

Aprender en la escuela con las nuevas tecnologías de la información: Perspectivas desde la psicología del aprendizaje y de la instrucción

Erik De Corte



La transferencia entre el dominio de la investigación básica y el de la práctica educativa no siempre se da, y cuando eso ocurre, hay un cierto riesgo de que la transferencia viaje en una sola dirección. En este artículo se analiza el estado de la cuestión respecto a las enormes posibilidades que para el mundo educativo abre la investigación en psicología cognitiva y, más concretamente, la investigación sobre la utilización del ordenador como instrumento de enseñanza-aprendizaje.

INTRODUCCION

En una reciente revisión de Lepper y Gurtner (1989) titulada «Los niños y los ordenadores, acercándonos al siglo veintiuno» estos autores escriben:

«El mundo de los niños y los ordenadores es un mundo de controversia y paradoja.» (pág. 170).

Según Lepper y Gurtner (1989), por una parte está el *sueño del ordenador*, que comprende el grupo de aquéllos que mantienen expectativas altas acerca de la contribución del ordenador a la mejora de la educación. Por otra parte, está lo que estos autores denominan la *pesadilla del ordenador*, que representa a aquéllos que adoptan un punto de vista sumamente crítico y hacen hincapié en los aspectos potencialmente negativos que pueden darse como consecuencia de la utilización de los ordenadores en los colegios. Las discusiones entre estos dos grupos son de carácter fun-

damentalmente teórico, incluso de índole especulativa, y con una fuerte carga emocional; con frecuencia se está hablando desde una total disparidad de objetivos: personas diferentes con distintos puntos de partida hablan de diferentes maneras de utilizar el ordenador o hablan de los efectos divergentes de éste a partir de programas que tienen distintas características. A ello se le añade el hecho de que los resultados disponibles de las investigaciones realizadas en este área tampoco ofrecen respuestas exentas de ambigüedad y desde luego no vinculantes a las preguntas sobre los efectos del uso del ordenador. Con frecuencia los resultados son contradictorios y muchos trabajos de investigación son criticables por su debilidad metodológica.

Una de las principales causas de la situación controvertida en la que nos hallamos, se debe a que nos hemos centrado demasiado —tanto en el plano teórico como en el empírico— en los aspectos puramente tecnológicos. En consecuencia, no nos hemos percatado de que las Nuevas Tecnologías de la Información por sí mismas no pueden ser un vehículo para la adquisición de conocimientos, destrezas y actitudes, sino que deben estar integradas en un contexto de enseñanza-aprendizaje, es decir, en situaciones que estimulen en los estudiantes los procesos de aprendizaje necesarios para alcanzar los objetivos educativos. A partir de esta idea, el *leit motiv* de este trabajo es que para llevar a cabo dicha integración es necesario basar la investigación y el desarrollo del uso educativo del ordenador más explícitamente en las investigaciones recientes sobre el aprendizaje y la instrucción. Y, ciertamente, hay un importante número de investigaciones sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje realizadas en los últimos 10-15 años que han ido creando gradualmente una base empírica de conocimientos para el diseño de potentes entornos educativos en general y, más específicamente, para el diseño de entornos de aprendizaje basados en el uso del ordenador. Voy a ejemplificarlo a través de la revisión de algunos de los principales resultados de las investigaciones en este área utilizando como marco de referencia la distinción realizada por Resnick (1983) de los tres componentes principales que caracterizan una teoría del aprendizaje basada en la instrucción. De acuerdo con esta autora, una teoría sobre el aprendizaje debería ser: 1) una teoría del dominio experto en la que se describa la ejecución competente en un campo específico; 2) una teoría de la adquisición que explicita los procesos de aprendizaje y desarrollo necesarios para alcanzar la ejecución experta, y 3) una teoría de la intervención que describa métodos adecuados de enseñanza y estrategias instruccionales para producir esos procesos de aprendizaje y desarrollo.

DOMINIO EXPERTO: PRINCIPALES ASPECTOS DE LA EJECUCION COMPETENTE

Una teoría sobre el dominio experto en un área debería especificar los conocimientos y las habilidades que los estudiantes deben adquirir para llegar a ser competentes en ese campo preciso. Por tanto una teoría sobre la ejecución competente de esa índole debería desvelar también posibles con-

cepciones erróneas de partida y destrezas deficientes que limiten y dificulten la adquisición de la competencia.

En los últimos quince años, las investigaciones realizadas en el área de la psicología cognitiva han estado centradas en este componente de una teoría de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Se han realizado numerosas investigaciones en las que se ha analizado la ejecución experta en diversos campos, como, por ejemplo, en física, matemáticas, programación de ordenadores, diagnóstico médico, economía, ecología, etc. En base a los resultados convergentes de estos trabajos, se puede argumentar que el principal objetivo cognitivo del aprendizaje escolar consiste en la adquisición de las cuatro categorías de destrezas que se presentan a continuación (De Corte, en prensa (a); Perkins y Salomon, 1989):

1. La aplicación flexible de un conocimiento bien organizado, específico de un campo, que comprendería conceptos, reglas, principios, fórmulas y algoritmos.
2. Métodos heurísticos, es decir, estrategias de búsqueda sistemática para el análisis y transformación del problema, como, por ejemplo, analizar cuidadosamente un problema, especificando qué es lo que se conoce y lo que se desconoce; subdividir el problema en submetas; visualizar el problema utilizando un diagrama o dibujo.
3. Habilidades metacognitivas, que incluyen, por una parte, el conocimiento relativo al funcionamiento cognitivo propio y, por otra, actividades que se relacionan con el auto-control y la regulación de los propios procesos cognitivos, como, por ejemplo, planificar un proceso de resolución y reflexionar sobre las actividades de aprendizaje y pensamiento propias.
4. Estrategias de aprendizaje, es decir, las actividades que ocupan al estudiante durante el aprendizaje con el fin de adquirir cualquiera de los tres tipos de destrezas anteriores (consúltese, por ejemplo, Levin y Pressley, 1986).

Los primeros estudios realizados desde el marco de la psicología cognitiva demostraron de forma convincente el significativo papel de las estrategias heurísticas en el pensamiento y la resolución de problemas (consúltese, por ejemplo, Newell y Simon, 1972). Más tarde, las investigaciones sobre el papel de la riqueza del conocimiento que el sujeto posee en un área, tienden a subrayar la importancia del conocimiento específico en un campo (consúltese, por ejemplo, Chi, Glaser y Farr, 1988). Un ejemplo representativo es el trabajo realizado por Chi, Feltovich y Glaser (1981) sobre la mecánica utilizada en la resolución de problemas de física: en este estudio los expertos construyeron una representación inicial del problema en términos de los principios de física subyacentes que eran necesarios para su resolución, mientras que la representación de los novatos se basaba en las características superficiales del enunciado del problema. Estas diferencias en la representación inicial de dicho problema reflejan la existencia de diferencias tanto en el contenido como en la organización de base del conocimiento entre los dos grupos. En la conceptualización teórica realizada más recientemente, se acentúa la interacción entre conocimiento y habilidad en la ejecución competente (consúltese también Alexander y Judy, 1988; Elshout, 1987; Weinert, 1989). Un ejemplo ilustrativo de esta última

tendencia es el trabajo realizado por Spada, Opwis, Donnen, Schwierscha, y Ernst (1987) en el campo de la ecología. Estos investigadores llevaron a cabo tres estudios en los que utilizaron diferentes micro-mundos como entornos de aprendizaje: 1) una simulación en ordenador sobre un sistema ecológico acuático sencillo; 2) un juego sobre el entorno como variante del *Commons Dilemma* (El Juego del Conflicto en la Pesca); 3) un texto en ordenador basado en diversos aspectos de un problema real del entorno, concretamente en el tráfico de lanchas motoras en el Lago Constanza. Uno de los principales resultados de estos experimentos es que la mejora en la competencia de los estudiantes a la hora de enfocar y de resolver problemas ambientales correctamente dependía de la adquisición y aplicación integrada del conocimiento específico de un campo y de habilidades más generales (meta-) cognitivas.

La importancia de la metacognición en el aprendizaje y el pensamiento también está bien documentada en la literatura más reciente (Brown, Bransford, Ferrara y Campione, 1983; Garner y Alexander, en prensa; Simons y Beukhof, 1987). Dweck y Elliot (1983) obtuvieron un importante hallazgo relacionado con el conocimiento metacognitivo de los niños; según estos autores, las acciones específicas que adoptarán los individuos en una situación de aprendizaje o de resolución de problemas dependería de la concepción concreta que el sujeto tenga sobre la naturaleza de la capacidad. Encontraron que los niños tenían dos concepciones muy diferentes sobre la capacidad, o «teorías de la inteligencia». Por una parte, la concepción esencialista considera la capacidad como una característica global, estable y constante, que se refleja en la propia ejecución; mientras que la concepción incrementalista trata la capacidad como un conjunto de habilidades que pueden ser ampliadas y mejoradas a través del aprendizaje y el esfuerzo. Es evidente que ambos grupos tendrán diferentes motivaciones y formas de abordar nuevas tareas de aprendizaje.

Finalmente, los estudios realizados en diferentes áreas de contenido han demostrado que los estudiantes malos e inmaduros utilizan unas estrategias de aprendizaje más pasivas y menos eficaces, aunque persistentes, que las que utilizan los buenos estudiantes. Por ejemplo, la actividad mental de los malos estudiantes está orientada hacia el tema en vez de estarlo hacia la meta, y se centran más en las características superficiales de la tarea de aprendizaje (Scardamalia, Bereiter, McLean, Swallow y Woodruff, 1989).

De hecho, hay actualmente una gran cantidad de datos disponibles (por ejemplo, consúltese De Corte, 1989) que demuestran que en la educación escolar actual los niños y jóvenes no adquieren las cuatro categorías de habilidades especificadas anteriormente. Con frecuencia, los estudiantes sólo adquieren un conocimiento de los conceptos básicos que es deficiente, superficial y está basado en la repetición; en muchos campos incluso adolecen de conceptos erróneos (por ejemplo, «la multiplicación hace que sea más grande»), y de habilidades deficientes (por ejemplo, algoritmos defectuosos)*; no dominan una serie de estrategias heurísticas y metacognitivas susceptibles de ser aplicadas; finalmente, con frecuencia desarrollan creen-

* Nota de la trad.: en el original «buggy» que proviene de «bug» y que significa «fallo». He escogido el término de «defectuoso» por razón de estilo. En informática se emplea el término «bug» cuando hay un error de programa.

cias incorrectas sobre las actividades cognitivas (por ejemplo, ser capaz de resolver un problema es una mera cuestión de suerte) y sobre las áreas de estudio (por ejemplo, el punto de vista de que las matemáticas consisten en un conjunto de reglas y procedimientos que uno utiliza de forma mecánica y entre las que no hay conexión alguna con la realidad). Schoenfeld (1988) ha observado incluso que los estudiantes con los que él trabajaba habían adquirido ideas de este tipo como resultado de una enseñanza que generalmente se daba por buena. De ahí el título de su artículo: «Cuando la buena enseñanza lleva a malos resultados: los desastres producidos en las clases de matemáticas “bien dadas”.»

La pregunta que surge es si la mayoría de los usos que se hace del ordenador en las escuelas no es una simple adaptación a las prácticas educativas vigentes en vez de estar contribuyendo a llevar a cabo los principales objetivos cognitivos de la educación. A partir de la discusión anterior es posible deducir ya algunos principios del diseño de *software* que pueden contribuir a que se dé un cambio fundamental en este área. Primero, es necesario centrar la atención de los estudiantes en el objetivo de las cuatro categorías de habilidades mencionadas anteriormente, es decir: una base de conocimientos específica de un área bien organizada, métodos heurísticos, habilidades metacognitivas, y estrategias de aprendizaje. Según han manifestado recientemente Scardamalia et al. (1989):

«Un *software* educativo que esté bien diseñado debería fomentar el tipo de orientación hacia la meta que muestran los expertos en vez de la que muestran los principiantes.» (pág. 56).

Segundo, los programas educativos de ordenador deberían facilitar e impulsar el desarrollo de formas adecuadas de organización del conocimiento específico en los estudiantes tales como categorías, secuencias, redes conceptuales y representaciones visuales. Tercero, un buen *software* educativo debería estimular la adquisición de habilidades metacognitivas y de estrategias de aprendizaje mediante la explicitación de y la reflexión sobre el conocimiento de los niños (por ejemplo, lagunas y conceptos erróneos en contraposición con los puntos fuertes) al igual que sobre sus métodos de pensar y actividades de aprendizaje (por ejemplo, fuertes y débiles).

CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LOS PROCESOS DE ADQUISICION

Algunas de las características de los procesos de adquisición relevantes para el diseño de entornos ricos de aprendizaje en ordenador, han surgido de investigaciones recientes sobre el aprendizaje y la enseñanza. A continuación, trataré brevemente las siguientes características: la naturaleza constructiva del aprendizaje; las diferencias individuales en el aprendizaje; la importancia del conocimiento previo en general y del conocimiento y las habilidades informales de los estudiantes en particular; la zona de desarrollo próximo; la interacción social y el aprendizaje; la necesidad de anclar el aprendizaje en contextos de la vida real; y la transferencia de las habilidades cognitivas (para una información más detallada consúltese De Corte, en prensa b).

La naturaleza constructiva del aprendizaje

Aunque no se debería juzgar la totalidad del sistema escolar por igual, opino que actualmente el enfoque dominante del aprendizaje en la práctica educativa continúa siendo un modelo de transmisión de información. Este enfoque, que normalmente tiene como resultado el diseño de entornos de aprendizaje débiles, está en desacuerdo frontal con la concepción del aprendizaje que está sustentada por un importante cuerpo de investigaciones recientes en el sentido de que el aprendizaje es un proceso activo y constructivo. Los estudiantes no son receptores pasivos de la información, sino que construyen su conocimiento y habilidades de forma activa a través de la interacción con el entorno y de la reorganización de sus propias estructuras mentales. El carácter constructivo de los procesos de aprendizaje se manifiesta de forma negativa, por ejemplo, en los conceptos y procedimientos erróneos (a los que ya se ha hecho referencia en la sección anterior) que muchos estudiantes adquieren en diversas áreas de estudio. El ejemplo más común son probablemente los llamados «algoritmos defectuosos», es decir, procedimientos utilizados sistemáticamente, pero de forma incorrecta, para realizar una operación aritmética inventada por el propio niño; generalmente, estos procedimientos incorrectos son variantes del algoritmo correcto. Como ilustración está, por ejemplo, el defecto «menor del mayor» en relación a la resta; consiste en restar en cada columna el dígito menor del mayor sin tener en cuenta cuál está arriba, como se puede ver en el siguiente ejemplo:

$$\begin{array}{r} 543 \\ - 175 \\ \hline 432 \end{array}$$

Salomon y Gardner (1986) subrayan que una implicación importante del papel activo de los estudiantes en la adquisición de conocimientos y habilidades es que la pregunta que hay que hacerse no es «¿Qué ventajas tiene el ordenador para los niños?», sino más bien «¿Qué pueden hacer los estudiantes con esta máquina?» Desde luego que el mismo entorno de aprendizaje con ordenador puede dar lugar a actividades de aprendizaje muy diferentes en los niños, produciendo una variedad de resultados. Esto fue demostrado de forma convincente en un estudio efectuado por Zelman (1985) en el que se compararon las actividades en el aprendizaje del LOGO de niños con distintas concepciones de inteligencia en los términos de la distinción de Dweck y Elliot (1983) descrita en una sección anterior: esencialista *versus* incrementalista de la capacidad. Los niños que adoptaban el enfoque esencialista no dedicaban demasiado tiempo al aprendizaje del LOGO y aunque no pensasen alcanzar un nivel alto de aprendizaje, de todas formas, esperaban recibir una ayuda continua de los profesores; el caso opuesto se daba en aquéllos que adoptaban el enfoque «incrementalista».

Pero concebir el aprendizaje como un proceso activo no excluye que la construcción del conocimiento y habilidades por parte de los niños pueda estar mediada por intervenciones apropiadas y la ayuda no solamente de los profesores y compañeros, sino también del *software* educativo. En otras palabras, un entorno «fuerte» para el aprendizaje en ordenador está carac-

terizado por un buen equilibrio entre el aprendizaje por descubrimiento y la exploración personal por una parte, y, por otra, entre la enseñanza sistemática y la ayuda del profesor; siempre teniendo en cuenta las diferencias individuales en la capacidad, las necesidades y la motivación de los estudiantes.

Las diferencias individuales en el aprendizaje

Un importante hallazgo de las investigaciones sobre el aprendizaje desde la instrucción es que los procesos de adquisición, al igual que el resultado del aprendizaje, están sumamente sujetos a las diferencias entre los estudiantes en cuanto a su inteligencia, el conocimiento previo, las destrezas, la motivación en el aprendizaje y las estrategias de aprendizaje (ver por ejemplo, Ackerman, Sternberg, y Glaser, 1989). De hecho, esto ya era evidente a partir de los resultados obtenidos por Dweck y Elliot (1983) y Zelman (1986) mencionados anteriormente.

Otro resultado importante relacionado con este tema es que tanto los estudiantes de capacidad baja como los estudiantes con mucha ansiedad tienen un rendimiento superior en programas educativos que ofrecen mayor estructura y ayuda del profesor (Corno y Snow, 1986). Estos programas, denominados de interacción entre el tratamiento y la aptitud, deberán tenerse en cuenta cuando se diseñen entornos de aprendizaje basados en el ordenador. Esto no solamente implica que los programas educativos de ordenador deben adaptarse de forma satisfactoria a las diferencias individuales de los estudiantes, sino que además, deberán contribuir, por ejemplo, a modificar las creencias incorrectas e ingenuas que poseen los niños sobre la capacidad y las áreas de estudio, y a reducir a través de la ayuda adecuada su nivel de ansiedad.

Un componente de las diferencias individuales que merece especial atención son las estrategias de aprendizaje de los niños. En su trabajo sobre las diferencias cualitativas en los procesos de aprendizaje, Marton y Saljö (1984) descubrieron dos enfoques diferentes hacia el aprendizaje: un enfoque profundo y uno superficial. Mientras que los estudiantes que adoptaban el enfoque profundo intentaban comprender el material de aprendizaje y buscaban relaciones, los estudiantes que adoptaban un enfoque superficial se centraban en la memorización del material. Es interesante que Marton y Saljö (1984) obtuvieran una estrecha relación entre las estrategias que utilizaban los estudiantes y sus resultados en el aprendizaje: aquéllos que adoptaron un enfoque profundo obtuvieron mejores resultados que los que adoptaron un enfoque superficial. Además, la estrategia utilizada por el estudiante estaba relacionada con su concepción del aprendizaje, lo que puede considerarse como un aspecto de su conocimiento metacognitivo: los estudiantes superficiales veían el aprendizaje principalmente como un incremento cuantitativo de conocimiento, como, por ejemplo, memorizar, o adquirir y utilizar datos; por el contrario los estudiantes profundos concebían el aprendizaje como un proceso constructivo de abstracción e interpretación dirigido a comprender la realidad. Es evidente que el *software* educativo debería inducir y mantener un enfoque profundo en los estudiantes. Una sugerencia de Scardamalia et al. (1989) es relevante aquí. Se pueden crear programas de ordenador que, en vez de sólo proporcionar me-

nús con tareas y temas, también presenten menús que sirvan para centrar la atención de los niños en las diferentes actividades de aprendizaje que se pueden utilizar en una tarea dada.

El papel del conocimiento previo

La importancia que tiene el conocimiento previo en el aprendizaje viene dado por el punto de vista constructivista de los procesos de aprendizaje, es decir, los estudiantes procesan activamente la información en base al conocimiento que poseen y, de esta forma construyen el conocimiento y las habilidades nuevas. Este punto de vista, que hoy en día está generalmente aceptado por la psicología cognitiva (Vosniadou y Brewer, 1987), está apoyado por los resultados de estudios experimentales. Los estudios sobre el impacto de las diferentes variables en el rendimiento académico demuestran que el conocimiento previo explica alrededor del 30 y 60 % de la varianza en los resultados del aprendizaje (Dochy, 1988). Pero es necesario añadir que la mayoría de los experimentos carecen de una validez ecológica, y que hasta ahora los procesos subyacentes de este fenómeno no se comprenden bien. Por tanto, hay una necesidad evidente de llevar a cabo investigaciones en entornos ecológicamente válidos, dirigidos a aclarar los procesos cognitivos a través de los cuales el conocimiento previo afecta el aprendizaje de conocimiento nuevo.

Un aspecto del conocimiento previo que está bien documentado en diferentes áreas de contenido como matemáticas (Resnick, 1989), ciencias (Eylon y Linn, 1988), y astronomía (Vosniadou, 1988), es el conocimiento informal de los niños y las estrategias de resolución de problemas que utilizan. Por ejemplo, en nuestro trabajo hemos observado en niños de primer curso de primaria la existencia de un repertorio de estrategias rico y variado —muchas de ellas inventadas por los propios niños— para la resolución de problemas sencillos de suma y resta (De Corte y Verschaffel, 1989). Pero un análisis sobre una serie de programas educativos mostró que la práctica educativa actual no toma en cuenta la variedad y flexibilidad de los procedimientos informales de los niños. Los resultados disponibles de las investigaciones llevadas a cabo sobre el impacto del conocimiento previo en el aprendizaje de los niños sugieren que esta situación se debe cambiar emparejando la enseñanza con el conocimiento (informal) y las habilidades de los sujetos. En otras palabras, los contextos de aprendizaje por ordenador deberían acoplarse explícitamente al conocimiento previo y las habilidades de los estudiantes.

Se podría decir que los profesionales en «inteligencia artificial y educación» se han tomado este mensaje en serio; uno de los principales componentes de un sistema tutor inteligente es el denominado «modelo del estudiante», el cual, según Wenger (1987):

«debería incluir todos los aspectos de la conducta y el conocimiento del estudiante que tienen repercusiones en su rendimiento y aprendizaje.» (pág. 16).

Es ya evidente que construir un modelo para el estudiante de estas características es una tarea sumamente difícil en los sistemas basados en el ordenador. Más aún: una cuestión interesante para futuros estudios estriba

en saber no solamente hasta dónde se puede llegar al construir modelos para estudiantes en diferentes áreas de contenido, sino también cuál es el grado de flexibilidad y de diagnóstico que deben tener los entornos de ordenador con el fin de proporcionar la ayuda más adecuada.

La Zona de Desarrollo Próximo

El concepto de Vygotski (1978) de zona de desarrollo próximo ha influido con fuerza en nuestra visión de las relaciones entre el aprendizaje y el desarrollo. Mientras que Piaget consideraba al desarrollo como un proceso básico más o menos independiente del aprendizaje (Piaget, 1971), Vygotski adoptó una posición opuesta. De acuerdo con este autor, el aprendizaje juega un papel estimulador importante en el desarrollo. En esta línea, introdujo la distinción entre el rendimiento actual de un niño, que consiste en lo que puede rendir de forma independiente, y la zona de desarrollo próximo, que comprende aquello que el niño todavía no puede lograr de forma autónoma pero sí con la ayuda de un adulto o compañero.

Este punto de vista tiene implicaciones importantes para el diseño de entornos de aprendizaje y también para la evaluación. Implica que en vez de unir la enseñanza al nivel actual de rendimiento se debería orientar hacia la zona de desarrollo próximo. Esto significa que la educación debería: 1) ayudar al niño a dominar de manera independiente aquellas actuaciones que comprende esta zona en un momento dado; 2) estimular el desarrollo cognitivo mediante la creación de nuevas zonas de desarrollo próximo. Salomon, Globerson, y Guterman (en prensa) han demostrado recientemente que, aparte de un adulto o compañero de clase, un ordenador también puede cumplir esta función. Estos investigadores encontraron que una asociación intelectual con un programa de ordenador denominado *Compañero de Lectura* que presentaba los principios de lectura y proporcionaba ayuda de carácter metacognitivo, llevó a una mejora significativa en la comprensión de textos y que, además, estos resultados se transferían a la destreza en la redacción.

En relación con la evaluación, Vygotski subraya la necesidad de evaluar el potencial de aprendizaje de los niños mediante la medición de la zona de desarrollo próximo y de integrar la evaluación de forma dinámica en la enseñanza (evaluación dinámica) (ver por ejemplo Lidz, 1988).

La interacción social y el aprendizaje

Otra implicación significativa del punto de vista de Vygotski es que se subraya la influencia de la interacción social en el aprendizaje y el desarrollo. Este punto de vista está apoyado por investigaciones recientes sobre el impacto de la interacción social en la adquisición del conocimiento y en el desarrollo cognitivo (ver por ejemplo, Perret-Clermont y Schubauer-Leoni, en prensa). Más específicamente, con respecto a los entornos de ordenador los estudios recientes realizados por Webb y Lewis (1988) sobre la programación en LOGO y BASIC sugieren que la participación activa en grupos dirigidos por los alumnos es beneficiosa para los estudiantes. Estos investigadores encontraron que las siguientes conductas estaban positivamente relacionadas con algunas medidas de rendimiento: dar explicaciones, dar sugerencias sobre la entrada de datos, verbalizar estrategias de planifi-

cación y depuración a los compañeros de clase y, en cierta medida, recibir explicaciones. Aunque se debería explorar más a fondo los tipos de interacción social que promueven el aprendizaje (ver por ejemplo, King, 1989), los datos disponibles demuestran de forma convincente que el aprendizaje de cooperación en grupos pequeños puede tener una influencia sustancial positiva en la adquisición de conocimiento y de destrezas cognitivas. En la siguiente sección se presenta un argumento adicional a favor del aprendizaje en grupo.

Anclando el aprendizaje en contextos de la vida real

En la práctica educativa actual, el conocimiento con frecuencia se adquiere independientemente del contexto social y físico del que se deriva su significado y utilidad. En consecuencia, en el colegio se siguen enseñando algunos contenidos a pesar de que su significado y aplicación al mundo real sea ya muy baja. ¿Quién ha realizado análisis gramaticales, efectuado divisiones o dividido fracciones después de que terminase el colegio? Una clara ilustración de esta laguna entre conocimiento cotidiano y el conocimiento adquirido en el colegio está, por ejemplo, en los estudios realizados en Brasil. En estas investigaciones los niños eran observados mientras resolvían tareas de aritmética en diferentes contextos, específicamente, como vendedores ambulantes y en la clase. Carraher, Carraher y Schliemann (1985) han demostrado que al calcular cuánto se les debía por un número de caramelos los niños brasileños exhibían una gran destreza, eran rápidos y precisos, para ello utilizaban una variedad de estrategias informales inventadas. Pero, cuando más tarde en el colegio se les presentaban enunciados verbales de problemas de aritmética formales e isomórficos, cometían un mayor número de errores. Estos resultados indican la necesidad de integrar los procesos de aprendizaje en situaciones más reales.

Este punto de vista también está apoyado por un importante número de investigaciones etnográficas realizadas recientemente sobre las actividades cognitivas y los procesos de aprendizaje fuera del colegio (ver por ejemplo, Rogoff y Lave, 1984). Esto ha llevado a la identificación de un número de diferencias interesantes y relevantes entre el aprendizaje dentro y fuera del colegio que Resnick (1987) ha resumido de la siguiente forma:

- 1) La forma dominante de aprendizaje en el colegio es de carácter individual. Por el contrario, fuera del colegio se realizan un mayor número de actividades en grupo.
- 2) En el colegio prevalecen actividades de «pensamiento puro» sin el uso de herramientas. En contraste, el uso de objetos que sirvan de ayuda y de herramientas como libros, calculadoras, etc., es común en las actividades cognitivas que tienen lugar fuera del colegio.
- 3) El colegio acentúa el aprendizaje basado en los símbolos y el pensamiento independiente de objetos y sucesos concretos, mientras que las actividades que se realizan fuera del colegio están íntimamente ligadas a objetos y sucesos.
- 4) El colegio se centra en la enseñanza de conocimientos y habilidades generales que tienen una aplicación amplia. Pero fuera del colegio se subrayan las habilidades específicas de una situación.

En resumen, se puede decir que la enseñanza escolar típica, con frecuencia está descontextualizada, mientras que las actividades cognitivas reales y el aprendizaje se dan dentro de un contexto.

Collins, Brown y Newman (en prensa), influenciados por estos estudios antropológicos pero también por la teoría de Vygotski, han lanzado recientemente, en el terreno de la enseñanza-aprendizaje el llamado modelo del «aprendiz cognitivo», un enfoque que contempla las características básicas de la adquisición contextual de conocimiento y habilidades. Brown, Collins y Duguid (1989) definen este enfoque de la siguiente forma:

«Los métodos de aprendizaje cognitivos intentan educar a los estudiantes por medio de prácticas auténticas a través de la actividad e interacción social, de una forma similar a aquélla que se pone en evidencia —y que evidentemente tiene éxito— en el aprendizaje de un oficio.» (pág. 37).

En otras palabras, los procesos constructivos de aprendizaje deberían estar integrados en contextos ricos en recursos y materiales de aprendizaje que ofrecen oportunidades de interacción social y que son representativos del tipo de tareas y problemas en las que los estudiantes tendrán que aplicar su conocimiento y habilidades en el futuro. Se espera que la puesta en práctica en los colegios de este enfoque de aprendizaje producirá mejores resultados.

Es evidente que la aplicación del ordenador puede contribuir de forma significativa en el diseño de entornos de aprendizaje de este tipo. Por ejemplo, simulaciones, bases de datos, hojas de cálculo, procesadores de texto, gráficos y micro-mundos, son herramientas cognitivas que pueden resultar sumamente enriquecedoras en la situación de aprendizaje, y que proporcionan oportunidades para que se dé el llamado «emparejamiento intelectual» entre un estudiante humano y una herramienta inteligente de ordenador (Salomon et al., en prensa).

Transferencias de las habilidades cognitivas

Una de las principales cuestiones en las investigaciones sobre el aprendizaje y la enseñanza ha sido, y continúa siendo, si las habilidades cognitivas adquiridas en un área se transfieren a otras áreas de contenido (ver por ejemplo, Cormier y Hagman, 1987; De Corte, 1987; Mayer, 1988; Perkins y Salomon, 1989). Evidentemente, esta cuestión no solamente tiene un significado teórico, sino que tiene suma importancia práctica. McKeachie (1987) ha expresado muy acertadamente el problema:

«De todas formas, muchos investigadores y educadores, junto con una enorme cantidad de hombres de negocios, personal gubernamental y otros, esperan encontrar formas de enseñar y aprender habilidades generales de resolución de problemas. Si aceptamos que el conocimiento previo es necesario para que la resolución de problemas en la mayoría de las áreas sea efectiva, la pregunta entonces es *si las habilidades de resolución de problemas desarrolladas en un área se pueden desarrollar de manera que las habilidades se transfieran a otras áreas en que el individuo posee conocimiento previo.*» (pág. 445).

El tema de la transferencia se ha planteado recientemente referido a la adquisición de conocimientos y habilidades necesarias para la programa-

ción (Mayer, 1988). Uno de los principales argumentos que se han utilizado para justificar la enseñanza de programación de ordenador en la educación general es que la experiencia que se obtiene al programar puede mejorar sustancialmente las habilidades de pensamiento y de resolución de problemas de los estudiantes y que, además, se pueden transferir a otras áreas de contenido. Pero este argumento se basa en gran parte en un análisis racional de la programación, en el que se asume que esta compleja actividad requiere un número de actividades que se consideran de importancia para el aprendizaje, el pensamiento y la resolución de problemas en general. ¿Pero, hay también evidencia científica que apoye la hipótesis que una destreza aprendida en un área, por ejemplo, en programación, realmente se transfiera a otras áreas?

Hasta hace poco, la literatura disponible desde luego no proporcionaba datos fuertes a favor de la hipótesis de la transferencia (para una revisión excelente consúltese Perkins y Salomon, 1989). La falta de solidez de estos resultados ha sido explicada por el resultado de otro estudio expuesto anteriormente: la adquisición de una habilidad en un área específica depende en gran parte de la disponibilidad de una base de conocimiento específica de ese área que esté bien organizada, que sea flexible y accesible. Pero, existe otra explicación que no niega la importancia del conocimiento específico en un área para el rendimiento en la tarea, sino que subraya que la falta de resultados positivos en la literatura se debe principalmente a la ausencia de las condiciones apropiadas necesarias para que se de la transferencia. Algunas de las principales condiciones para la transferencia son lo que Salomon y Perkins (1989) denominan «abstracción consciente» (*mindful abstraction*) y la necesidad de que ésta se enseñe de forma explícita (De Corte y Verschaffel, 1986). Salomon y Perkins (1989) definen la abstracción consciente como:

«la descontextualización de un principio, idea principal, estrategia o procedimiento, que es deliberada, guiada generalmente de forma metacognitiva y con esfuerzo, se convierte en un candidato a la transferencia.» (pág. 126).

La enseñanza explícita de la transferencia se puede considerar como el siguiente paso, e implica que a los alumnos se les muestre intencionalmente, pero que también descubran a través de la experiencia, que la habilidad que ha sido abstraída se puede aplicar con éxito a otras áreas de contenido además del área en la que se adquirió originalmente. Un número de estudios recientes relacionados con la programación, en los que se ha dedicado mayor atención al diseño de entornos de aprendizaje orientados hacia la transferencia, han obtenido dicho efecto a pesar de que en la mayoría de los casos sólo se alcanzó una transferencia cercana a tareas que están más o menos estrechamente relacionadas con la tarea de aprendizaje inicial (ver por ejemplo, Mayer, 1988). Pero, en el estudio mencionado anteriormente realizado por Salomon et al., (en prensa) y que no está relacionado con la programación, se observó una transferencia del programa de ordenador denominado *Compañero de Lectura* a la escritura de una redacción.

DISEÑO DE ENTORNOS DE APRENDIZAJE CON ORDENADOR MEDIANTE ESTRATEGIAS DE INTERVENCION POTENTES

Las secciones anteriores tienen implicaciones evidentes para el diseño de potentes entornos de aprendizaje en los que el NIT está integrado de forma adecuada y eficaz. Por ejemplo, Scardamalia *et al.* (1989) subrayan que los entornos de aprendizaje basados en el ordenador deben apoyar los procesos de aprendizaje activos y constructivos que se dan en el alumno y que, además, deben intentar desarrollar y acentuar las estrategias de carácter más activo en los estudiantes pasivos. Por tanto, una cuestión importante es la forma que debe adoptar este apoyo.

Animar a los estudiantes para que utilicen su potencial cognitivo

En los últimos años, con frecuencia se ha sugerido que la solución óptima al problema de cuál es el tipo de intervención más apropiada son los sistemas tutores inteligentes, capaces de realizar diagnósticos detallados del nivel de conocimiento del estudiante como punto de partida, para una posterior intervención adaptada a su nivel. Aparte del hecho de que el estado de conocimiento actual de las investigaciones en inteligencia artificial y educación no permite el diseño de sistemas de enseñanza tan sofisticados en la mayoría de las áreas de contenido, la pregunta también plantea la cuestión de si realmente esto constituye la solución mejor y más adecuada. Porque podría fácilmente conducir a un predominio de aquellos entornos de aprendizaje muy estructurados pero que no proporcionan suficientes oportunidades para la participación activa de los estudiantes. Por tanto, la idea que está ganando cada vez más terreno es que no es tan importante que los entornos de aprendizaje por ordenador proporcionen el conocimiento e inteligencia para guiar y estructurar los procesos de aprendizaje, sino que deberían crear situaciones y ofrecer herramientas que estimulen a los estudiantes a hacer el máximo uso de su propio potencial cognitivo (ver por ejemplo, Scardamalia *et al.*, 1989). A este respecto, el conocido psicólogo cognitivo americano Kintsch (1989) ha lanzado recientemente la idea de «tutores no inteligentes». Según Kintsch (1989), un sistema tutor de este tipo debería proporcionar ayuda temporal a los estudiantes, dejándoles que rindan a un nivel algo superior a su nivel actual de competencia; esta ayuda se debe retirar gradualmente, cuando ya no se considera necesaria. Es evidente que la noción de Vygotski (1978) sobre la zona de desarrollo próximo, a la que nos hemos referido más arriba, subyace a este enfoque sobre la naturaleza óptima de las intervenciones utilizadas para apoyar los procesos de adquisición activos. La literatura disponible demuestra que los entornos de ordenador ofrecen medios adecuados para el diseño de este tipo de apoyo (Collins, 1989; Scardamalia *et al.*, 1989).

Recientemente, se han desarrollado ejemplos de este enfoque entre otros por Scardamalia y sus asociados (Scardamalia y Bereiter, 1985; Scardamalia *et al.*, 1989). Como ejemplo describiré brevemente su sistema instruccional aplicado a la enseñanza de la escritura.

La facilitación de la escritura mediante procedimientos

Scardamalia y Bereiter (1985) comenzaron con un análisis comparativo de la destreza de escribir entre expertos y principiantes. Esto reveló que

los niños principiantes en la escritura utilizan la estrategia denominada «decir el conocimiento», es decir, cuando se les da el tema de la redacción empiezan a escribir el texto inmediatamente; sin embargo, los escritores expertos dedican más tiempo en revisar y planificar su texto escrito. Como consecuencia, utilizan un proceso denominado «transformación de conocimiento», que implica las estrategias de establecimiento de la meta y resolución del problema, aparte de la generación del texto como tal.

En base a un detallado análisis de las actividades cognitivas de los expertos, Scardamalia y Bereiter (1985) diseñaron un modelo de enseñanza de composición escrita denominado «*facilitación procedimental*», que consiste en un conjunto de indicios cuyo objetivo es servir de apoyo a los escritores principiantes. En este enfoque, la etapa de planificación está subdividida en cinco componentes: 1) generar una idea nueva; 2) mejorar una idea; 3) elaborar una idea; 4) identificar metas; y, 5) articular las ideas en un todo coherente. En cada componente el procedimiento contiene una serie de pistas diseñadas para ayudar a los estudiantes en la planificación del texto. Estas se presentan en el Cuadro 1.

Scardamalia y sus colaboradores ya han demostrado que la aplicación de la facilitación de procedimientos tiene un impacto favorable en la calidad de las composiciones de los niños (ver por ejemplo, Scardamalia, Bereiter y Steinbach, 1984). Salomon *et al.* (en prensa) también han utilizado un enfoque meta-cognitivo en el estudio que realizaron con éxito sobre el *Compañero de Lectura* mencionado anteriormente. En dicho estudio, la ayuda consistía principalmente en presentar, durante la lectura de textos, preguntas de tipo meta-cognitivo que aparecían en la parte inferior de la pantalla.

Un modelo para el diseño de entornos potentes de aprendizaje

Como hemos mencionado anteriormente, Collins *et al.* (en prensa) han introducido recientemente el denominado modelo de «aprendiz cognitivo» muy prometedor para abordar la intervención educativa. Las ideas básicas que subyacen en este modelo son que el aprendizaje es un proceso constructivo, y que la adquisición de conocimientos y habilidades debería estar integrada en el contexto social y funcional en que se utilizan. En base a un análisis exhaustivo de diversos ejemplos positivos de aprendizaje cognitivo, incluyendo el trabajo realizado por Scardamalia y sus colaboradores, Collins *et al.* (en prensa) han desarrollado un modelo para el diseño de entornos de aprendizaje ideales que comprende cuatro dimensiones: contenido, método de enseñanza, secuencia de las tareas de aprendizaje y contenido social del aprendizaje. Este modelo comprende la mayoría de las características de los procesos de adquisición descritos en secciones anteriores y ofrece un marco teórico apropiado para el desarrollo de entornos potentes de aprendizaje y, según Collins (1989), las nuevas tecnologías de la información nos permiten diseñar entornos de aprendizaje que en el pasado o bien no eran posibles o no eran rentables. Por tanto, a continuación revisaré brevemente el modelo.

Con respecto al *contenido*, un entorno ideal de aprendizaje se debería centrar en la adquisición de todas las categorías de conocimiento que los expertos dominan y utilizan. Más específicamente, en las cuatro categorías

CUADRO I

Pistas para planificar la Facilitación Procedimental de Scardamalia y Bereiter (1985)

1. Generar una idea nueva

Una idea mucho mejor es...
 Un aspecto importante que no he considerado todavía es...
 Un argumento mejor sería...
 Un aspecto diferente sería...
 Una forma totalmente nueva de considerar este tema es...
 Nadie habrá pensado en...

2. Mejorar una idea

No he expresado claramente lo que acabo de poner, así que...
 Podría exponer mi argumento principal de forma más clara...
 Una crítica que debería tratar en mi trabajo es...
 Realmente creo que esto no es necesario porque...
 Me estoy saliendo del tema, así que...
 Esto no es muy convincente porque...
 Pero muchos lectores no estarán de acuerdo en que...
 Para alegrar esto un poco, voy a...

3. Elaborar una idea

Un ejemplo de esto...
 Esto es verdad pero no es suficiente, por tanto...
 Mis propios sentimientos sobre esto son...
 Cambiaré esto un poco...
 La razón por la que pienso así...
 Otro argumento que es bueno...
 Podría desarrollar esta idea añadiendo...
 Otra forma de ponerlo sería...
 Un buen punto a favor de la otra cara del argumento es...

4. Identificar metas

Una meta sobre la que creo que podría escribir...
 Mi objetivo...

5. Poner las ideas en un todo coherente

Si quiero comenzar con la idea más clara...
 Puedo unir esto con...
 Mi argumento principal es...

mencionadas sobre la conducta experta, es decir, el conocimiento específico de un área, métodos heurísticos, estrategias metacognitivas y estrategias de aprendizaje.

Con el fin de ayudar a los estudiantes a adquirir e integrar esas diferentes categorías de conocimiento y habilidad, el profesor puede utilizar seis *métodos* diferentes que se pueden dividir en tres categorías:

1. Tres técnicas que constituyen la esencia del «aprendiz cognitivo» y están basadas en la observación, la práctica guiada proporcionando ayuda al estudiante, y la retroalimentación. Estas técnicas, que se detallan a continuación, tienen como objetivo la adquisición de un conjunto integrado de habilidades cognitivas y metacognitivas, son las siguientes:
 - El modelado, implica que el estudiante observe a un experto que está ejecutando una tarea específica; esto permite al estudiante construir un modelo mental adecuado de las actividades necesarias para ejecutar dicha tarea.
 - La atención individual, se refiere a que el profesor observe al estudiante durante la ejecución de la tarea para que el profesor proporcione pistas y retroalimentación con vistas a mejorar el rendimiento.
 - El andamiaje, consiste en proporcionar apoyo directo al estudiante mientras está ejecutando la tarea; este método se basa en el concepto vygotskiano de zona de desarrollo próximo (Vygotski, 1978).
2. Hay otros dos métodos que tienen como objetivo hacer que los estudiantes sean conscientes de sus propias actividades cognitivas y metacognitivas:
 - La articulación: se refiere a cualquier técnica que ayude al estudiante a representar y expresar de forma explícita su conocimiento y procedimientos de resolución de problemas.
 - La reflexión: lleva al estudiante a comparar sus propias estrategias cognitivas y procesos de resolución con aquéllos utilizados por los expertos, por otros estudiantes, y, en último lugar, con un modelo mental de la ejecución experta.
3. Finalmente, la exploración tiene como objetivo aumentar la autonomía del estudiante en la destreza de resolución de problemas, y en el descubrimiento, identificación y definición de problemas nuevos.

A esta serie de estrategias de enseñanza se puede añadir un séptimo método: la generalización; que consiste en mostrar a los estudiantes de forma explícita cómo ciertas estrategias cognitivas, adquiridas en un área, se pueden utilizar para resolver problemas en otro área. Es evidente que el objetivo de este método es facilitar la transferencia de las habilidades cognitivas.

Como ha demostrado Collins (1989), las NTI brindan la posibilidad de optimizar la puesta en marcha y la aplicación de la mayoría de los métodos de enseñanza que se han expuesto en la sección anterior. El ordenador, como una herramienta multimedia que puede hacer uso de la imagen animada, el habla, los textos y gráficos, nos ayuda no sólo a modelar la conducta experta sino también los procesos físicos de una manera que hasta ahora era imposible; una vez que estos modelos de la ejecución experta estén integrados en la tecnología se puede volver a ellos una y otra vez tantas veces como sea necesario. El ordenador también se puede utilizar como un excelente entrenador, dando pistas y consejos a los estudiantes en base a la

amplitud de registros y análisis que permite esta forma de enfrentarse a la tarea de aprendizaje y de ejecución. Un buen ejemplo de este uso del ordenador es el que diseñó Burton y Brown (1982) para el juego «Cómo se conquistó el Oeste», que tiene como objetivo enseñar las operaciones básicas de la aritmética. La configuración del ordenador puede estimular la reflexión del estudiante a través de comparaciones de su actuación con la del experto, volviendo a visualizar una secuencia y concretando cuáles son los pasos más importantes en el proceso de resolución o de la propia actividad. De acuerdo con Collins (1989), la tecnología puede fomentar la articulación de dos maneras: primero, el ordenador hace que los estudiantes puedan construir sus propias ideas hasta que éstas se puedan probar, y segundo, la máquina proporciona herramientas y situaciones que permiten a los estudiantes articular sus ideas al profesor o a sus compañeros. Además, los micro-mundos y las simulaciones ofrecen suficientes posibilidades para explorar problemas nuevos, hipótesis, métodos y estrategias, en medios que simulan entornos y tareas de la vida real. Esto ya ha sido ilustrado en diferentes áreas. Por ejemplo, en termodinámica, Linn y sus colaboradores (ver Linn, 1988) han desarrollado un currículum, para llevar a cabo en la etapa intermedia de la educación escolar, sobre la recogida de datos en tiempo real que permite que los estudiantes exploren los conceptos de energía de calor y temperatura; un segundo ejemplo es la simulación en el área de económicas realizada por Smithtown (Shute, Glaser y Raghavan, 1989) en donde los estudiantes pueden manipular variables como, por ejemplo, oferta y demanda con vistas a descubrir los principios básicos de economía. Finalmente, el ordenador puede contribuir a que se dé la generalización, mostrando cómo se pueden aplicar ciertos conceptos, principios y métodos para aclarar y resolver problemas en áreas diferentes a las que inicialmente se adquirieron.

Collins *et al.* (en prensa) presentan dos principios relacionados con la secuenciación de las tareas de aprendizaje:

1. Complejidad progresiva y diversidad, de tal forma que para mantener un nivel de ejecución competente sea necesario poseer cada vez mayor cantidad de conocimientos específicos en ese área y una mayor variedad de habilidades cognitivas y metacognitivas.
2. El empleo de habilidades globales antes que específicas, requiere que la orientación hacia la tarea compleja como un todo sea anterior a la práctica de habilidades parciales, de nivel inferior.

Finalmente, los autores dan unas directrices importantes para promover un *contexto social* favorable para el aprendizaje:

1. Aprendizaje en situación, que supone proporcionar a los estudiantes tareas y problemas representativos de la diversidad de situaciones a las que más tarde tendrán que aplicar su conocimiento y habilidades.
2. Organizar ocasiones de establecer contacto con expertos y poder observarlos.
3. Aumentar la motivación intrínseca para el aprendizaje.
4. Promover el aprendizaje de cooperación a través de la resolución de problemas en grupos pequeños.

5. Promover diálogos en el aula dirigidos a la identificación, el análisis y la discusión de las estrategias y procesos de resolución de problemas de los estudiantes.

Durante los tres últimos años y en el marco del proyecto «Ordenador y Pensamiento», hemos estado trabajando sobre el desarrollo, implementación y evaluación de un entorno potente de aprendizaje LOGO, en el que están recogidos muchos de los aspectos del modelo «aprendiz» (para un informe detallado, ver De Corte, Verschaffel, Schrooten, Indemans y Hoedemaekers, 1989). Un importante componente de este entorno —que busca la adquisición y transferencia de destrezas cognitivas— consiste en el entrenamiento sistemático de una estrategia de programación LOGO. En concreto, a los doce niños que participaban en el curso de gráficos de tortura LOGO se les enseñaron dos destrezas heurísticas: descomposición y construcción de la representación de un problema externo, dentro del marco de una estrategia metacognitiva para escribir programas LOGO basada en la planificación y en la búsqueda de errores. Los resultados confirman la eficacia del enfoque «aprendiz», puesto que al final del curso (60 horas), los niños no solamente dominaban las destrezas cognitivas en el entorno LOGO, sino que mostraron significativos progresos en pruebas de transferencia para tres de las cuatro destrezas: descomposición del problema, representación externa y búsqueda de errores de programación.

Referencias

- ACKERMAN, P. L.; STERNBERG, R. J. y GLASER, R. (Eds.) (1989). *Learning and individual differences: Advances in theory and research*. Nueva York: Freeman.
- ALEXANDER, P. A. y JUDY, J. E. (1988). The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance. *Review of Educational Research*, 58, 375-404.
- BROWN, A. L.; BRANSFORD, J. D.; FERRARA, R. A. y CAMPIONE, J. C. (1983). Learning, remembering, and understanding. En P. H. Mussen, S. H. Flavell y E. M. Markman (Eds.), *Child psychology. Volume 3: Cognitive development*, 77-166. Nueva York: John Wiley.
- BROWN, J. S.; COLLINS, A. y DUGUID, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-42.
- BURTON, R. R. y BROWN, J. S. (1982). An investigation of computer coaching for informal learning activities. En D. Sleeman y J. S. Brown (Eds.), *Intelligent tutoring systems*, 79-98. Nueva York: Academic Press.
- CARRAHER, T. N.; CARRAHER, D. W. y SCHLIEMANN, A. D. (1985). Mathematics in the streets and in schools. *British Journal of Developmental Psychology*, 3, 21-29.
- CHI, M. T.; FELTOVICH, H. y GLASER, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- CHI, M. T.; GLASER, R. y FARR, M. J. (Eds.) (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- COLLINS, A. (1989). *Cognitive apprenticeship and instructional technology* (Technical Report, n.º 474). Champaign, IL: Center for the Study of Reading.
- COLLINS, A.; BROWN, J. S. y NEWMAN, S. E. (en prensa). Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing and mathematics. En L. B. Resnick (Ed.), *Cognition and instruction: Issues and agendas*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- CORMIER, S. M. y HAGMAN, J. D. (Eds.) (1987). *Transfer of learning. Contemporary research and applications*. San Diego, CA: Academic Press.
- CORNO, L. y SNOW, R. E. (1986). Adapting teaching to individual differences among learners. En M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching. Third edition*, 605-629. Nueva York: Macmillan.
- DE CORTE, E. (Ed.) (1987). Acquisition and transfer of knowledge and cognitive skills. *International Journal of Educational Research*, 11, 601-712.
- (1989, mayo). *Ontwerpen van krachtige onderwijsleeromgevingen. (Designing powerful teaching-learning environments)*. Conferencia presentada en el «Onderwijsresearchdagen 1989», Leiden, The Netherlands.

- (En prensa a). Toward powerful learning environments for the acquisition of problem-solving skills. *European Journal of Psychology of Education*.
- (En prensa b). Toward a theory of learning from instruction: The case of cognitive skills. *International Journal of Applied Psychology*.
- DE CORTE, E. y VERSCHAFFEL, L. (1986). Effects of computer experience on children's thinking skills. *Journal of Structural Learning*, 9, 161-174.
- (1989). Teaching word problems in the primary schools: What research has to say to the teacher. En B. Greer y G. Mulhern (Eds), *New directions in mathematics education*, 85-106. Londres: Routledge.
- DE CORTE, E.; VERSCHAFFEL, L.; SCHROOTEN, H.; INDEMAN, R. y HOEDEMAEKERS, E. (1989, julio). *Logo as a vehicle for developing thinking skills in sixth graders*. Comunicación presentada en el Tenth Biennial Meetings of the International Society for the Study of Behavioural Development, Jyväskylä, Finland.
- DOCHY, F. J. R. C. (1988). *The «prior knowledge state» of students and its facilitating effects on learning: theories and research*. (OTIC Research Report 1.2) Heerlen, The Netherlands: Open University.
- DWECK, C. S. y ELLIOT, E. S. (1983). Achievement motivation. En P. H. Mussen (Ed.), *Handbook of child psychology. Volume 4*, 643-692. Nueva York: Wiley.
- ELSHOUT, J. (1987). Problem solving and education. En E. De Corte, H. Lodewijks, R. Parmentier y R. Span (Eds.), *Learning and instruction. European research in an international context. Volume 1*, 259-273. Oxford/Leuven: Pergamon Press/Leuven University Press.
- EYLON, B. y LINN, M. C. (1988). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58, 251-301.
- GARNER, R. y ALEXANDER, P. A. (en prensa). Metacognition: answered and unanswered questions. *Educational Psychologist*.
- KING, A. (1989). Verbal interaction and problem-solving within computer-assisted cooperative learning groups. *Journal of Educational Computing Research*, 5, 1-15.
- KINTSCH, W. (1989, septiembre). *A theory of discourse processing: Implications for a tutor for word algebra problems*. Conferencia presentada en el Third European Conference for Research on Learning and Instruction, Madrid, España.
- LEPPER, M. R. y GURTNER, J. L. (1989). Children and computers: Approaching the twenty-first century. *American Psychologist*, 44, 170-178.
- LEVIN, R. J. y PRESSLEY, M. (Eds.) (1986). Learning strategies: Special issue. *Educational Psychologist*, 21, 1-161.
- LIDZ, C. S. (Eds.) (1988). *Dynamic assessment: foundations and fundamentals*. Nueva York: Guilford Press.
- LINN, M. C. (1988, abril). *Science education and the challenge of technology*. Comunicación presentada en el Annual Meeting of the American Educational Research Association, Nueva Orleans, LA.
- MARTON, F. y SALJÖ, R. (1984). Approaches to learning. En F. Marton, D. J. Hounsell y N. J. Entwistle (Eds.), *The experience of learning*, 36-55. Edinburgh: Scottish Academic Press.
- MAYER, R. E. (Eds.) (1988). *Teaching and learning computer programming: Multiple research perspectives*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- MCKEACHIE, W. J. (1987). The new look in instructional psychology: Teaching strategies for learning and thinking. En E. De Corte, H. Lodewijks, R. Parmentier y P. Span (Eds.), *Learning and instruction. European research in an international context. Volume 1*, 443-456. Oxford/Leuven: Pergamon Press/Leuven University Press.
- NEWELL, A. y SIMON, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- PERKINS, D. N. y SALOMON, G. (1989). Are cognitive skills context-bound? *Educational Researcher*, 18 (1), 16-25.
- PERRET-CLERMONT, A. N. y SCHUBAUER-LEONI, M. L. (en prensa). Social factors in learning and teaching: Towards an integrative perspective. *International Journal of Educational Research*.
- PIAGET, J. (1971). Development and learning. En E. Ripple (Ed.), *Readings in learning and human abilities*, 184-195. Nueva York: Harper y Row.
- RESNICK, L. B. (1983). Toward a cognitive theory of instruction. En S. G. París, G. M. Olson y H. W. Stevenson (Eds.), *Learning and motivation in the classroom*, 5-38. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- (1987). Learning in school and out. *Educational Researcher*, 16 (9), 13-20.
- (1989). Developing mathematical knowledge. *American Psychologist*, 44, 162-169.
- ROGOFF, B. y LAVE, J. (Eds.) (1984). *Everyday cognition: Its development in social context*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- SALOMON, G. y GARDNER, H. (1986). The computer as educator: Lessons from television research. *Educational Researcher*, 15 (1), 13-19.
- SALOMON, G.; GLOBERSON, T. y GUTERMAN, E. (en prensa). The computer as a zone of proximal development: Internalizing reading-related metacognitions from a Reading Partner. *Journal of Educational Psychology*.

- SALOMON, G. y PERKINS, D. N. (1989). Rocky roads to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24, 113-142.
- SCARDAMALIA, M. y BEREITER, C. (1985). Fostering the development of self-regulation in children's knowledge processing. En S. F. Chipman, J. W. Segal y R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills. Volume 2. Research and open question*, 563-577. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- SCARDAMALIA, M.; BEREITER, C.; MCLEAN, R. S.; SWALLOW, J. y WOODRUFF, E. (1989). Computer-supported intentional learning environments. *Journal of Educational Computing Research*, 5, 51-68.
- SCARDAMALIA, M.; BEREITER, C. y STEINBACH, R. (1984). Teachability of reflective processes in written composition. *Cognitive Science*, 8, 173-190.
- SCHOENFELD, A. H. (1988). When good teaching leads to bad results: the disasters of «well-taught» mathematics courses. *Educational Psychologist*, 23, 145-166.
- SHUTE, V. J.; GLASER, R. y RAGHAVAN, K. (1989). Inference and discovery in an exploratory laboratory. En P. L. Ackerman, R. J. Sternberg y R. Glaser (Eds.), *Learning and individual differences: Advances in theory and research*, 279-326. Nueva York: Freeman.
- SIMONS, P. R. J. y BEUKHOF, G. (Eds.) (1987). *Regulation of learning*. (Selecta): Den Haag: Instituut voor Onderzoek van het Onderwijs.
- SPADA, H.; OPWIS, K.; DONNEN, J.; SCHWIERSCH, M. y ERNST, A. (1987). Ecological knowledge: acquisition and use in problem solving and in decision making. *International Journal of Educational Research*, 11, 665-685.
- VOSNIADOU, S. (1988). The reorganization of knowledge with the acquisition of expertise: implications for instruction. *EARLY News*, n.º 7, 2-5.
- VOSNIADOU, S. y BREWER, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67.
- YGOTSKY, L. S. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- WEBB, N. M. y LEWIS, S. (1988). The social context of learning computer programming. En R. E. Mayer (Ed.), *Teaching and learning computer programming: Multiple research perspectives*, 179-206. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- WEINERT, F. (1989). The impact of schooling on cognitive development: one hypothetical assumption, some empirical results, and many theoretical implications. *EARLY News*, n.º 8, 3-7.
- WENGER, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems. Computacional and cognitive approaches to the communication of knowledge*. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- ZELMAN, S. (1985, marzo). *Individual differences and the computer learning environment: Motivational constraints to LOGO*. Comunicación presentada en el Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.

Aprender en la escuela con las nuevas tecnologías de la información. E. De Corte. CL&E, 1990, 6, pp. 93-112

Datos del autor: Erik de Corte trabaja en psicología de la instrucción e investiga sobre la aplicación de los ordenadores y el diseño de programas en educación.

Dirección: Center for Instructional Psychology. Universidad de Leuven, Vesaliusstraat 2, B-3000 Leuven. Bélgica.

Artículo original: «Learning with new information technologies in schools: perspectives from the psychology of learning and instruction». Este artículo es una versión abreviada de una conferencia en el «European Seminar on New Information Technologies in School Learning», Rottenburg, Alemania Federal, 19-22 noviembre 1989. La versión inglesa de este artículo aparecerá en *The Journal of Computer Assisted Learning*. Traducción de Paloma Linares.

© De todos los artículos. Deberá solicitarse por escrito autorización de CL&E y de los autores para el uso en forma de facsímil, fotocopia o cualquier otro medio de reproducción impresa. CL&E se reserva el derecho de interponer las acciones legales necesarias en aquellos casos en que se contravenga la ley de derechos de autor.