". *Cognitive Science*, Vol. 8 (julio-septiembre 1984).
- Knerr, C. M.; y otros. *Simulation-Based Research in Part Task Training*, AF HRL-TR-86-12, AP-B107293. Brooks Air Force Base, Texas: Air Force Human Resources Laboratory, 1987.
- Koedinger, K. R.; y Anderson, J. R. "Abstract Planning and Perpetual Chunks: Elements in Expertise in Geometry". *Cognitive Science*, Vol. 14 (1990).
- Koedinger, K. R.; y otros. "Intelligence Tutoring Goes to School in the Big City". Trabajo presentado en la Seventh World Conference on Artificial Intelligence in Education, Washington, D. C., agosto 16-19, 1995.
- Kulik C.; y Bangert-Downs, R. "Effects of Testing for Mastery on Student Learning". Trabajo presentado en la reunión anual de la American Educational Research Association, San Francisco, California, 1986.
- Lesh R.; y Lamon, S. J. *Assessment of Authentic Performance in School Mathematics*. Washington: AAAS Press, 1992.
- Lesh R.; y Zawojeski, J. S. "Problem Solving". En T. R. Post (ed.), *Teaching Mathematics in Grades K-8: Research-Based Methods*. Needham Heights, Mass.: Allyn and Bacon, 1992.
- Lumsdaine, A. A.; Glaser, R. (eds.). *Teaching Machines and Programmed Learning*. Washington: National Education Association, 1960.
- Mager, R. F. *Preparing Instructional Objectives*. Palo Alto, Calif.: Fearon, 1962.
- Mayer, R. E. *Educational Psychology: A Cognitive Approach*. Little, Brown, 1987.
- Mayhew, K. C.; y Edwards, A. C. *The Dewey School*. Nueva York: Appleton-Century, 1936.
- McClelland, J. L.; y Rumelhart, D. E. (eds.). *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, Vol. 2. MIT Press, Bradford Books, 1986.
- McCloskey, M. "Intuitive Physics". *Scientific American*, Vol. 248 (1983).
- McDaniel, M. A.; Waddill, P. J.; y Einstein, G. O. "A Contextual Account of the Generation Effect: A Three Factor Theory". *Journal of Memory and Language*, Vol. 27 (1988).
- McKnight, C. C.; y otros. *The Underachieving Curriculum: Assessing U. S. School Mathematics from an International Perspective*. Champaign, Ill.: Stipes Publishing Co., 1990.

- Metcalfe, J.; y Wiebe, D. "Intuition in Insight and Noninsight Problem Solving". *Memory and Cognition*, Vol. 15 (1987).
- National Research Council (NRC). *Learning, Remembering, Believing: Enhancing Human Performance*. Editado por D. Druckman y R. A. Bjork. Washington: National Academy Press, 1994.
- Paige, J. M.; y Simon, H. A. "Cognitive Processes in Solving Algebra Word Problems". En B. Kleinmuntz (ed.), *Problem Solving*. John Wiley and Sons, 1966.
- Palinscar, A. S.; y Brown, A. L. "Reciprocal Teaching of Comprehension-Fostering and Comprehension-Monitoring Activities". *Cognition and Instruction*, Vol. I (1984).
- Patrick, J. *Training: Research and Practice*. San Diego, Calif.: Academic Press, 1992.
- Porter, D. *An Application of Reinforced Principles to Classroom Teaching*. Cooperative Research Project No. 142. Harvard University, 1961.
- Ravitch, D. *The Troubled Crusade: American Education, 1945-1980*. Basic Books, 1983.
- Resnick, L. B.; Briars, D.; y Lesgold, S. "Certifying Accomplishments in Mathematics: The New Standards Examining System". En I. Wirszup y R. Streit (eds.), *Developments in School Mathematics Education around the World*, Vol. 3. Actas de la Third UCSMP International Conference on Mathematics Education. Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics, 1992.
- Resnick, L. B. "Situated Rationalism: Biological and Social Preparation for Learning". En Lawrence A. Hirschfield y Susan Gelman (eds.), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture* Cambridge, N. Y.: Cambridge University Press, 1994.
- Richman, H. B.; y Simon, H. A. "Context Effects in Letter Perception: Comparison of Two Theories". *Psychological Review*, Vol. 96 (julio 1989).
- Rist, R. C. "Student Social Class and Teacher Expectations: The Self-Fulfilling Prophecy in Ghetto Education". *Harvard Educational Review*, Vol. 40 (1989).
- Rumelhart, D. E.; y McClelland, J. L. "On Learning the Past Tenses of English Verbs". En J. L. McClelland y D. E. Rumelhart (eds.), *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, Vol. 2. MIT Press, Bradford Books, 1986.
- Salas, E.; y otros. "Toward an Understanding of Team Performance and Training". En R. W. Swezey y E. Salas (eds.), *Teams: Their Training and Performance*. Norwood, N. J.: Ablex, 1993.
- Salomon, G.; y Globerson, T. "When Teams Do Not Function the Way They Ought To". *International Journal of Educational Research*, Vol. 13 (1989).
- Siegler, R. S. *Children's Thinking: An Information Processing Approach*. Englewood Cliffs. N. J.: Prentice-Hall, 1980.
- Siegler, R. S. *Emerging Minds: The Process of Change in Children's Thinking*. Nueva York: Oxford University Press, 1996.
- Silver, E. A. "Foundations of Cognitive Theory and Research for Mathematics Problem-Solving". En A. H. Schoenfeld (ed.), *Cognitive Science and Mathematics Education*. Hillsdale, N. J.: LEA, 1987.
- Simon, H. A. "How Big Is a Chunk?" *Science*, Vol. 183 (1974).
- Singley, M. K.; y otros. "The Algebra Word Problem Tutor". *Artificial Intelligence and Education* (1989).
- Singley, M. K.; y Anderson, J. R. *Transfer of Cognitive Skill* Harvard University Press, 1989.
- Slamecka, N. J.; y Graf, P. "The Generation Effect: Delineation of a Phenomenon". *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory, and Cognition*, Vol. 4 (1978).

- Slamecka, N. J.; y Katsaiti, L. T. "The Generation Effect: Delineation of a Phenomenon". *Journal of Memory and Language*, Vol. 26 (1987).
- Slavin, R. E. *Collective Learning: Theory, Research, and Practice*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1990.
- Stebbins, L.; y otros. *Education as Experimentation: A Planned Variation Model*, Vol. IV-A. Cambridge, Mass.: Abt Associates, 1977.
- Stevenson, H. W.; y Stigler, J. W. *The Learning Gap: Why Our Schools Are Failing and What We Can Learn from Japanese and Chinese Education*. Nueva York: Summit Books, 1992.
- Stigler, J. W.; y Perry, M. "Mathematics Learning in Japanese, Chinese, and American Classrooms". En J. W. Stigler, R. A. Shweder y G. Herdt (eds.), *Cultural Psychology*. Nueva York: Cambridge University Press, 1990.
- Stigler, J. W.; y Stevenson, H. "How Asian Teachers Polish Each Lesson to Perfection". *American Educator*, Vol. 15 (1991).
- Suppes, P. "Modern Learning Theory and The Elementary School Curriculum". *American Educational Research Journal*, Vol. 2 (1964).
- Van Lehn, K. *Mind Bugs: The Origins of Procedural Misconceptions*. MIT Press, 1990.
- Von Glaserfeld, E. (ed.). *Radical Constructivism in Mathematics Education*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers, 1991.
- Wertheimer, M. *Productive Thinking*. Harper and Row, 1945.
- White, M. *The Japanese Education Challenge: A Commitment to Children*. Free Press, 1987.
- Wirszup, I.; y Streit, R. (eds.), *Developments in School Mathematics Education around the World*, Vol. 3. Actas de la Third UCSMP International Conference on Mathematics Education. Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics, 1992.
- Young, R.; y O'Shea, T. "Errors in Children's Subtraction". *Cognition and Science*, Vol. 5 (1981).
- Zhu, X.; y Simon, H. A. "Learning Mathematics from Examples and by Doing". *Cognition and Instruction*, Vol. 4 (1988). □