

Currículum y cognición

Lauren B. Resnick
Leopold E. Klopfer
(Compiladores)

Aique Grupo Editor – 1989- Argentina

La obra original es un Volumen Anual
publicado en inglés por la Association for
Supervision and Curriculum
Development (ASCD)-USA

Este material se utiliza con fines
exclusivamente didácticos

ÍNDICE

Los autores de este volumen.....	7
Agradecimientos.....	9
Prefacio.....	11
1. Hacia un currículum para desarrollar el pensamiento: una visión general	15
<i>Lauren B. Resnick y Leopold E. Klopfer</i>	
2. La enseñanza para la lectura autorregulada	43
<i>Annemarie Sullivan Palincsar y Ann L. Brown</i>	
3. El mejoramiento de la práctica mediante la comprensión de la lectura.....	75
<i>Isabel L. Beck</i>	
4. La enseñanza de conceptos matemáticos.....	105
<i>Rochelle G. Kaplan, Takashi Yamamoto y Herbert P. Ginsburg</i>	
5. La enseñanza del pensamiento matemático y la resolución de problemas	107
<i>Alan H. Schoenfeld</i>	
6. La investigación en escritura: la construcción de una comprensión cognitiva y social de la composición	171
<i>Glynda Ann Hull</i>	
7. La enseñanza de las ciencias para la comprensión	209
<i>James A. Minstrell</i>	
8. La investigación sobre la enseñanza del pensamiento científico: implicaciones para la enseñanza basada en computadoras.....	241
<i>Jill H. Larkin y Ruth W. Chabay</i>	
9. Una perspectiva sobre la investigación cognitiva y sus implicancias para la enseñanza	275
<i>John D. Bransford y Nancy J. Vye</i>	
Hacia el currículum para desarrollar el pensamiento: conclusiones finales.....	325
<i>Lauren B. Resnick y Leopold E. Klopfer</i>	
Notas.....	333

9. UNA PERSPECTIVA SOBRE LA INVESTIGACIÓN COGNITIVA Y SUS IMPLICANCIAS PARA LA ENSEÑANZA

John D. Bransford y Nancy J. Vye*

Los autores de este volumen consideran que la investigación cognitiva tiene implicaciones importantes para la educación. Los investigadores cognitivos estudian los procesos psíquicos subyacentes en actividades como la percepción, el pensamiento y el aprendizaje. Estudiando específicamente los procesos involucrados en la lectura, la escritura, el pensamiento matemático y científico y otras actividades, debería ser posible hacer mejoras significativas en la enseñanza.

Este capítulo ofrece una perspectiva sobre este campo de investigación tan activo e importante. Este campo es demasiado grande como para que podamos hacer una reseña exhaustiva; nos centraremos en estudios seleccionados que son relevantes para los capítulos precedentes de este libro y amplían lo que en ellos se expresa. (Otras visiones generales de excelencia son las de Pea y Soloway, 1987; Resnick, 1987; Glaser y Bassok, 1989.) Esperamos que nuestros lectores utilicen nuestra reseña y las referencias que proporcionamos para profundizar más en la investigación cognitiva que les resulte de interés.

Nuestro análisis se organiza en torno a tres áreas de investigación que Glaser (1976) define como componentes necesarios de cualquier teoría de la enseñanza adecuada.

1. Investigación sobre los procesos que subyacen al desempeño competente en cualquier campo en particular. (¿Qué hacen los lectores eficientes mientras leen? ¿Qué hacen los escritores mientras escriben?)
2. Investigación sobre los estados iniciales de los alumnos antes de la enseñanza. (Qué es lo que ya saben, sienten y creen sobre el área de enseñanza.)
3. Investigación sobre los procesos de transición del estado inicial del alumno hasta el estado-objetivo final. (Qué ocurre mientras tiene lugar el aprendizaje?) Esta categoría incluye investigación sobre las estrategias de los docentes y el ámbito social para la enseñanza.

Estudios sobre el desempeño competente

Observamos antes que una etapa importante en el desarrollo de una teoría de la enseñanza es el estudio de los procesos que subyacen al desempeño exitoso en las áreas específicas. Esto es muy diferente de un enfoque que se centre exclusivamente en los productos que obtienen los individuos que tienen éxito. Una investigación realizada por Ericsson, Chase y Faloon (1980) proporciona una ilustración simple de la importancia del estudio de los procesos. Ellos trabajaron con un alumno de nivel pre-universitario que paso mas de un año desarrollando la habilidad de recordar secuencias de números (por ejemplo, 982761093). Al comenzar la enseñanza, el alumno podía recordar secuencias de aproximadamente siete números, cifra que se ajusta a las estimaciones de la investigación de Miller (1956) sobre las limitaciones de la memoria de corto plazo. Al terminar la enseñanza, el alumno podía recordar secuencias de más de 70 números. Evidentemente, la práctica daba resultados positivos.

Imagine que Ud. acepta ayudar a 30 alumnos a aprender a recordar secuencias de números. Como su objetivo primordial es la enseñanza, puede no parecer necesario saber nada sobre los procesos que usa un experto para recordar secuencias de números. Los teóricos cognitivos sostienen que el conocimiento de esos procesos es de suma importancia. Una razón es que uno necesita tener cierta idea de lo que puede decirle a los alumnos sobre que se puede esperar de la enseñanza. Al finalizar el año, ¿serán capaces de recordar otras cosas, como largas secuencias de letras (por ejemplo, kcdsxmwpxiój)? Una segunda razón para entender los procesos es que uno tiene que estar preparado para ayudar a los alumnos que tienen dificultades. ¿Qué sucederá si algunos no hacen progresos significativos a pesar de la práctica? ¿Sacará uno la conclusión de que “carecen de capacidad” o podrá ofrecer enseñanza específica sobre estrategias para el aprendizaje? El conocimiento de cómo el alumno de Ericsson realizó la tarea puede resultar muy útil a este respecto.

Ericsson y Chase hallaron que la mejoría de su alumno no se debió al hecho de que “reforzaba” o “aumentaba” su capacidad general de memoria de corto plazo. En cambio, el alumno aprendió a usar

* John D. Bransford es Profesor de Psicología y Educación, Director del Learning Technology Center, Peabody College de la Universidad de Vanderbilt, Nashville, Tennessee.

conocimientos específicos para “agrupar” la información significativamente (Miller, 1956). Si uno ve los números 1-4-9-2, fácilmente puede “agruparlos” en una unidad significativa llamada “cuando Colón descubrió América”. De manera similar, el alumno de Ericsson sabía mucho de atletismo, incluyendo los tiempos de muchas carreras famosas y los récords nacionales y mundiales. Con la práctica, este alumno aprendió a usar su amplio conocimiento de atletismo para agrupar los números en unidades significativas. Obsérvese que esa estrategia no serviría para ayudar a recordar secuencias de letras. Ericsson comprobó que el año de práctica con secuencias de números no ayudó al alumno a aprender a recordar secuencias de letras.

Varios investigadores han estudiado cómo los expertos logran una mejor comprensión de los procesos cognitivos involucrados en su desempeño (véase Chi, Glaser y Farr, 1988). Las definiciones de “experto” varían en estos estudios. En algunos casos, los individuos estudiados son los mejores del mundo en su área (por ejemplo, los grandes maestros de ajedrez). En otros casos, los “expertos” son competentes pero no de nivel mundial. Lo importante de esta literatura es el contraste entre aquellos que se desempeñan bien con aquellos que no lo hacen tan bien en las diversas tareas. Nos centraremos en dos tipos de estudios que contrastan el desempeño de los expertos con los individuos menos experimentados. El primero explora los procesos involucrados cuando se pide a los expertos que resuelvan un tipo de problema que tiene lugar con relativa frecuencia en su área específica. El segundo explora los procesos involucrados cuando la gente enfrenta situaciones relativamente novedosas y se le pide que aprenda algo nuevo.

La resolución de problemas con tipos de problemas familiares

Un conjunto de estudios clásico realizado por el psicólogo holandés Adrian deGroot (1965) resulta un excelente ejemplo de formas de contrastar el desempeño de expertos con individuos menos hábiles. deGroot estudió a los maestros de ajedrez para comprender el pensamiento superior y la resolución de problemas que les permitía ganar con regularidad. En sus estudios DeGroot comparó el desempeño de maestros internacionales con el de jugadores muy buenos pero sin nivel de maestros. DeGroot centró su investigación en el problema enfrentado por los jugadores de ajedrez cada vez que tenían que decidir un movimiento.

En cada momento del juego, los jugadores de ajedrez tienen que elegir un movimiento que los ayude a ganar. La elección del mejor movimiento involucra complejas tomas de decisiones.

Cuando deGroot empezó su investigación, partió del supuesto de que los maestros hacían mejores movimientos que los jugadores menos hábiles (cosa que, naturalmente, es así). Consideró, además, que los maestros eran mejores porque podían pensar mas movimientos posibles que los demás jugadores analizar con mayor precisión las consecuencias de cada movimiento potencial pensando más hacia adelante. DeGroot exploró sus hipótesis presentando a maestros y jugadores menos hábiles ejemplos de partidas de ajedrez y pidiéndoles que eligieran el mejor movimiento. También pidió a los participantes que pensarán en voz alta mientras consideraban las diversas posibilidades.

Los resultados de los estudios de deGroot no corroboraron sus hipótesis. El pensamiento de los maestros era cualitativamente superior, pero no cuantitativamente. No pensaban más movimientos que los jugadores menos experimentados. Tampoco elegían un movimiento y consideraban sus implicaciones para las siguientes 20 jugadas ni pensaban en todas las jugadas posibles y eliminaban sistemáticamente las más pobres. Sólo parecían ocurrírseles las posibilidades relativamente buenas.

Uno podría sentirse tentado a sacar la conclusión de que los maestros de ajedrez tienen sencillamente una mejor “intuición” para los movimientos más eficaces que los jugadores menos experimentados. Esto proporciona una etiqueta para un fenómeno, pero no ayuda a aclarar por qué los maestros son más “intuitivos”. DeGroot pensó que los maestros de ajedrez debían haber desarrollado una base de conocimientos que facilitaba el reconocimiento de esquemas y les permitía reconocer los puntos fuertes y débiles de las posiciones específicas en la partida. Basándose en esta información, los expertos eran más capaces de generar movimientos cualitativamente superiores.

DeGroot intentó probar la idea de que las percepciones iniciales de los maestros respecto de las partidas de ajedrez eran más ricas y más estructuradas que las percepciones de los jugadores menos hábiles. Para probar la hipótesis del reconocimiento de esquemas, deGroot mostró a maestros y jugadores de menor nivel una partida de ajedrez durante cinco segundos y luego les pidió que reprodujeran la posición de las piezas con la mayor precisión posible, usando nuevas piezas y otro tablero. Los resultados mostraron que el rendimiento de los expertos en esta tarea de memoria de corto plazo era excelente, en tanto que los jugadores menos experimentados tenían considerables dificultades para realizarla. Sin embargo, posteriores estudios de deGroot y Chase y Simon (1973) demostraron que el excelente desempeño de los maestros no se debía

simplemente a su superior capacidad de memoria de corto plazo. En estos experimentos posteriores, se mostró a los maestros de ajedrez una partida durante cinco segundos y se les pidió que la reprodujeran de memoria. En algunos casos, se les mostraron tableros con las piezas colocadas al azar. En estos casos, los maestros no recordaron dónde iban las piezas mejor que los jugadores de menor nivel. La base de conocimiento de los maestros consistía en esquemas significativos y no los ayudaba a codificar piezas colocadas al azar. Cuando las configuraciones eran significativas, los maestros podían recordar fácilmente dónde habían estado prácticamente todas las piezas.

Comparaciones de alumnos de 10 años de edad y de nivel pre-universitario

Experimentos realizados por Chi (1978) compararon el desempeño de niños pequeños (de 10 años de edad promedio) con el de estudiantes de nivel pre-universitario, en varias tareas diferentes. Una de las tareas incluía memoria de corto plazo para secuencias de números como 2047938514. No resultó sorprendente comprobar que los estudiantes mayores se desempeñaban mejor en esta tarea. Los mayores lograron recordar un promedio de ocho números en cada intento, en tanto que los niños más pequeños sólo recordaron seis. Pero en ajedrez, los resultados fueron opuestos. Los alumnos menores recordaron un promedio de más de nueve piezas ordenadas significativamente sobre un tablero de ajedrez, mientras que los alumnos mayores sólo recordaron aproximadamente cinco y media.

Los menores que participaron en este estudio de Chi eran ávidos jugadores de ajedrez, pero los alumnos mayores no sabían jugarlo. Usando piezas de ajedrez, Chi pudo evaluar las ventajas que podía proporcionar el conocimiento de este juego: muchas, como demostró el experimento. Los datos demuestran que la “capacidad de memoria” no es una propensión general para el almacenamiento de información. En cambio, nuestras capacidades para recordar dependen marcadamente de la naturaleza de la información que previamente hayamos adquirido.

El reconocimiento de esquemas en matemática

En el área de la matemática se han realizado estudios análogos a los de deGroot y Chase y Simon (véase Mayer 1985, por una reseña general). Por ejemplo, Hinsley, Hayes y Simon (1977) y Robinson y Hayes (1978) exploraron las pistas que necesitan los expertos para identificar tipos específicos de problemas. En estos experimentos, se leían problemas típicos con enunciados de palabras a los participantes, de a una oración por vez, y éstos rápidamente los categorizaban en varios tipos.

Por ejemplo, si oían: “Una canoa viaja por un río a 10 km. por hora”, solían decir: “Es un problema de corriente de río”. De manera similar, los expertos podían fácilmente decidir qué tipos de información eran relevantes para tipos de problemas específicos. En los problemas de corriente de río simples, por ejemplo, los expertos saben que el peso del bote raramente entra en la solución del problema, pero es de suma importancia saber si el bote viaja río arriba o río abajo, así como la velocidad de la corriente. Los expertos están familiarizados con una cantidad de tipos de problemas básicos, y este rico conocimiento juega un papel importante en la guía de sus estrategias.

En una serie de estudios, Mayer (1982) se centró en el conocimiento que tenían alumnos de nivel pre-universitario de problemas con enunciados de palabras en álgebra. Evaluó este conocimiento identificando tipos de problemas diferentes y mirando libros de texto de álgebra típicos para determinar con qué frecuencia aparecían estos tipos de problemas. En un estudio, Mayer pidió a los alumnos que leyeran y luego intentaran recordar una serie de problemas con enunciados de palabras que involucraran al álgebra. Hubo una fuerte correlación entre la precisión del recuerdo y la frecuencia con que habían aparecido los diversos tipos de problemas en los textos: el rico conocimiento que tenían los estudiantes sobre cuáles eran los tipos de problemas más frecuentes aparentemente los ayudó a recordar la información relevante; para los tipos de problemas menos frecuentes, la precisión de la memoria resultó relativamente pobre. Estos resultados son importantes porque sugieren que la pericia en la matemática involucra algo más que estrategias generales como “busca la información relevante y luego haz los cálculos”. El conocimiento que poseen los alumnos sobre los tipos de problemas específicos guía sus estrategias y los ayuda a determinar qué es relevante.

Estudios adicionales sobre pericia

Además del trabajo en matemática, los estudios de deGroot (1965) y Chase y Simon (1973) han alentado a los investigadores a estudiar a los expertos en muchos otros campos.

Los ejemplos incluyen estudios de programadores de computadoras expertos versus novatos (Linn, 1985), jugadores de bridge (Charness, 1979; Engel y Bukstel, 1978), radiólogos (Lesgold, 1988), físicos (Chi, Feltovich y Glaser, 1981), atletas (Allard y Burnett, 1985) y docentes (Berliner, 1986; Leinhardt y Greene, 1986). En cada uno de los casos, los expertos han mostrado los tipos de aptitudes de reconocimiento de esquemas que se vieron en la investigación con maestros de ajedrez. Los programadores expertos pueden interpretar y entender rápidamente los programas de computación familiares; los docentes expertos pueden fácilmente reconocer las actividades del aula y las estructuras grupales a partir de una única y breve mirada a una imagen de un aula. Los físicos expertos pueden interpretar y clasificar con facilidad diferentes tipos de problemas físicos.

Los expertos también organizan el conocimiento de manera diferente a los novatos. Chi y sus colegas (1981) compararon físicos expertos con estudiantes universitarios de física. A ambos grupos se les presentó un conjunto de problemas de física y se les pidió que los agruparan. Los estudiantes tendieron a agrupar los problemas según sus características específicas y concretas (por ejemplo, problemas que incluían un plano inclinado, problemas con resorte, etc.). En cambio, los expertos agruparon los problemas según principios físicos abstractos (por ejemplo, “todos éstos se basan fundamentalmente en la segunda ley de Newton”).

Los investigadores también han descubierto que los expertos son más capaces de controlar su propio pensamiento y resolución de problemas que las personas menos experimentadas. Los expertos pueden juzgar con más precisión el grado de dificultad de los problemas y por lo tanto aprovechar su tiempo con más eficiencia. Además, son más capaces de evaluar sus progresos y predecir los resultados de su desempeño (Simon y Simon, 1979; Larkin, McDermot, Simon y Simon 1980; Brown, 1978; Chi, Glaser y Rees, 1982; Chi, Bassok, Lewis, Reimann y Glaser, 1988).

Diferentes enfoques del aprendizaje en situaciones novedosas

En los estudios precedentes, se pedía a los expertos que resolvieran problemas con los que ya estaban relativamente familiarizados. Pero la gente también tiene que tratar con situaciones novedosas. Por lo tanto, necesitan habilidades para aprender la nueva información. Los investigadores han explorado diferencias en la forma en que los alumnos exitosos y los no exitosos encaran el problema del aprendizaje de la información nueva. Como simple ilustración, imaginemos que queremos recordar la siguiente información sobre dos robots y explicar por qué cada uno de ellos tiene características peculiares. Prestemos atención a lo que hacemos para lograr estos objetivos.

El padre de Juan trabajaba en una compañía que hacía robots para una empresa que lavaba ventanas exteriores. Hacía falta un tipo de robot para lavar las ventanas exteriores de las casas de dos pisos, que eran pequeñas, y se necesitaba otro tipo de robot para lavar las ventanas de altos edificios de oficinas. Estas últimas ventanas eran grandes.

Juan fue a visitar a su padre en el trabajo. Vio los nuevos robots que su padre había hecho. El robot usado para las casas se llamaba “robot extensible”. Podía extenderse casi hasta alcanzar la altura de una casa de dos pisos. Juan vio que este robot tenía largas púas en lugar de pies, sus piernas no se curvaban, su estómago podía extenderse longitudinalmente para hacerlo más alto y tenía brazos cortos. En lugar de manos, tenía pequeñas esponjas. Su cabeza era una boquilla unida a una manguera. Juan vio también que el robot extensible estaba hecho de pesado acero. Tenía un cable eléctrico que se podía enchufar. El robot tenía también una escalera en su espalda.

Después, Juan vio otro robot. Llamado “robot no-extensible”. Este robot no podía alargarse. Juan vio que tenía tazas de succión en vez de pies, sus piernas podían curvarse, su estómago tenía almohadillas, sus brazos eran largos, tenía grandes esponjas en vez de manos y en su cabeza había un balde. Juan vio también que el robot no-extensible estaba hecho de aluminio liviano. Dentro del robot había una batería y en la espalda tenía un paracaídas.

Los investigadores de Vanderbilt visaron textos como éste con alumnos de 5° grado y estudiantes de nivel pre-universitario. Los de 5° grado incluían alumnos que sus docentes definieron como académicamente exitosos o poco exitosos. (Las calificaciones de las pruebas corroboraron las evaluaciones de los docentes.) Todos los alumnos podían decodificar las palabras escritas e incluso los menos exitosos pudieron leer el fragmento con fluidez antes de estudiarlo para una prueba. Sin embargo, los alumnos de menor nivel se desempeñaron muy pobremente en el recuerdo de las características específicas de cada robot y la explicación de por qué eran así (Bransford, Stein, Vye, Franks, Auble, Mezynski y Perfetto, 1983; Franks, Vye, Auble, Mezynski, Perfetto y Bransford, 1983; Stein, Bransford, Franks, Owings, Vye y McGraw, 1983; Stein, Bransford, Franks, Vye y Perfetto, 1983).

Otros estudios adicionales mostraron que los estudiantes académicamente menos exitosos fracasaron en la elaboración de lo que estaban leyendo; no intentaron generar conocimiento a partir de la memoria, que los ayudara a entender por qué cada robot tenía sus características específicas. Los estudiantes pre-universitarios y los alumnos de 5° grado de mejor nivel académico generaron espontáneamente elaboraciones relevantes. Veamos la respuesta de un alumno de 5° grado:

Es obvio que el robot que tenía que subir edificios altos para lavar las ventanas necesitaría ser más liviano y no usar un cable de extensión porque sería demasiado largo y podría hacerlo caer. Tenía un paracaídas por si se caía. También tenía grandes esponjas porque las ventanas eran grandes...

También se puede saber que el robot usado para lavar las casas de dos pisos era más pesado y tenía un cable de extensión porque hay enchufes. Se levantaría con el estómago y podría mojar con la manguera que salía por su cabeza. No se puede tener una manguera si tino va a subir realmente muy alto.

También son notables varios otros hallazgos del estudio de Vanderbilt. En primer lugar, cuando se pidió a los alumnos menos exitosos que generaran elaboraciones pudieron hacerlo. Sin embargo, la información que generaron fue menos relevante que la generada por los alumnos académicamente más exitosos. Por ejemplo, ante una afirmación como “El robot tenía tazas de succión en vez de pies”, los alumnos menos exitosos dijeron cosas como “para poder caminar”, en vez de “para poder aferrarse al edificio y trepar”. Otro descubrimiento importante del estudio de Vanderbilt fue que los alumnos de menor nivel académico parecían menos capaces de monitorear su propio aprendizaje. (Recuérdense en relación con esto las características de los alumnos autorregulados. Véase Palincsar y Brown, en este mismo libro.) No tuvieron una muy clara idea de si habían comprendido y dominado la información.

Observamos antes que la capacidad de controlar y regular el aprendizaje es sumamente importante. Estas capacidades han sido estudiadas por investigadores en el área de la “metacognición”. Brown (1978), Flavell (Flavell y Wellman, 1977) y Markman (1979) fueron pioneros en este campo: estudiaron las capacidades de la gente para controlar y regular su propia comprensión y aprendizaje. La parte de control del estudio de Vanderbilt reconfirmó su énfasis en la importancia de la metacognición (véase también Belmont, Butterfield y Borkowski, 1978; Pressley y Levin, 1983; Paris, Cross y Lipson, 1984; Paris, Newman y McVey, 1982).

Este énfasis fue también evidente en un estudio de Chi y otros (1988), que exploraron las estrategias de aprendizaje usadas por estudiantes pre-universitarios exitosos y menos exitosos citando ejemplos en sus textos de física. Los ejemplos incluían información sobre cómo resolver problemas específicos, y los investigadores querían averiguar cómo usarían los alumnos estos ejemplos elaborados en su intento de aprender. Chi y sus colegas hallaron que los alumnos exitosos encaraban un proceso de autoexplicación: intentaban comprender por qué cada aspecto particular de la solución era aplicable y se preguntaban sobre otros casos en los que la solución general también podría ser aplicable. Como consecuencia, adquirirían una comprensión más general que una mera memorización de los pasos específicos necesarios para el problema puntual del texto. Los alumnos académicamente menos exitosos mostraban una tendencia mucho menor a intentar explicarse a sí mismos por qué y cuándo funcionaban las soluciones específicas.

La investigación de Dweck (1986) y sus colegas se centra en lo que hace la gente citando encuentra un problema difícil y fracasa en sus intentos iniciales de resolverlo. A alguna gente le encanta el desafío; otros intentan salir de la situación y por lo tanto se privan de la oportunidad de aprender. Dweck pudo predecir quiénes aceptarían el desafío ante un fracaso inicial quiénes renunciarían. En general, los alumnos que piensan que rasgos como la inteligencia cambian con la práctica son mucho más propensos a aceptar desafíos y, persistir en las tareas. En cambio, aquellos que piensan que la inteligencia es algo fijo, tienden a

desempeñarse pobremente después de un fracaso inicial. La observación de Dweck de diferencias motivacionales entre los alumnos se relaciona con diferencias cognitivas y metacognitivas, pues en ambos casos los mejores alumnos elaboran y van más allá de la información inicial.

Algunos hallazgos generales de los estudios del desempeño competente

En general, las investigaciones que comparan a "expertos" con individuos menos exitosos o menos experimentados proporcionan una cantidad de ideas importantes para la enseñanza. Una forma de usar estas investigaciones es buscar aspectos comunes en todas las áreas de pericia. Un hallazgo común de importancia destacable es que algunos aspectos del propio procesamiento deben volverse relativamente automáticos. Los expertos en un campo suelen encontrarse con problemas que les resultan familiares. Pueden entonces recurrir a habilidades automatizadas para reconocer estos problemas. Este reconocimiento fluido de esquemas sólo requiere un mínimo de atención, de modo que el experto está libre para ocuparse de otros aspectos del problema. En cambio, los novatos se suelen sentir superados porque su falta de fluidez o automatismo les provoca tensión y fatiga en la atención (Schneider y Shiffrin, 1977).

Hay muchos "cuellos de botella" del procesamiento que pueden trastornar la atención. En matemática, incluyen la falta de fluidez en las operaciones de cálculo básicas (por ejemplo, Bransford, Goin, Hasselbring, Kinzer, Sherwood y Williams, 1988) y en el reconocimiento de tipos de problemas familiares (por ejemplo Mayer, 1985). En lectura, los cuellos de botella suelen incluir falta de fluidez en el reconocimiento de sílabas y palabras individuales. En escritura, puede ser extremadamente arduo para algunos alumnos deletrear correctamente y construir oraciones elementales, lo cual puede limitar su capacidad de seguir la huella del mensaje que intentan. En general, la fluidez en las habilidades motrices y las habilidades de reconocimiento de esquemas parecen importantes para el desempeño efectivo en todos los campos. Naturalmente, los expertos demuestran una fluidez que está sustentada en la comprensión. Por ejemplo, si el reconocimiento de esquemas parece organizarse en torno a principios significativos derivados de conceptos centrales de un campo (por ejemplo, Chi, Feltovich y Glaser, 1981). Diremos más sobre la comprensión en los próximos comentarios.

Otro motivo para estudiar el desempeño competente es más específico de cada campo. Los estudios nos ayudan a identificar los conceptos y estrategias cruciales que deben adquirir los alumnos para funcionar con eficacia en un campo específico. En matemática, por ejemplo, los alumnos deben familiarizarse con ciertos tipos de problemas; en lectura, es posible que necesiten aprender sobre distintos géneros narrativos (por ejemplo, Stein y Trabasso, 1982). Anderson (1987) observa que las características generales de la resolución de problemas difieren en los distintos campos. Por ejemplo, sostiene que la resolución experta de problemas de física involucra un proceso de razonamiento hacia adelante desde un objetivo: el tipo de resolución de problemas necesario en la programación de computadoras suele involucrar razonamiento hacia atrás desde un objetivo. Para especificar los estados-objetivos adecuados para la enseñanza hay que entender los requisitos de resolución de problemas de cada campo.

En nuestro análisis de los expertos, observamos que se suele pedir a la gente que trate con situaciones novedosas más que con situaciones familiares. En estas condiciones, nuestras habilidades de aprendizaje y nuestra actitud general respecto de nosotros mismos como alumnos se tornan importantes. La capacidad de controlar y regular las actividades de aprendizaje es especialmente importante para alcanzar el éxito académico (por ejemplo, Brown, Bransford, Ferrara y Campione, 1983). Los estudios sobre las estrategias y actitudes características de los alumnos exitosos y menos exitosos proporcionan importantes principios para la enseñanza. La enseñanza se puede mejorar centrándose en estas estrategias y actitudes directamente.

La evaluación de los estados iniciales de los alumnos

Un segundo campo importante para la comprensión de la enseñanza es el de la investigación del estado inicial de los alumnos. Los investigadores cognitivos han hecho grandes progresos en este terreno en los últimos años. Volvamos al ejemplo de Ericsson, que trabajó con el estudiante que aprendía a recordar secuencias de números. Supongamos que su técnica de enseñanza consistía en presentar problemas de práctica (por ejemplo, 04938217324) y ofrecer realimentación sobre la respuesta correcta. ¿Debía denominar a este conjunto de técnicas un "currículo exitoso".

El enfoque de Ericsson fue exitoso dado el alumno con el que trabajaba. Pero, además, el alumno empezó la enseñanza con un conocimiento bien desarrollado que resultaba relevante para la tarea (su conocimiento sobre atletas y carreras), con conocimiento de cómo utilizar esta información para agrupar números, con la convicción de que era capaz de aprender y la motivación para seguir adelante. El currículum “exitoso” que funcionó con este alumno puede resultar mucho menos eficiente con diferentes estados iniciales.

La comprensión de los niños de las balanzas de equilibrio

La investigación de Siegler (1985) proporciona una excelente muestra de la importancia de la evaluación de los estados iniciales de los alumnos. Siegler estudió la capacidad de los niños de diferentes edades para entender el resultado de varios experimentos con una balanza de equilibrio. Por ejemplo, qué sucederá si se pone una pesa en el extremo de uno de los lados (lo más alejado posible del fulcro) y se ponen dos pesas en el otro lado, cerca del fulcro.

Mediante una serie de cuidadosos análisis, Siegler pudo formular los tipos de interpretaciones que hacían los niños de diferentes edades sobre la balanza de equilibrio. Conceptualizó estas interpretaciones de acuerdo con reglas. La regla más simple era: “Considera sólo la cantidad de pesas que hay a cada lado del fulcro. Si es la misma cantidad para cada lado, se puede predecir equilibrio; de lo contrario, se puede predecir que el lado con más peso bajará”. Una regla más compleja era: “Considera tanto el peso como la distancia. Usa la fórmula de productos ‘suma de la cruz’ cuando un lado tenga más peso y el otro lado tenga más distancia”. La enseñanza fue más eficiente cuando se centró en la regla que era sólo ligeramente más compleja que la que el niño ya conocía. La enseñanza varias reglas adelantada tuvo poco efecto.

Los estados iniciales con respecto a los hechos matemáticos

La investigación en el área de la matemática proporciona un ejemplo adicional de la importancia de la evaluación de los estados iniciales de los alumnos. Consideremos el objetivo aparentemente sencillo de ayudar a los alumnos a aprender hechos matemáticos como $4+7 = 11$ y $2+5 = 7$. A primera vista, el único tema respecto del estado inicial de los alumnos parece ser si conocen o no la respuesta a cada hecho. Si la conocen, enseñe un hecho diferente. Si no, enseñe ese hecho.

Pero investigadores como Groen y Parkman (1972) han demostrado que hay muchas formas diferentes de obtener respuestas a problemas tales como $4+7 = ?$. Algunos niños cuentan con los dedos o cuentan mentalmente. Otros simplemente pueden recordar las respuestas de memoria. Entre los que cuentan, también hay importantes diferencias de estrategia. Dado el objetivo de sumar $4+7$, algunos alumnos empiezan por el 4 y luego cuentan 7 números a partir de allí. Otros niños usan una estrategia de “atajo”: empiezan por el número mayor (7) y cuentan desde allí (8, 9, 10, 11). Es interesante observar que a muchos niños les parece que este “atajo” es inventado más que aprendido a través de la enseñanza explícita (Groen y Resnick, 1977).

A medida que los niños van creciendo, utilizan diversas estrategias: primero empiezan por la simple cuenta, luego pasan a contar “en atajo” y finalmente recuperan directamente la respuesta de la memoria. Sin embargo, la investigación de Siegler (1986) muestra que es importante tener más precisión acerca de esta evaluación de la que se puede alcanzar si sólo se miran las tendencias generales. Ha hallado que, para algunos grupos de números (4 - 7, por ejemplo), un alumno puede contar con los dedos; para otros (por ejemplo, $5 + 5$), el mismo alumno puede recuperar la información de su memoria. El alumno usará diferentes estrategias según el conocimiento específico que haya adquirido sobre cada esquema numérico. (Véase Siegler, 1986, por un análisis de la naturaleza del conocimiento que guía la selección de estrategias en los niños.)

La investigación de Hasselbring, Goin y Bransford (1987) ilustra la importancia de evaluar las estrategias usadas por cada alumno para cada grupo de números. Estos investigadores intentaron usar programas de computación para ayudar a alumnos retrasados en matemática a aprender a recuperar rápidamente de la memoria cálculos numéricos, en vez de contar con los dedos. Estos alumnos de escuela media estaban enrolados en educación especial y la mayoría seguía contando con los dedos mucho después de que sus pares habían dejado de usar esta estrategia. Hasselbring y sus colegas querían usar programas de computación de ejercitación y práctica para ayudar a esos alumnos a automatizar sus cálculos matemáticos.

Esto liberaría su atención para que pudieran ocuparse de actividades más complejas, como la resolución de problemas con palabras y los problemas de suma de varios dígitos (por ejemplo, Resnick, 1986).

En sus evaluaciones iniciales, Hasselbring y otros (1988) hallaron que todos los alumnos podían recuperar algunos cálculos de la memoria (por ejemplo, cálculos que incluían los números 1 y 2 y otros que incluían duplicaciones como $5 + 5$). La ejercitación y la práctica en estos grupos de cálculos ayudó a los niños a aprender a responder mucho más rápidamente. Sin embargo, en los cálculos en los que los niños usaban estrategias de conteo, la ejercitación y la práctica no los ayudaron a aprender a recuperar de la memoria la información. Simplemente, los hacían contar más rápidamente con sus dedos.

Basándose en este conocimiento, Hasselbring y Goin (1985) desarrollaron un programa de computación que evalúa continuamente si los alumnos están usando estrategias de conteo para cada grupo de cálculos o si están recuperando esos cálculos de la memoria. Recién cuando los alumnos pueden recordar de memoria las respuestas, esos cálculos entran en la parte de ejercitación y práctica del programa. Esta parte facilita la recuperación más rápida de la memoria. Para los cálculos que aún requieren estrategias de conteo, Hasselbring y Goin diseñaron un programa de aprendizaje que ayuda a los alumnos a pasar de una estrategia de conteo a una de recuperación. Cuando esto se logra, esos cálculos entran a la parte de ejercitación y práctica del programa. Como se observó antes, el propósito de esta ejercitación y práctica es hacer que la recuperación sea más automática para que la atención quede libre para ocuparse de otros aspectos de una tarea.

Para nuestro propósito, lo importante del programa de Hasselbring y Goin es que ciertos tipos de condiciones de la enseñanza (por ejemplo, la ejercitación y la práctica) son efectivas sólo dados ciertos tipos de estados iniciales del aprendizaje. Si un alumno todavía está usando estrategias de conteo para responder $4 + 8$, no es el momento para poner ese par de números en un conjunto de ejercicios de ejercitación y práctica. En cambio, se requiere una etapa inicial de aprendizaje para que el alumno pueda aprender a recuperar la información de su memoria. Las computadoras son especialmente adecuadas para actividades de evaluación e intervención como ésta (véase Larkin y Chabay, en este mismo libro).

También es importante observar que Hasselbring y sus colegas no están defendiendo la enseñanza de cálculos matemáticos sin el desarrollo de una comprensión de lo que se está haciendo. Si el estado inicial de un alumno no incluye comprensión alguna del hecho de que los números tienen un orden (por ejemplo, que 8 es mayor que 4), o de qué significa sumar, la memorización de cálculos no tendrá sentido. El análisis de Kaplan y otros (en este libro) proporciona importante información sobre los tipos de conocimiento intuitivo que los niños traen a la matemática formal y los tipos de información que subyacen a una comprensión plena del número. Cuanto más nos centramos en la comprensión, más importante se torna evaluar las convicciones y estrategias que los alumnos traen consigo a la labor de aprendizaje.

Concepciones erróneas

Hay varias formas de pensar sobre el estado inicial de los alumnos. Una es preguntarse si los alumnos carecen de las condiciones previas necesarias para la enseñanza. Si carecen de ellas, parece evidente que es necesario proporcionárselas. Otra forma de pensar sobre el estado inicial de los alumnos es aceptar que no son simples receptores pasivos que esperan que se les proporcione la información correcta, sino que llegan a las tareas con su propio conocimiento y expectativas. Siguiendo a Pea y Soloway (1987), nos referimos a estas expectativas iniciales como “preconcepciones”. A veces, las preconcepciones de los alumnos son inexactas, y por lo tanto se trata de concepciones erróneas. Los autores de este libro (en especial Minstrell) toman muy en serio la importancia de evaluar las preconcepciones con que los alumnos llegan a las tareas educativas (véanse también Anderson y Smith, en prensa; Carey, 1986; Feltovich, Spiro y Coulson, 1988; Wittrock, 1986).

Un estudio de Steffensen, Joag-Dev y Anderson (1979) ilustra la importancia de centrarse en las concepciones erróneas. Estos investigadores pidieron a un grupo de estudiantes universitarios en los Estados Unidos que leyeran textos sobre bodas. Un texto, leído por nativos de los Estados Unidos y nativos de la India, describía una boda en los Estados Unidos. El texto decía que la novia llevaba “algo viejo y algo prestado”. Los estadounidenses interpretaron esta descripción como positiva, ya que implicaba una tradición ancestral del país. La gente de otro país la interpretó como un triste estado de situación. Los lectores indios supusieron que la pareja debía tener poco dinero, pues de lo contrario no necesitaría pedir cosas y usar ropa vieja. Los lectores indios eran capaces de comprender el texto, pero su interpretación implicaba una concepción errónea debido al conocimiento cultural que traían consigo a la tarea de aprendizaje. Obsérvese que los lectores indios pensaron que comprendían con precisión y claridad. No sintieron que hubiera fallas en

su comprensión como las que siente la mayor parte de la gente cuando intenta comprender una afirmación como ésta: “Las notas eran irritantes porque la costura se abrió”. (La ayuda “gaitas” suele permitir a la gente pasar de un estado de fracaso en la comprensión a una comprensión exitosa.) Generalmente es más fácil para los lectores darse cuenta de cuándo no han entendido, que de cuándo han malentendido una expresión del escritor o del hablante.

Lo importante sobre las concepciones erróneas es que muchos enfoques de la enseñanza no las corrigen. No es suficiente presentar simplemente a los alumnos los “hechos correctos”. Hay que cambiar los conceptos o esquemas que generan las ideas inexactas en los alumnos extranjeros que han leído el texto sobre las bodas en los Estados Unidos no cambiarán con esta información. Una forma de corregir su interpretación del hecho de que la novia usaba algo viejo y algo prestado es explicar que ella quería hacerlo, pero parece claro que los esquemas generales de los alumnos sobre las bodas en los Estados Unidos no cambiarán con esta información. Una mejor forma de ayudar a los alumnos podría ser explicar que la elección de la novia representaba una tradición estadounidense, pero incluso esta información no resulta suficiente. La enseñanza significativa ayudaría a los alumnos a adquirir una comprensión global de las tradiciones de las bodas estadounidenses y diferenciaría este concepto recientemente adquirido de su idea de las bodas en su propio país (véase también Bransford, 1984). El aprendizaje significativo se da en el nivel de la adquisición de conceptos y el cambio conceptual.

Los investigadores en educación en ciencias han trabajado mucho sobre las concepciones erróneas. Por ejemplo, Anderson y Smith (1987) observan que la mayoría de los alumnos de 5º grado a los que se les pregunta “¿Qué es alimento para las plantas?”, naturalmente da por sentado que el alimento para las plantas es análogo al alimento humano. Por lo tanto, mencionan cosas como “un buen suelo”, “agua” e incluso “alimento para plantas que se vende en los comercios”. El proceso de fotosíntesis es muy diferente de la idea de obtener alimento para los humanos. Las plantas obtienen su alimento sólo haciéndolo ellas mismas. Si no se ayuda a los alumnos a corregir sus concepciones erróneas iniciales sobre este tema, no lo entenderán bien.

Anderson y Smith (1984) también encuentran y que las concepciones de los alumnos de escuela media sobre la luz y visión difieren mucho de las explicaciones científicas. Los estudiantes suelen creer que sus ojos funcionan viendo los objetos en vez de hacerlo detectando la luz reflejada. Creen que la luz brilla sobre los objetos y los ilumina, permitiendo así que el ojo los vea. Además, la mayoría de los alumnos cree que la luz blanca es clara o incolora en vez de una combinación de los colores del espectro. Los conceptos que estos supuestos generan deben ser cambiados para que tenga lugar el aprendizaje efectivo.

Minstrell (en este mismo libro) proporciona algunos excelentes ejemplos de las concepciones erróneas que tienen los alumnos con respecto a la física. Cuando piensan en el concepto de “fuerza”, por ejemplo, los alumnos suelen dar por sentado que es algo ejercido por objetos activos. En cambio, los científicos entienden que tanto objetos activos como objetos pasivos pueden ejercer fuerzas. Kaplan y otros (en este libro) analizan las concepciones erróneas en la matemática, observando que los alumnos pueden desarrollar fácilmente ideas equivocadas que dan como resultado errores sistemáticos. Palincsar y Brown Beck (también en este libro) observan la importancia de las concepciones erróneas en la lectura.

La comprensión del aprendizaje

Hasta ahora, nuestro análisis se ha centrado en la importancia de analizar el desempeño competente y la evaluación de los estados iniciales de los alumnos. Un tercer componente de cualquier teoría de la enseñanza incluye supuestos sobre la transición del estado inicial de un alumno a algún estado-objetivo deseado (Glaser, 1976).

Un supuesto mayor compartido por muchos científicos cognitivos es que el conocimiento debe ser construido activamente por los alumnos (por ejemplo, Resnick, 1987; Klopfer, Champagne, 1991; Klopfer, Champagne y Gunstone, 1985; Pea y Soloway, 1987). No es posible “transmitir” simplemente a los alumnos los secretos de la pericia. Esto no significa que la información proporcionada por docentes y textos no sea importante. Sin embargo, sugiere que los alumnos deben tener la posibilidad de usar activamente esta información por sí mismos y experimentar sus efectos sobre su propio desempeño. Si no tienen la posibilidad de usar la nueva información para lograr objetivos específicos, los alumnos a menudo aprenden hechos que sólo se pueden recordar en contextos específicos y que, de lo contrario, permanecen “inertes” (Whitehead, 1929). La información no se usa para resolver problemas nuevos.

El problema del conocimiento inerte

El problema del conocimiento inerte puede aclararse regresando al texto sobre los robots que trepaban y los extensibles. Observamos que los alumnos de 5° grado de menor nivel no generaban espontáneamente elaboraciones que los ayudaran a relacionar la estructura de cada robot con su función. Sin embargo, con la práctica de generación de elaboraciones relevantes, la comprensión y el rendimiento de la memoria de los alumnos mejoraba (véase Franks y otros, 1983).

Supongamos que un grupo de alumnos de bajo nivel de rendimiento ha sido entrenado para hacer elaboraciones cuando leen diversos textos diferentes sobre robots. Supongamos además que, una semana después de ese entrenamiento, los alumnos reciben dos textos. Uno, que se refiere a desiertos, analiza hechos sobre el calor, la falta de agua y las tormentas de arena. El otro texto, sobre camellos, incluye datos tales como “los camellos pueden cerrar sus pasos nasales”, “los camellos tienen mucho pelo alrededor de sus orejas y “los camellos tienen membranas especiales para proteger sus ojos”. ¿Los alumnos que recibieron entrenamiento para hacer elaboraciones una semana antes intentarán espontáneamente generar elaboraciones que los ayuden a entender cómo las características de los camellos los ayudan a sobrevivir a las tormentas de arena y el calor? Muchas investigaciones sugieren que, dados muchos tipos de entrenamiento, la respuesta es no (por ejemplo, Bransford, Franks, Sherwood y Vye, 1990; Brown y otros, 1983, Pressley y Levin, 1983.). Los alumnos pueden ser capaces de usar estrategias de elaboración citando se los insta explícitamente a hacerlo; pero, sin ese estímulo, su conocimiento de estrategias permanece inerte.

Bereiter (1984), para ilustrar las fallas en el uso de información importante, cuenta el caso de una docente de psicología educacional que dio a sus alumnos un artículo largo y difícil y les dijo que tenían 10 minutos para aprender todo lo que pudieran del texto. Casi sin excepciones, los alumnos empezaron por la primera oración del artículo y leyeron todo lo que pudieron hasta que se les acabó el tiempo. Más tarde, cuando analizaban sus estrategias, los alumnos reconocieron que sabían hacer algo más aparte de simplemente ponerse a leer: todos habían tomado clases en las que se les había enseñado a revisar superficialmente un texto en busca de sus ideas fundamentales, consultar encabezamientos de secciones, etc., pero no usaron este conocimiento espontáneamente citando les hubiera sido de utilidad.

Algunos experimentos de laboratorio relevantes para el conocimiento inerte

Varios investigadores han empezado a estudiar cómo usa la gente el conocimiento, según las diferencias en la enseñanza. Los estudios de Asch (1969), Gick y Holyoak (1980), Hayes y Simon (1977), Perfetto, Bransford y Franks (1983), Reed, Ernst y Banerji (1974) y Weisberg, DiCamillo y Phillips (1978) proporcionan evidencias de que el conocimiento relevante a menudo permanece inerte aunque sea potencialmente útil. Gick y Holyoak (1980) presentaron a estudiantes de nivel pre-universitario el siguiente texto sobre un general y una fortaleza:

Un general quiere capturar una fortaleza situada en el centro de un país. Desde la fortaleza salen muchos caminos, en diferentes direcciones. Todos han sido minados de manera tal que pequeños grupos de hombres pueden recorrerlos con seguridad, pero un gran batallón haría que las minas detonaran. Por lo tanto, un ataque directo a gran escala es imposible. La solución del general consiste en dividir a su ejército en grupos pequeños, enviar a cada grupo por un camino diferente y hacer que los grupos converjan simultáneamente sobre la fortaleza.

Los alumnos memorizaron la información del texto y luego se les pidió que la usaran para resolver el siguiente problema.

Eres médico. Te enfrentas a un paciente que tiene un tumor maligno en el estómago. Es imposible operarlo, pero tu paciente morirá a menos que el tumor sea destruido. Existe un tipo de rayo que se puede usar para destruir el tumor. Si los rayos llegan al tumor todos a la vez y con la suficiente intensidad, el tumor será destruido. Sin embargo, los rayos también dañarán al tejido sano. A intensidades más bajas, los rayos son inofensivos para los tejidos sanos, pero tampoco afectarán al tumor. ¿Qué tipo de procedimiento podría usarse para destruir el tumor con los rayos y al mismo tiempo evitar destruir los tejidos sanos?

Cuando se pidió a los alumnos que usaran la información del problema de la fortaleza para resolver el problema de los rayos, el 90% tuvo éxito. Estos estudiantes percibieron la analogía entre disidir a las tropas en pequeñas unidades y usar varias dosis pequeñas de rayos que convergieran en el tejido canceroso. Sin embargo, a este grupo se le había dicho explícitamente que la información sobre la fortaleza era relevante para el problema del tumor. En la mayoría de las situaciones de resolución de problemas, no contamos con el lujo de tener a alguien que nos diga qué aspecto de nuestro conocimiento nos resultará relevante. Si no podemos llegar al conocimiento relevante de manera espontánea, de poco nos sirve tenerlo. Por eso, la parte más interesante del estudio de Gick y Holyoak incluía a un grupo de estudiantes de nivel pre-universitario que también había memorizado la historia de la fortaleza y al que luego se le presentó el problema de los rayos. No se dijo explícitamente a los alumnos de este grupo que usaran la información sobre la fortaleza para resolver el problema de los rayos. En este grupo, la tasa de soluciones para el problema fue del 20%.

La analogía entre el problema de la fortaleza y el problema de los rayos no es tan directa como quizá parezca. Por ejemplo, los rayos de baja intensidad se usan para proteger al tejido sano. En cambio, los grupos pequeños de soldados se usan para proteger a los propios soldados más que a la gente inocente (que sería análoga al tejido sano) en el territorio enemigo. Debido a lo indirecto de la analogía, el estudio de Gick y Holyoak puede sobreestimar el punto hasta el cual el conocimiento relevante permanece inerte. Un estudio realizado por Perfetto, Bransford y Franks (1983) fue diseñado para explorar aspectos del uso de conocimientos con materiales mucho más directamente relacionados con los problemas que había que resolver. Se pidió a estudiantes de nivel pre-universitario que resolvieran problemas como el siguiente:

1. Uriah Fuller, el famoso superpíquico israelí, puede decir el resultado de cualquier partido de béisbol antes de que comience. ¿Cuál es su secreto?
2. Un hombre que vive en una pequeña ciudad de los Estados Unidos estuvo en el altar con 20 mujeres diferentes en la misma ciudad. Todas están vivas y nunca se divorció de ninguna de ellas (ni ellas de él). Sin embargo, no ha violado ninguna ley. ¿Puedes explicarlo?

La mayoría de los estudiantes, tiene dificultades para contestar a estas preguntas, a menos que se les proporcionen pistas o sugerencias. Antes de resolver los problemas, se dieron pistas a algunos alumnos, obviamente relevantes para la solución de cada problema. Por ejemplo, se les dijo: “Antes de que comience un partido de béisbol, el resultado es siempre 0 a 0” y “un sacerdote puede estar en el altar con muchas personas todas las semanas”. Luego, se les presentaron los problemas a algunos estudiantes y se les instó explícitamente a usar la información de las pistas (que va estaba almacenada en la memoria) para resolverlos. Su desempeño en la resolución de los problemas fue excelente. A otros estudiantes se les dieron primero las pistas y luego los problemas, pero no se les instó explícitamente a usar las pistas para resolverlos. Su desempeño fue pobre; de hecho, no fue superior al de los estudiantes a los que nunca se les habían dado las pistas.

Los resultados de Perfetto son una poderosa demostración del fracaso en el acceso al conocimiento, ya que en este caso las pistas se construyeron para ser obviamente relevantes a la solución del problema. De hecho, los autores observaron que antes de realizar el experimento, esperaban que incluso los alumnos no informados llegaran espontáneamente a las respuestas correctas, por la evidente relación existente entre los problemas y las pistas. Es importante observar qué al hablar de “fracaso en el acceso al conocimiento”, Perfetto y sus colegas se refieren al fracaso de los estudiantes en alcanzar la información de las pistas mientras intentan resolver los problemas. Los estudiantes llegaron a muchos otros conocimientos mientras trataban de resolver estos problemas. Los preconceptos activados que tiene la mayoría de la gente sobre estos problemas incluyen supuestos que hacen que les resulte imposible resolverlos (por ejemplo, que el marcador que se predecía era el resultado, final del partido y que “estar en el altar” implicaba ser el novio en vez del sacerdote). La presentación de Perfetto de la información contenida en las pistas no cambió estos supuestos y, por lo tanto, la resolución de los problemas por parte de los alumnos no mejoró.

La superación del problema del conocimiento inerte

Observamos antes que las investigaciones sobre la cognición sugieren que el aprendizaje incluye la construcción activa de conocimientos. Los docentes y los textos pueden proporcionar información útil para la construcción de nuevos conocimientos, pero la mera memorización de esta información no constituye

aprendizaje efectivo. Los estudios muestran que la información que meramente sea memorizada permanecerá inerte aunque sea relevante en situaciones nuevas.

Una forma útil de pensar en el aprendizaje significativo es verlo como una transición de la memoria a la acción. Teóricos como Anderson (1989, 1987) sostienen que el aprendizaje incluye una transición del conocimiento fáctico o declarativo (por ejemplo, el conocimiento proporcionado por un texto o la enseñanza de un docente) al conocimiento de procedimientos u orientado hacia su uso. En otras palabras, la teoría de Anderson intenta explicar la transición de “saber qué” a “saber cómo”. Pensemos nuevamente en el estudiante que aprendió a memorizar listas de 70 cifras. Al comenzar la enseñanza, este estudiante tenía mucho conocimiento fáctico o declarativo sobre tiempos de carreras. Tuvo que aprender a convertir este conocimiento declarativo en procedimientos para codificar los números en “grupos”. Esta transición de “saber qué” a “saber cómo” requirió muchísima práctica. La mayoría de los docentes querría que sus alumnos aprendieran a leer, escribir y pensar como científicos, matemáticos o cientistas sociales expertos. “Saber cómo” parece ser un objetivo importante.

Lesgold (1988) analiza las diferencias entre el conocimiento declarativo y el de procedimientos. Pide a sus lectores que imaginen a un docente que ha explicado a sus alumnos cómo resolver un tipo particular de problema y luego les asigna como tarea un conjunto de problemas de práctica de ese tipo. El conocimiento adquirido por escuchar al docente y memorizar lo que ha dicho es conocimiento declarativo. Por sí mismo, este conocimiento no ayuda a un alumno a resolver un problema. El alumno debe ser capaz de activar su recuerdo de los comentarios del docente en el momento adecuado y luego interpretarlos: convertirlos en “actos mentales”. Lo que dice Lesgold subraya la importancia de aprender cuándo hay que usar la información. Éste es un componente del conocimiento “condicionalizado” que destacan los teóricos del aprendizaje que se centran en la transición del conocimiento declarativo al de procedimientos. Cuando la gente transforma el conocimiento declarativo en conocimiento de procedimientos, no sólo aprende qué es importante sino también cuándo hacer lo correcto. Si no sabe cuándo aplicar principios, conceptos y estrategias, su conocimiento permanece inerte (por ejemplo, Anderson, 1987; Larkin, 1979; Newell y Simon, 1972; Simon, 1980).

Algunos problemas de los enfoques tradicionales de la enseñanza

Muchos enfoques tradicionales de la enseñanza no ayudan a los alumnos a hacer la transición de “saber qué” algo es de determinada manera a “saber cómo” pensar, aprender y resolver problemas. En 1929, Whitehead afirmó que las escuelas son especialmente buenas para la producción de conocimiento inerte. En 1940, Gragg, afirmó algo similar y sostuvo que estábamos fracasando en “la preparación de los alumnos para actuar”. En su artículo sobre la resolución de problemas y la educación, Simon (1980) observa que muchas formas de enseñanza no ayudan a los estudiantes a condicionalizar su conocimiento. Sostiene que los libros de texto son mucho más explícitos en la enunciación de leyes matemáticas o naturales que en decir algo sobre cuándo estas leyes pueden resultar útiles para la resolución de problemas” (pág. 29). Se deja ampliamente librada a los alumnos la adquisición de la información que los ayudará a aprender cuándo usar los diversos conceptos, principios y estrategias. Por ejemplo, los alumnos pueden aprender la definición de conceptos estadísticos como “media”, “medio” y “dominante” y cómo calcularlos. Este conocimiento es importante, pero no garantiza que los alumnos sepan cuándo resulta más apropiado usar un concepto específico u otro.

Franks, Bransford, Brailey y Purden (1991) describen un libro de texto sobre diseño experimental y estadísticas para estudiantes universitarios. Una sección, “¿Qué test debo usar?”, comienza así: “Cómo elegir un test estadístico fue pospuesto hasta ahora para poder presentar diversos aspectos del análisis de datos”. El autor del texto proporciona luego información sobre cuándo usar diversos tipos de tests estadísticos. Todo su análisis abarca 13 oraciones. No es difícil predecir el desempeño de los estudiantes, dada la escasa práctica que recibieron sobre cuándo utilizar los diversos tests. En general, son capaces de recordar los pasos necesarios para obtener respuestas específicas (por ejemplo, saben calcular una media, una correlación, etc.). Sin embargo, cuando se les pide que elijan qué tests usar en el contexto de análisis de un experimento real, tienen muchas dificultades para hacerlo.

Los conceptos y estrategias en temas tales como las ciencias también deben condicionalizarse: los alumnos tienen que aprender cuándo aplicarlos. Varios investigadores sugieren que la simple lectura de nueva información en libros de texto no lleva necesariamente al aprendizaje efectivo porque esa nueva información no reemplaza a las concepciones erróneas previas. Cuando se encuentran nuevas situaciones, el pensamiento de los alumnos es guiado por sus concepciones erróneas en vez de por la nueva información.

Anderson y Smith (1984) ilustran cómo los enfoques de la enseñanza basados en textos no corrigen las concepciones erróneas. En un experimento, estudiaron los efectos de la enseñanza diseñada para cambiar las concepciones erróneas de los estudiantes secundarios sobre la luz y sus efectos sobre la visión. En una parte de su estudio, los alumnos leían un texto para estudiantes secundarios que usaba una analogía de una pelota de goma que rebotaba para ilustrar el concepto general de reflexión (la luz rebota en los objetos como si fuera una pelota de goma). Luego, se proporcionaron problemas a los estudiantes. Por ejemplo: “Cuando la luz choca contra un árbol [se les daba una foto] ayuda a que el niño vea el árbol. ¿Cómo lo hace?”. Los resultados mostraron que, para la amplia mayoría de los alumnos (80%) la enseñanza no corregía sus concepciones erróneas. Estos estudiantes no decían nada sobre la luz reflejada.

Un estudio realizado por Roth (1985) sugiere a qué puede deberse esto. Observó a sus alumnos y encontró que usaban una de cinco estrategias o enfoques diferentes para leer libros de texto de ciencias, y sólo una de esas estrategias da como resultado el cambio conceptual. Una de las estrategias usadas consistía en evitar el pensamiento sobre el texto mientras leían y luego basarse en su conocimiento previo para realizar actividades relacionadas con la lectura. Una segunda estrategia era depender excesivamente de las palabras del texto para hacer una actividad: en este caso, los alumnos contestaban preguntas sobre su lectura combinando las palabras claves de las preguntas con las mismas palabras en el texto y copiando las oraciones en que estas palabras aparecían. Una tercera estrategia consistía en memorizar los hechos cuando aparecían en el texto y tratar de no relacionar lo que leían con su conocimiento del mundo real. Una cuarta estrategia era depender demasiado del conocimiento previo para darle sentido al texto: como el conocimiento previo estaba firmemente incorporado y al mismo tiempo solía estar en conflicto con el contenido del texto, los alumnos que usaban esta estrategia tenían que distorsionar o ignorar parte de la información contenida en el texto para hacer que se ajustara a lo que ya sabían. La quinta estrategia consistía en cambiar el conocimiento previo para que se ajustara al contenido del texto. Es interesante destacar que Roth halló que los alumnos que usaban la quinta estrategia (la asociada con el mayor cambio conceptual) eran los que más probabilidades tenían de admitir sentirse confundidos o con dificultades para entender el texto, y con bastante frecuencia eran conscientes del conflicto entre el contenido del texto y sus concepciones erróneas. El estudio de Roth subraya el hecho de que la enseñanza debe ocuparse mucho más deliberadamente de lo que suele hacerlo en ayudar a los alumnos a aprender cuándo aplicar su conocimiento. En las próximas secciones veremos algunas formas de hacerlo.

Aprender haciendo

Muchos investigadores cognitivos sostienen que el aprendizaje eficiente exige que pasemos más tiempo haciendo que los alumnos usen el conocimiento de manera activa para resolver problemas (esto los ayuda a “condicionalizar” su conocimiento) y menos tiempo en la simple lectura de hechos y conceptos introductorios. John Anderson y sus colegas de la Carnegie Mellon University sostienen que para muchas habilidades, el tiempo pasado leyendo material introductorio y escuchando a los docentes debería abreviarse y el tiempo pasado resolviendo problemas debería extenderse. De manera similar, Anderson y Smith (1987) observan que una serie de ejercicios de resolución de problemas cuidadosamente preparados les resultó mucho más efectiva que fragmentos de texto para corregir las concepciones erróneas de los alumnos sobre la naturaleza de la luz. Los autores de este libro parecen estar de acuerdo con la importancia de ayudar a los alumnos a “aprender haciendo”. Imaginan alumnos activamente involucrados en actividades tales como la lectura en busca de significado, la escritura con un propósito, el pensar matemáticamente y la explicación de fenómenos científicos. Esto es muy diferente de pasar la mayor parte del propio tiempo oyendo o leyendo sobre estrategias y conceptos con pocas posibilidades de usarlos para alcanzar objetivos significativos.

Es importante observar que el énfasis que ponen los psicólogos cognitivos en el aprender haciendo no significa que los docentes deban limitarse a dar a sus alumnos problemas de práctica y dejarlos trabajar sobre ellos. Simon (1980) observa que los docentes y los autores de libros de texto a menudo proporcionan a sus alumnos ejercicios de resolución de problemas. Idealmente, los problemas deberían ayudar a los alumnos a aprender a reconocer las condiciones generales para aplicar estrategias y conceptos. Sin embargo, Simon señala también que la capacidad de condicionalizar el conocimiento a través de la práctica depende de cómo enfoque uno los ejercicios de práctica. Una dificultad con la simple asignación de problemas de práctica se ilustra en la obra de Chi y otros (1988), que demuestra que muchos alumnos no usan los ejercicios de los libros de texto para desarrollar estructuras de conocimiento generalizables. Una segunda dificultad es que con frecuencia se da a los alumnos práctica en los componentes aislados de las habilidades y no aprenden cómo orquestar estos componentes para alcanzar objetivos más amplios. Una tercera dificultad es que los

alumnos con frecuencia conocen el capítulo del que provienen los problemas y usan la información de cada capítulo para guiar su selección de estrategias. Cuando no tienen a su disposición esta información de los capítulos, no saben qué hacer (por ejemplo, Bransford, 1979). La práctica solitaria no ofrece garantías de que los alumnos vayan a aprender efectivamente. Si persisten en el uso de estrategias equivocadas, la práctica solitaria puede resultar incluso perjudicial (por ejemplo, Anderson, 1987; Perfetto, Yearwood, Franks y Bransford, 1987).

Práctica solitaria versus práctica guiada

Los autores de este libro dan por sentado que los alumnos necesitan la experiencia de “práctica guiada” (Lesgold, 1988) en vez de la más frecuente “práctica solitaria”. El guía (o entrenador) tiene que cumplir varios y diversos roles, de acuerdo con los objetivos de la enseñanza. Las siguientes características de la práctica guiada parecen ser muy importantes para ayudar a los alumnos a desarrollar la pericia necesaria para funcionar eficientemente en diversos campos:

1. Los guías tienen que controlar y regular los intentos de los alumnos de resolver problemas, de manera que no se internen demasiado en caminos de solución equivocados pero que a la vez tengan la posibilidad de experimentar los complejos procesos y emociones de la resolución real de problemas. En los sistemas de enseñanza inteligentes, como los desarrollados por John Anderson y sus colegas, una computadora guía interviene relativamente rápido para evitar que los alumnos se salgan demasiado del camino correcto. En cambio, en los programas de enseñanza como los que describe Schoenfeld (1982, este libro), parece haber un énfasis mayor en permitir que los alumnos experimenten los procesos involucrados en intentos de lograr *insight* matemático, antes de intervenir con demasiada rapidez. En matemática, así como en otros campos, los intentos de resolver problemas nuevos suelen hacer que la gente dude de su propia capacidad y sienta que ha llegado a un camino sin salida. Los expertos de diversas áreas saben que la resolución de problemas con frecuencia se desarrolla en días, semanas y meses, y que las sensaciones iniciales de “es imposible” suelen cambiar cuando se descubren nuevos enfoques. Sin embargo, no basta con decir esto a los alumnos: deben experimentarlo por sí mismos. Como afirma Graggr (1940): “La sabiduría no se enseña”. Si los alumnos no tienen la oportunidad de experimentar estos procesos, fácilmente pueden desarrollar una concepción errónea de “los problemas se resuelven en un minuto”, y pueden pensar que si uno no obtiene la solución a un problema muy rápidamente (por ejemplo, si no recuerda correctamente la fórmula del capítulo), no será capaz de resolverlo. Naturalmente, no es efectivo decirles simplemente a los alumnos que sigan avanzando a los tropezones indefinidamente. En el enfoque de Schoenfeld, por ejemplo, se ayuda a los alumnos a reflexionar sobre sus experiencias y a ver varias pistas que los ayuden a cambiar la forma en que encaran las tareas.

2. Los guías ayudan a los alumnos a reflexionar sobre los procesos usados mientras resuelven problemas y a contrastar sus enfoques con los que utilizan otros. A veces esto incluye hacer que los alumnos piensen en voz alta mientras intentan resolver diversos problemas (por ejemplo, Bloom y Broder, 1950; Whimbey y Lochhead, 1980). En otras ocasiones, los alumnos pueden intentar resolver problemas y luego discutir entre sí las diferentes estrategias que emplearon. Un componente importante de los intentos de ayudar a los alumnos a reflexionar sobre sus propias estrategias es el modelado. Los alumnos necesitan ver como otros encaran las diversas tareas. Es especialmente importante que los alumnos vean modelos de docentes y de otras personas trabajando en problemas nuevos. Cuando los expertos piensan en voz alta sobre problemas que les son novedosos, invariablemente revelan sus propios caminos sin salida y sus tropezones en vez del “razonamiento perfecto” del experto que encara un problema que ya le es familiar. Básicamente, los docentes ofrecen un modelo de “principiantes inteligentes” (Bransford y otros, 1988). Como los alumnos también son principiantes, estos modelos les resultan relevantes. El enfoque de Schoenfeld para la enseñanza del pensamiento matemático es un excelente ejemplo de esto. Schoenfeld desafía a sus alumnos a que le presenten problemas nuevos y difíciles para que ellos puedan ver las estrategias que él mismo emplea mientras piensa en voz alta. También se ha comprobado que resultan útiles los modelos de los intentos docentes de entender textos difíciles y planificar la escritura sobre temas nuevos (Bereiter y Scardamalia, 1987; Palincsar y Brown, en este libro). Finalmente, los alumnos pueden internalizar estos modelos de pensamiento.

3. Los guías eficientes usan ejercicios de resolución de problemas para evaluación. Si uno permite primero que los alumnos intenten resolver los problemas solos (y explicar qué están haciendo y por qué), tiene muchas más posibilidades de poder evaluar mejor sus concepciones erróneas. Minstrell (en este libro) comienza su enseñanza de ciencias con una etapa diseñada para identificar las ideas existentes de los alumnos (véanse también Anderson y Smith, 1987, Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982). Larkin y Chabay sostienen que una característica importante de la buena enseñanza basada en computadoras es que diagnostica e intenta corregir las concepciones erróneas y las equivocaciones.. Los demás autores también analizan la importancia de diseñar la enseñanza de manera tal que se puedan identificar las concepciones erróneas.

4. Los guías usan ejercicios de resolución de problemas para crear, “momentos enseñables”. Les dan a sus alumnos la posibilidad de contrastar sus ideas y estrategias iniciales con otras posibilidades. Posner y sus colegas sugieren cuatro características de la enseñanza necesarias para el cambio conceptual en el área de las ciencias (Posner y otros, 1982). Hemos cambiado sus palabras ligeramente para que resulten aplicables a todas las áreas académicas. En primer lugar, los alumnos deben sentirse insatisfechos con las concepciones que tienen. En segundo lugar, deben alcanzar por lo menos una mínima comprensión de una forma alternativa de conceptualizar el tema. En tercer lugar, la visión alternativa debe ser plausible. En cuarto lugar, los alumnos deben ver cómo la nueva conceptualización es útil para entender una variedad de situaciones. El énfasis de Posner en la importancia de experimentar los efectos de las nuevas formas de pensar en la propia observación y comprensión es, desde nuestro punto de vista, especialmente importante (Bransford, Franks, Sherwood y, Vye, 1991). Al ver cómo el nuevo conocimiento efectúa su propia percepción y comprensión, los alumnos lo sienten como una herramienta para guiar al pensamiento en vez de como meros hechos que hay que aprender y que luego permanecerán inertes. Varios estudios de laboratorio sugieren que citando se introduce la información en un contexto de resolución de problemas, es más probable que se la use en nuevos contextos en lugar de que permanezca inerte (por ejemplo, Adams, Kasserman, Yearwood, Perfetto, Bransford y Franks, 1988; Lockhart, Lamon y Gick, 1988).

5. Los guías eligen cuidadosamente experiencias de resolución de problemas que ayudan a los alumnos a desarrollar las habilidades componentes en el contexto de intentar alcanzar objetivos significativos generales. En lectura, por ejemplo, Palincsar y Brown no usan conjuntos de ejercicios sin relación entre sí que ofrezcan práctica descontextualizada de estrategias específicas como predecir y resumir. En cambio, los alumnos aprenden estas estrategias en el contexto del objetivo general de alcanzar una comprensión significativa: por lo tanto, experimentan los efectos de estas estrategias. Además, en vez de pedir siempre a los alumnos que contesten preguntas generadas por el docente, Palincsar y Brown ayudan a los alumnos a que aprendan a generar sus propias preguntas significativas. Estas habilidades generativas son importantes para la comprensión madura, pero no se suelen enseñar (por ejemplo, Wittrock, 1974).

Otro ejemplo de diseño de experiencias significativas de resolución de problemas son los ejercicios usados por Minstrell y Schoenfeld. Minstrell crea contextos de resolución de problemas que involucran el conocimiento cotidiano de los alumnos y los ayudan así a descubrir y corregir sus concepciones erróneas. Schoenfeld crea situaciones de resolución de problemas que ayudan a los alumnos a sentir que sus búsquedas iniciales de soluciones pueden llegar a caminos sin salida y que los problemas parecerán momentáneamente imposibles de resolver. Otros investigadores usan “micromundos” y “macrocontextos” basados en discos de video para crear ámbitos de resolución de problemas que inviten a encontrar problemas así como a resolverlos (por ejemplo, Bransford, Sherwood y Hasselbring, 1988; Bransford, Sherwood, Hasselbring, Kinzer y Williams, 1990; Collins, 1990). La elección de ejercicios de resolución de problemas es muy importante. Las tareas que diseñan los investigadores cognitivos están empezando a verse muy diferentes de las típicas listas de problemas que suelen hallarse al final de los capítulos de los libros de texto o de ejercicios. Además, muchas actividades de las aulas de ciencias carecen de los componentes de la práctica guiada que hemos analizado (Anderson y Smith, 1987).

6. Los guías no tienen que ser necesariamente los docentes del aula o los profesores de computación. Los autores recomiendan un recurso existente en el aula y que suele ser poco utilizado: los otros alumnos. Mediante la creación de climas que alienten el aprendizaje cooperativo, se hace posible ayudar a los alumnos a involucrarse en la resolución activa de problemas y en la reflexión aun cuando sólo haya un docente y muchos alumnos (véase también Slavin, 1987; Whimbey y Lochhead, 1980). Este énfasis en el aprendizaje cooperativo es también importante para preparar a los alumnos para que traten con situaciones que encontrarán con frecuencia fuera de los ámbitos escolares, situaciones que requieren resolución de problemas

en grupo (por ejemplo, Resnick, 1986). Cuando la sociedad crece en complejidad, las habilidades de aprendizaje cooperativo y de resolución de problemas en grupo bien pueden tornarse cada vez más importantes para el éxito individual y nacional.

Resumen

Siguiendo a Glaser (1976), hemos organizado nuestro análisis en este capítulo en torno a tres áreas de investigación que parecen ser componentes necesarios de cualquier teoría de la enseñanza.

El primer componente se centraba en los intentos de entender la naturaleza del desempeño “experto” o competente. Los investigadores cognitivos han hecho importantes avances en este campo. Cada autor de este libro propone hipótesis sobre la naturaleza del desempeño competente en su campo.

El segundo componente de cualquier teoría de la enseñanza incluye la investigación sobre los estados iniciales de los alumnos. Los alumnos no empiezan su aprendizaje como pizarras en blanco; por el contrario, encaran las nuevas áreas con diversos preconceptos. Cuando estos preconceptos son concepciones erróneas, debe haber cambio conceptual si se quiere que tenga lugar el aprendizaje significativo. Con frecuencia, el objetivo de la enseñanza debe consistir en cambiar las concepciones erróneas en vez de agregar simplemente conocimientos nuevos.

El tercer componente necesario de cualquier teoría de la enseñanza tiene que ver con las hipótesis sobre la naturaleza de la transición del estado inicial de un alumno hacia diversos estados-objetivos. hipótesis sobre la naturaleza del aprendizaje. Observamos que los enfoques típicos de la enseñanza suelen dar como resultado conocimiento inerte, y analizamos formas de superar este problema. Nuestro análisis se centró en la necesidad de tomar en serio el objetivo de ayudar a los alumnos a transformar el conocimiento declarativo, fáctico, en conocimiento de procedimientos, condicionalizado. Citamos a muchos autores que sostienen que esto se logra mejor centrándose en el “aprender haciendo”. Observamos también que el actual énfasis puesto en el aprender haciendo es muy diferente de un énfasis en la mera práctica con ejercicios como los que suele haber en los libros escolares.

Los autores de este libro se centran en la “práctica guiada”. Sus objetivos para la enseñanza están animados por el estudio del desempeño competente en sus áreas específicas y toman muy en serio la necesidad de evaluar y corregir las concepciones erróneas de sus alumnos. Creen en la importancia de “aprender haciendo” y orquestan cuidadosamente las actividades de los guías (o entrenadores) además de intentar crear climas sociales que faciliten el aprendizaje cooperativo. Sus ideas son provocativas y estimulantes. Esperamos que sus capítulos y nuestro esfuerzo por colocarlos en una perspectiva más amplia de investigación cognitiva sirvan como invitación para que nuestros lectores continúen explorando las actuales investigaciones sobre el aprendizaje en los alumnos.

REFERENCIAS

- Adams, L., J. Kasserman, A. Yearwood, G. Perfetto, Bransford, Franks** (1988). "The Effects of Fact versus Problem-Oriented Acquisition". *Memory and Cognition*, 16: 167-175.
- Allard, F., N. Burnett** (1985). "Skill in Sport". *Canadian Journal of Psychology*, 39, 2: 294-312.
- Anderson, J. R.** (1982). "Acquisition of Cognitive Skill". *Psychological Review*, 89-, 369-406.
- Anderson, J. R.** (1987). "Skill Acquisition: Compilation of Weak-Method Problem Solutions". *Psychological Review*. 94: 192-210.
- Anderson, R. C.** (1944). "Role of Reader's Schema in Comprehension, Learning and Memory". En *Learning to Read in American School: Basal Readers and Content Texts*. R. Anderson, J. Osborn y R. Tierney. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Anderson, C. W., E. L. Smith** (1987). "Tenching Science". *To appear in The Educator's Handbook: A Research Perspective*. V. Koehler, Nueva York: Longman.
- Anderson. C. W., E. L. Simith** (1984). "Children's Preconceptions and Content-Area Textbooks". En *Comprehension Instruction: Perspectives and Suggestions*. G. Duffy, L. Roehler, J. Mason. New York: Longman.
- Asch, S. E.** (1969). "A Reformulation of the Problem of Associations". *American Psychologist*. 24: 92-102.
- Belmont. J. M., E. C. Butterfield. J. G. Borkowski** (1978). "Training Retarded People to Genaralize" Memorization Methods Across Memory Tasks". En *Prartical Aspects of Memory*. M. M. Gruneberg, P. E. Morris y R. N. Sykes. London: Academic Press.
- Bereiter, C.** (1984). "How to Keep Thinking Skills from Going the Way of All Frills". *Educational Leadership*, 42: 75-77.
- Bereiter. C., M. Scardamalia** (Primavera 1987). "An Attainable Version of High Literacy: Approaches to Teaching Higher-Order Skills in Reading and Writing". *Curriculum Inquiry*. 9-30.
- Berliner, D. C.** (1986). "In Pursuit of the Expert Pedagogue". *Educational Researcher*, 15: 5-13.
- Bloom.. B. S., L. Broder** (1950). *Problem-Solving Processes of College Students*. Chicago: University of Chicago Press.
- Bransford, J. P.** (1984). "Schema Activation versus Schema Acquisition". En *Learning to Read in American Schools: Basal Readers and Content Texts*. R. C. Anderson, J. Osborn y R. Tierney. Hillsdale. N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bransford. J. D.** (1979). *Human Cognition: Learning, Understanding, and Remembering*. Belmont, Calif.: Wadsworth Publishing Co.
- Bransford, J. D., J.J. Franks, N.J. Vye, R. Sherwood** (1990). "Nesv Approaches to Instruction: Because Wisdom Can't Be Told". En: *Similarity and Analogical Reasoning*. S. Vosniadou y A. Ortony. New York: Cambridge University Press.
- Bransford, J. D., L. I. Goin, T. S. Hasselbring, C. K. Kinzer, R. D. Sherwood, S. M. Williams** (1988). "Learning with Technology: Theoretical and Empirical Perspectives". *Peabody Journal of Education*. 64, 1: 5-26.
- Bransford, J. D., R. S. Sherwood, T. S. Hasselbring, C. K. Kinzer, S. M. Williams** (1990). "Anchored Instruction: Why We Need It and How Technology Can Help". En *Advances in Computer-Video Technology*. D. Nix y R. Spiro. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bransford, J. D., B. S. Stein. N. J. Vye, Franks, P. M. Auble, K. J. Mezynski. G. A. Perfetto** (1983). "Differences in Approaches to Learning: An Overview". *Journal of Experimental Psychology: General*, 3, 4: 390-398.
- Brown, A. L.** (1978). "Knowing When, Where, and How to Remember: A Problem of Metacognition". En: *Advances in Instructional Psychology* (vol. 1), R. Glaser. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Brown, A. L., J. D. Bransford, R. Ferrara, J. Campione** (1943). "Learnig, Understanding and Remembering". En *Mussen Handbook of Child Psychology* (vol.1), J. Flavell y E. Markman. Somerset, N. J.: Wiley.
- Carey, S.** (1986). "Cognitive Science and Science Education". *American Psychologist*. 41: 1123-1130.
- Champagne A. B. y, Klopfer L.** (1991). "Understanding the Physical World and Comprehending Science Text". En *Science learning: processes and applications*. D. Alvermann y C.M. Santa. Washington: International Reading Association. Versión española *Una didáctica de las ciencias. Procesos y aplicaciones*. Buenos Aires: Aique, 1994.
- Charness, N.** (1979). "Components of Skill at Bridge". *Canadian Journal of Psychology*. 33: 1-16.

- Chase, W. G., H. A. Simon** (1973). "The Mind's Eye in Chess". En *Visual Information Processing*. W. Chase. Nueva York: Academic Press.
- Chi, M. T. H.** (1978). "Knowledge Structures and Memory Development". En *Children's Thinking. What Develops?* R. S. Siegler. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M. T. H., M. Bassok, M. W. Lewis, P. Reimann, R. Glaser** (1988). *Self-Explanation: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems*. Piusburgil, Pa.: Learnina Research and Development Center.
- Chi, M. T. H., P.J. Feltovich, R. Glaser** (1981). "Categorization and Representacion of Physics Problems by Experts and Novices". *Cognitive Science*, 5: 121-1.752.
- Chi, M. T. H., R. Glaser, M. Farr** (1989). *The Nature of Expertise*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., R. Glaser, E. Rees** (1982). "Expertise in Problem Solving". En *Advances in the Psychology of Human Intelligence* (vol.1). R.J. Sternberg. Hillsdale. N.J.: Eribaum.
- Collins, A.** (1990). "Cognitive Appretiticeship and Instructional Technology". En *Dimensions of Thinking and Cognitive Instruction*. B. F. Jones y L. Idol.
- deGroot, A.** (1965). *Thought and Choice in Chess*. The Hague, The Netherlands: Mouton.
- Dweck, C.** (1986). "Motivational Processes Affecting Learning". *American Psychologist*. 41, 10: 1040-1048.
- Engel, R., L. Bukstel** (1978). "Memory Processes Among Bridge Players of Differing Expertise". *American Journal of Psychology*, 91: 673-689.
- Ericsson, K., W. Chase, S. Faloon** (1980). "Acquisicion of a Memor Skill". *Science*, 208: 1181-1182.
- Feltovich, P. J., R. J. Spiro, R. L Coulson** (1988). "The Nature of Conceptual Understanding in Biomedicine: The Deep Structure of Complex Ideas and the Development of Misconcepcions". En *The Cognitive Sciences in Medicine*. D. Evans y V. Patel. Cambridge, Mass.: MIT (Bradford) Press.
- Flavell, J. H., H. M. Wellman** (1977). "Metamemory". En *Perspectives on the Development of Memory and Cognition*. R. V. Kail, Jr., J. W. Hagen. Hillsdale, N.J.. Lawrence Erlbaum Associates.
- Franks, J. J. Bransford, K. Brailey, S. Purdon** (1991). "Understanding Memory Access". En *Cognition and the Symbolic Processes. Applied and Ecological Perspectives*. J. J. Jenkins. R. Hoffman y D. Palermo. Hillsdale, N.J.: Erlbaum Associates.
- Franks, J. J., N. J. Vye, P. M. Auble, K- J. Mezynski, G. A. Perfetto, J. D. Bransford** (1983). "Learning from Explicit versus Implicit Texts". *Journal of Experimental Psychology: General* 3. 4: 414-422.
- Gick, M. L., K. J. Holyoak** (1980). "Analogical Problem Solving". *Cognitive Psychology*, 12:306-365.
- Glaser, R.** (1976). "Components of a Psychology of Instruction: Toward a Science of Design". *Review of Educational Research*, 463: 1-24.
- Glaser, R., M. Bassok** (1989). "Learning Theory and the Study of Instruction". *Annual Review of Psychology*, 40, 631.
- Gragg, C. I.** (Octubre 19, 1940). *Harvard Alumni Bulletin*.
- Groen, G., J. Parkman** (1972). "A Chronometric Analysis of Simple Addition". *Psychological Review*, 79, 4: 329-343.
- Groen, G., L. B. Resnick** (1977). "Can Preschool Children Invent Addition Algorithms?" *Journal of Educational Psychology*, 69: 645-652.
- Hasselbring, T., L. Goin, J. Bransford** (1988). "Developing Math Automaticity in Learning Handicapped Children: The Role of Computerized Drill and Practice". *Focus on Exceptional Children*, 20, 6: 148.
- Hasselbring, T. S., L. Goin. J. D. Bransford** (1987). "Developing Automaticity in Basic Math Skills". *Teaching Exceptional Children*. 19: 30-33.
- Hayes, J. R., H. A. Simon** (1977). "Psychological Differences Among Problein Isomorphs". En: *Cognitive Theory* (vol. 2). J. Castellan, D. B. Pisoni, G. R. Potts. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Hinsley, D., J. R. Hayes, H. A. Simon** (1977). "From Words to Equations". En *Cognitive Processes in Comprehension*. P. Carpenter y M. Just. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Klopfer, L., A. B. Champagne, R. F. Gunstone** (1985). "Effecting, Changes in Cognitive Structure Among Physics Students". En *Cognitive Structure and Conceptual Change*. A. L. Pines y L. H. T. West, Nueva York: Academic Press.
- Larkin, J. H.** (1979). "Information Processing Models and Science Instruction". En *Cognitive Process Instruction: Research on Teaching Thinking Skills*. J. Locliliend y J. Clements, Philadelphia, Pa.: The Franklin institute Press.
- Larkin, J. H., J. McDermott, D. P. Simon, H. Simon** (1980). "Expert and Novice Performance in Solving a Physics Problems". *Science*, 208: 1335-1342.
- Leinhardt, G., J. G. Greene** (1986). "The Cognitive Skill of Teaching". *Journal of Educational Psychology*, 78: 75-95.

- Lesgold, A.** (1988). "Problem Solving". En *The Psychology of Human Thought*. R. J. Sternberg, y E. E. Smith. Nueva York: Cambridge University Press.
- Linn, C.** (1985). "The Cognitive Consequences of Programming Instruction in Classrooms". *Memory and Cognition*, 16: 36-44.
- Mayer, R. E.** (1982). "Memory for Algebra Story Problems". *Journal of Educational Psychology*. 74: 199-216.
- Mayer, R. E.** (1945). "Mathematical Ability". En *Human Abilities: An Information-Processing Approach*. R.J. Sternberg. Nueva York: W. H. Freeman.
- Markman, E. M.** (1979). "Realizing You Don't Understand: Elementary School Children's Awareness of Inconsistencies". *Child Development*, 50: 643-655.
- Miller, G. A.** (1956). "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information". *Psychological Review*, 63: 81-97. Hay versión española en G. A. Miller. *Psicología de la Comunicación*. Buenos Aires: Paidós, 1969.
- Newell, A., H. A. Simon** (1972). *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Paris, S. G., D. R. Cross. M. Y. Lipson** (1984). "Informed Strategies for Learning: A Program to Improve Children's Reading Awareness and Comprehension". *Journal of Educational Psychology*. 76, 6: 1239-1252
- Paris, S. G., R. S. Newman, K. A. McVey (1982). "Learning Functional Significance of Mnemonic Actions: A Microgenetic Study of Strategy Acquisition". *Journal of Experimental Child Psychology*, 34: 490-509.
- Pea, R. D., E. Soloway** (1987). "Mechanisms for Facilitating a Vital and Dynamic Education System: Fundamental Roles for Education Science and Technology". *Final Report for the Office of Technology Assessment*.
- Perfetto, B. A., J. D. Bransford, J. J. Franks** (1983). "Constraints on Access in a Problem Solving Context". *Memory and Cognition*, 11: -94-31.
- Perfetto, G., A. Yearwood, Franks, J. Bransford** (1987). "The Effects of Generation on Memory Access". *Bulletin of the Psychonomic Society*, 25: 151-154.
- Posner, G. J., K. A. Strike, P.W. Hewson, W. A. Gertzog** (1982). "Accommodation of Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change". *Science Education*, 66: 211-227.
- Pressley, M., J. R. Levin** (1983). *Cognitive Strategy Research: Educational Applications*. Nueva York: Springer-Verlag.
- Reed, S. K., G. W. Ernst, R. Banerji** (1974). "The Role of Analogy in Transfer between Similar, Problem States". *Cognitive Psychology*. 6: 436-450.
- Resnick, L. B.** (1986). "The Development of Mathematical Intuition". En *Minnesota Symposium on Child Psychology*. M. Permuter. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Resnick, L.** (1981). *Education and Learning to Think*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Robinson, C. S., J. R. Hayes** (1978). "Making Inferences about Relevance in Understanding Problems". En *Human Reasoning*. R. Revlin y R. E. Mayer. Washinton: Winston.
- Roth, K. J.** (1985). *Conceptual Change Learning and Student Processin of Science Texts*. Comunicación presentada en la conferencia de American Educacional Research Association, Chicago.
- Rumelhart, D. E.** (1980). "Schemata: The Building Blocks of Cognition. En *Theoretical Issues in Reading Comprehension: Perspectives from Cognitive Psychology Linguistics, Artificial Intelligence, and Education*. R. J. Spiro, B. C. Bruce y W. F. Brewer. Hillsdale. N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schneider, W., R. M. Shiffrin** (1977). "Controlled and Automatic Human Information Processing: Detction, Search and Attention". *Psychological Review*, 84: 1-66.
- Schoenfeld, A.** (1982). "Measures of Problem-Solving Performance and of Problem-Solving Instruction". *Journal for Research in Mathematics Education*, 13: 31-49.
- Siegler, R. S.** (1985). "Encoding and the Development of Problem Solving". En: *Thinking and Learning Skills: Research and Open Questions* (vol. 2), S. Chipman. J. Segal, y R. Glaser. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Siegler, R. S.** (1986). *Childrens Thinking*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Simon, H. A.** (1980). "Problem Solving and Education". En *Problem Solving and Education: Issues in Teaching and Research*. D. T. Tuma y R. Ref. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Simon, D. P., H. A. Simon** (1979). "A Tale of Two Protocols". En *Cognitive Process Instruction: Research on Teaching Thinking Skills*. J. Lochhead y J. Clement. Philadelphia, Pa.: The Franklin Institute Press.

- Slavin, R. E.** (1987). *Cooperative Learning: Student Teams*. Washington, D.C.: National Education Association.
- Steffensen, M. S., C. Joag-Dev, R. C. Anderson** (1979). "A Cross-Cultural Perspective. on Reading Comprehension". *Reading Research Quarterly*, 15: 10-29.
- Stein, B. S., J. D. Bransford, J. J. Franks, R. A. Owings, N.J. Vye, W. McGraw** (1983). "Differences in the Precision of Self Generated Elaborations" *Journal of Experimental Psychology: General*, 3, 4: 399-405.
- Stein, B. S., J. D. Bransford. J. J. Franks, N. J. Vye, G. A. Perfetto** (1983), "Differences in Judgments of Learning Difficulty". *Journal of Experimental Psychology: General*, 3, 4: 406-413.
- Stein, N. L., T. Trabasso** (1982). "What's In a Story: An Approach to Comprehension and Instruction". En *Advances in Instructional Psychology* (vol. 2). R. Glaser. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Voss, J. F., T. R. Greene, T. A. Post, B. C. Penner** (1984). "Problem Solving Skills in the Social Sciences". En *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research Theory* (vol. 17). G. H. Bower. Nueva York: Academic Press.
- Weisberg, R., M. DiCamillo, D. Philips** (1978). "Transferring Old Associations to New Situations: A Nonautomatic Process". *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17: 219-228.
- Whimbey, A., J. Lochhead** (1980). *Problem Solving and Comprehension: A Short Course in Analytical Reasoning*. Philadelphia: The Franklin Institute Press. Versión española de la edición revisada, *Comprender y resolver problemas*. Madrid: Visor, 1993.
- Whithead, A. N.** (1929). *The Aims of Education*. Nueva York: MacMillan. Versión española: *Los fines de la educación y otros ensayos*. Buenos.Aires, Paidás, 196#.
- Wittrock, M., C.** (1974). "Learning as a Generative Process". *Educational Psychologist*. 11: 87-95.
- Wittrock, M., C.** (1986)."Students' Thought Processes". En *Handbook of Research on Teaching. Third Edition*. M. C., Wittrock. Nueva York: MacMillan. Versión española: *La investigación de la enseñanza*, vols. 1-3. -Barcelona: Paidós.