

# Las nuevas tecnologías de la información y la educación científica temprana. Una revisión

Óscar Ordóñez Morales  
Universidad del Valle (Colombia)

Recibido: 30/08/05      Aceptado: 03/10/05

## Resumen

Este artículo presenta una síntesis de la literatura reciente que relaciona la comprensión científica del (la) niño (a) con el uso de nuevas tecnologías de la información. Se argumenta que tanto la educación científica como el desarrollo de la racionalidad científica temprana se benefician ampliamente de los ambientes de aprendizaje, basados en tecnologías informáticas y en redes virtuales de aprendizaje. La revisión de la literatura incluye estudios publicados que relacionan el desarrollo cognitivo y la educación científica; investigaciones que demuestran la incidencia que tienen las tecnologías de la información en la comprensión científica temprana; e investigaciones empíricas sobre el papel de las tecnologías virtuales en la descripción de los procesos cognitivos involucrados en el pensamiento científico. A lo largo de la revisión se realiza un balance que enfatiza en las tendencias y desarrollos futuros en el área. A manera de conclusión, se propone que la implementación de redes de aprendizaje contribuye al logro de una educación científica exitosa en los primeros años escolares.

**Palabras clave:** educación científica, comprensión, redes de aprendizaje, tecnologías de la información, desarrollo cognitivo.

## Abstract

This article shows an overview of recent psychological literature about relation between children's scientific understanding and new technologies of information used in educational contexts. The aim is to argue that both, scientific education and early children's scientific rationality may be support by environmental learning based on information

technologies and learning networks. The literature review includes studies that link cognitive development with scientific education; studies that demonstrates how technologies of information affect to early scientific understanding; and studies about the role played by virtual technologies in descriptive research about the cognitive processes involved in scientific thinking. Along the review, an assessment is made focused on some future trends in the area. We conclude that to implement learning networks in educational contexts improves better achievements in early scientific education.

**Key words:** scientific education, comprehension, learning networks, new information technologies, cognitive development.

La educación científica tiene en el desarrollo del pensamiento científico uno de sus objetivos principales. Los psicólogos cognitivos sostienen, incluso, que la comprensión de ese desarrollo puede decir mucho acerca de las formas apropiadas de intervención educativa, y desde hace algún tiempo insisten en el valor instrumental que tienen las nuevas tecnologías de la información en la promoción del pensamiento y la comprensión.

No hay un consenso similar respecto del momento apropiado para iniciar la educación científica. Muy a menudo, el potencial de las nuevas tecnologías contrasta con el poco impacto de los resultados de investigación obtenidos en ese campo, a pesar de que el uso de recursos informáticos en la educación se ve como una solución definitiva a algunos problemas de la formación científica actual. Por lo anterior, muchos críticos han llegado a sostener que las nuevas tecnologías son aún una especie de «revolución pendiente», pues el alcance limitado que han tenido en la educación científica en particular, debería dejar en suspenso la respuesta a la pregunta de si ellas significan el punto de partida de renovaciones radicales.

En este artículo se defiende una posición menos escéptica del impacto de la tecnología en la educación. Más allá de los cuestionamientos a las visiones simplistas existentes, se sostiene que el desarrollo de la racionalidad científica temprana se puede beneficiar ampliamente de los ambientes de aprendizaje que surgen de la relación entre educación científica y el uso de nuevas tecnologías. Desde esta perspectiva, las

redes de aprendizaje y los entornos virtuales se conciben como herramientas conceptuales y metodológicas en las prácticas pedagógicas, y por lo tanto constituyen un espacio propicio para la generación y uso de las competencias cognitivas básicas del pensamiento científico.

### Conocimiento científico, instrucción y aprendizaje de la ciencia

Existen varias tradiciones que difieren en cuanto aquello que debe enfatizar la instrucción: los contenidos o las destrezas del pensamiento científico; y en cuanto a cómo hacerlo y sobre qué apoyarse: instrucción tradicional o instrucción con nuevas tecnologías.

### Contenidos versus destrezas de pensamiento científico

Por años, esta polaridad ha definido muchos de los debates en el marco de la enseñanza de la ciencia. ¿Se trata sólo de transmitir nociones y conocimientos como en la enseñanza convencional de la ciencia o de enseñar destrezas de pensamiento? Frente a una enseñanza que enfatizaba en los contenidos y que se basaba en el aprendizaje memorístico y mecánico de conceptos, fórmulas, enunciados o técnicas transmitidas magistralmente, algunas tendencias surgieron como alternativa en los años setenta y propusieron una enseñanza basada en el descubrimiento (para una revisión crítica ver Gil, 2001). Sin embargo, esta alternativa, que resultó ser pro-

metedora en un inicio, no alcanzó a tener un impacto positivo y finalmente fracasó en sus propósitos, al centrarse exclusivamente en la implementación de experimentos demostrativos como matriz en la enseñanza de las ciencias y al imponer un criterio metodologista y antiteórico para la comprensión. Aunque aún predomina en muchas propuestas de instrucción en ciencias, se trata de un enfoque agotado en lo fundamental.

En el panorama actual, el debate no se plantea en términos de contenidos versus destrezas, sino en términos de destrezas de bajo y alto orden (Resnick, 1999; Siegler, 2001; Sigel, 1997) o de enseñanza por «camino bajo» versus por «camino alto» (Perkins y Salomon, 1988, 1989). Aunque la discusión actual sobre especificidad de dominio y generalidad, parece resolver la cuestión en el sentido que no se trata de pensar en el vacío de contenidos ni de aprender contenidos sin pensar, los resultados de la investigación apuntan a señalar que se trata de dos aspectos inseparables, sobre los cuales hay que investigar más (Klahr, 2000; véase también Níaz, 1995).

Los educadores y otros profesionales que trabajan en el área de la educación científica coinciden en señalar que es posible enseñar a pensar de manera explícita a través de actividades y ejercicios destinados a mejorar la capacidad básica de pensar. Se ha avanzado en ese propósito mediante el diseño de estrategias dirigidas a transformar la enseñanza de las disciplinas escolares habituales, a fin de que los alumnos se centren en el pensamiento y el fortalecimiento de sus capacidades intelectuales. En este sentido, se concibe una instrucción basada en contextos de resolución de problemas y se abordan los procesos de enseñanza y aprendizaje en términos de sus especificidades y características particulares. Se trata de un enfoque que sostiene que antes que «enseñar» técnicas de pensamiento o proponer entornos de solución de problemas, sin un soporte conceptual suficiente, hay que propiciar la adquisición espontánea de formas de pensamiento de alto nivel en diferentes momentos del desarrollo del sujeto. Esta

tercera vía tiene su origen en la Psicología Cognitiva y del Desarrollo, y está enfocada en la comprensión más que en el aprendizaje (ver Maclure y Davies, 1994, para una revisión detallada de esta perspectiva).

Asimismo, el debate parece inclinarse cada vez más hacia una instrucción centrada en la enseñanza de destrezas de pensamiento de alto orden. De modo particular, se ha adoptado la denominación genérica *enseñanza para la comprensión*, como marco conceptual de la propuesta (Gardner, 1993; Perkins, 1999; Stone, 1999), aunque también se expresa en otros términos incorporados con cierto éxito a la intervención educativa, como por ejemplo el aprendizaje significativo (Novack y Gowin, 1986) o el pensamiento generativo (Resnick y Klopfer, 1997).

Desde esta perspectiva, la comprensión se define a partir de unas características comunes: utilización creativa y competente de los conocimientos (Unger y Wilson, 1997), transferencia fluida entre representaciones alternativas y habilidad para integrar hechos, conceptos y procedimientos (Siegler, 2001), actuación experta (Perkins, 1999), retroalimentación y ciclos recursivos del pensamiento (Schank y Birnbaum, 1995) o espacio psíquico generativo del razonamiento (Perkins y Salomon, 1988). En general, esta perspectiva considera que el verdadero significado del currículo para desarrollar el pensamiento es aquél en el que los conceptos operan continuamente en contextos de comprensión, razonamiento y resolución de problemas. No se trata de un conocimiento logrado en virtud de acumulaciones cotidianas de datos pobremente interrelacionados, sino de actuaciones concretas y contextualizadas de los estudiantes.

La investigación desde esta perspectiva ha demostrado que no sólo se trata de comprender nociones, sino que en el aprendizaje de la ciencia y en las tareas los alumnos desarrollan destrezas de discurso científico (Minstrell, 2001), evalúan críticamente textos de ciencias y comprenden los procesos de pensamiento que usan los científicos para adquirir conocimiento tales como la observación y la experimentación (Cortés y Níaz, 1999; Klahr, Chen y Toth, 2001;

Masnick y Klahr, 2003); la argumentación y los fundamentos epistemológicos de la ciencia (Lehrer, Schauble, Strom y Pligge, 2001); el razonamiento estadístico (Lovett, 2001); el pensamiento hipotético-deductivo (Carretero, 1979, 1996); el modelamiento (Lehrer y Schauble, 2000); así como también otras destrezas ligadas a la adquisición de conocimiento científico en distintos dominios (Gabel, 1994).

### Instrucción tradicional versus instrucción con nuevas tecnologías

Gracias a la investigación con énfasis en las destrezas de alto orden, hoy sabemos más sobre cómo se comprende y cómo se aprende (Bransford, Brown y Cooking, 1999), pero aún falta más investigación sobre cómo enseñar y favorecer el desarrollo y la utilización de las competencias de los alumnos.

Hoy existe un interés particular por las nuevas tecnologías y su papel en el desarrollo de mejores entornos de aprendizaje e instrucción. ¿Se puede lograr efectivamente que los estudiantes mejoren su comprensión de la ciencia y de los problemas característicos de las disciplinas científicas?, ¿puede la educación –la educación científica en particular– ser transformada por la presencia de computadores de manera que los niños aprendan mucho más, más temprano y fácilmente, y ante todo, que aprendan con compromiso y placer, lo que sólo algunos privilegiados sienten ahora por el aprendizaje escolar? (diSsesa, 2001). ¿Qué dice la investigación al respecto?

Papert (1993) sostiene que existe una relación natural entre los niños, los computadores y el aprendizaje. De acuerdo con él, los computadores favorecen una articulación entre comprensión y aprendizaje que la escuela no necesariamente promueve, pues el uso de la tecnología en la construcción de ambientes de aprendizaje supone intervenir bajo la premisa de que los niños son pensadores activos y dotados de un conjunto de procesos aptos para funcionar ante un amplio número de tareas, sin subordinarse rígidamente a materiales y herramientas.

Según Papert, los niños podrían encontrar por sí mismos el conocimiento o información específica que necesitan, y la educación a través de medios más informales podría ser un soporte psicológico, material e intelectual más apropiado para apoyar esos esfuerzos (Papert, 1993, p. 139). Y es que esta dinámica se hace evidente cuando los niños o adolescentes se enganchan a situaciones de solución de problemas como las que usó el mismo Papert cuando estudió la actividad mental involucrada en la construcción con Lego, o en una actividad de programación con el lenguaje Logo, o cualquiera de las actividades con entornos de simulación o *microworlds*, que los psicólogos cognitivos utilizan para explorar los procesos de pensamiento científico (Klahr, 2000; Klahr y Dunbar, 1988; Klahr y Simon, 1999; Schauble, 1990, 1996).

En esa misma dirección, diSsesa (2001) considera que la introducción de los computadores (con todo lo que ellos implican) y las nuevas tecnologías en la enseñanza pueden ser la base de una nueva alfabetización y una puerta hacia grandes logros en la educación científica, pero también hacia un desarrollo mayor del conocimiento científico, como lo ha señalado otro autor (Thagard, 2001).

En el logro de esos objetivos, algunos investigadores enfatizan en la metacognición como un componente que la enseñanza debe considerar, pues gracias a ésta se puede incrementar el impacto de muchos programas que usan nuevas tecnologías para introducir a los estudiantes en los métodos de investigación y otras herramientas de trabajo (Bransford et al. 1999; Palincsar y Brown, 1984; Pressley y McCormick, 1995). El papel de la metacognición en el aprendizaje ha sido demostrado en el contexto de un programa de «herramientas pensadoras», que deja a los estudiantes correr simulaciones de experimentos de Física (White, 1989; White y Frederickson, 1994). También se ha adicionado un componente metacognitivo a un programa de computador, diseñado para ayudar a los estudiantes de la preparatoria a aprender Biología, o usar video para modelar procedimientos de aprendizaje metacognitivos, y también ha sido mostrado para ayudar

a los aprendices a analizar y reflexionar sobre modelos (Bielaczyc, Pirolli y Brown, 1995).

Todas esas estrategias comprometen a los aprendices, como participantes activos, en su aprendizaje centrando su atención en elementos críticos, fomentando la abstracción de temas, procedimientos o principios comunes, y permitiendo evaluar su propio progreso hacia la comprensión. El punto es que las nuevas tecnologías, en las instituciones escolares, hacen posible a los alumnos usar herramientas más parecidas a las usadas por los profesionales en los lugares de trabajo.

La conceptualización del papel que tienen las nuevas tecnologías en el ámbito de la enseñanza, muestra que ellas tienen características que resultan altamente consistentes con algunos de los principios que sostienen hoy en día las teorías sobre cómo se aprende y cómo se enseña. En un balance sobre el futuro de la investigación en el área, Ginsburg y Golbeck (2004) resaltan el papel que desarrollan las auténticas experiencias de aprendizaje, por lo que se hace necesario ir a la búsqueda de metodologías nuevas y diversas y de prácticas innovadoras.

En este sentido, el uso de la tecnología puede ayudar a crear tales ambientes y abre un panorama prometedor. En Colombia, por ejemplo, algunos proyectos (Ministerio de Educación Nacional, 2002a, 2002b, 2003) se orientan en esa dirección, aunque hasta ahora la introducción de la tecnología ha privilegiado el área de matemática y lenguaje, y fundamentalmente en el nivel secundario. Un desafío para los próximos años es introducir las nuevas tecnologías en el área de ciencias y la educación científica en niveles de preescolar y básica primaria.

### Desarrollo cognitivo e instrucción en ciencias

La relación entre la cognición y la adquisición del pensamiento científico no es insólita ni sorprendente, y por eso está presente en una buena porción de la literatura especializada sobre instrucción escolar en ciencias y sobre el impacto de las modernas ciencias cognitivas en la educa-

ción (Betchel y Graham, 1999; Bruer, 1995; Gardner, 1993; Hunt, 2001).

Hasta hoy se ha acumulado evidencia a favor de la articulación entre el currículo en ciencias y la investigación básica en cognición. Recientemente, algunos autores insisten en señalar que, así como las teorías y hallazgos de la investigación en desarrollo cognitivo pueden ayudar a guiar los esfuerzos instruccionales en ciencias, también las ideas y hallazgos de la investigación en instrucción y didáctica pueden impulsar la investigación en el desarrollo cognitivo (Bransford et al. 1999; Gelman y Brenneman, 2004; Klahr et al. 2001; Kuhn, 1997; Siegler, 2001; Zimmerman, 2000). No obstante las posibilidades de esa «interdependencia crítica», se podría concluir que sigue siendo una relación problemática y compleja.

Por ejemplo, Strauss (1998) insiste en mejorar las relaciones de colaboración de ambos frentes acortando las distancias y eliminando el recelo tradicional que las disciplinas mantienen respecto de sus objetos de estudio. Por su parte, Brown (1992) enfatiza en definir con precisión los desafíos particulares implicados en el desarrollo de intervenciones complejas en el aula. Metz (1995, 1997) considera, por su parte, que antes de llevar los resultados de la investigación del desarrollo cognitivo al aula de clases, se debe hacer una revisión crítica de los modelos que los psicólogos del desarrollo elaboran. Metz define, incluso, un marco para mostrar la complejidad de las relaciones entre investigación en desarrollo cognitivo y currículo en ciencias e insiste en que los modelos propuestos no siempre reflejan adecuadamente las características del desarrollo del niño, especialmente aquellos basados en concepciones lineales del desarrollo mental, y los que estudian el desarrollo en tareas experimentales que no involucran el componente teórico ni las hipótesis de los estudiantes.

La principal crítica de Metz (1997) a esos modelos es que enfatizan excesivamente en el déficit o la dificultad del niño de preescolar y primaria para resolver problemas y, adicionalmente, no recuperan el valor del cambio cogni-

tivo y la variabilidad, como características del desarrollo natural de los (las) niño (as). Como cabría suponer, la crítica de Metz pone de presente discusiones muy importantes respecto del diseño curricular, algunas de las cuales han aportado reflexiones interesantes sobre la educación científica temprana y el desarrollo de la racionalidad en el niño pequeño (Puche Navarro, 2000, 2003a, 2003b, 2003c). Es interesante saber que en la actualidad existen programas de enseñanza en ciencias para niños como *PrePSO*, basados en teorías de dominio específico, que recuperan las competencias de partida, el cambio cognitivo y la variabilidad (Gelman y Breneman, 2004).

Es preciso señalar también, que el campo de la investigación en desarrollo cognitivo no es homogéneo. Existen diversas vertientes con impactos potenciales diferenciados sobre el diseño curricular en ciencias. Aquí repasamos brevemente aquellas que concentran una mayor atención en la literatura especializada actual:

- El enfoque del *cambio conceptual*, que tiene un impacto significativo en el campo del aprendizaje de las ciencias, tomó fuerza en la década del ochenta al lado del enfoque de las teorías implícitas o concepciones alternativas (Ausubel, Novack y Henesian, 1978), de la teoría de los modelos mentales (Gentner y Stevens, 1983) y del conocimiento de dominio (Carey, 1985). Los desarrollos más recientes muestran una diversidad de procesos de pensamiento involucrados y un conjunto de mecanismos de cambio de importancia para la instrucción escolar (véase Chi y Roscoe, 2002; Limón y Mason, 2002; Wandersee, Mintzes y Novack, 1994, para una revisión).
- En lo que respecta al desarrollo del pensamiento científico, hay dos tradiciones complementarias, aunque no necesariamente convergentes (véase Puche Navarro y Ordóñez, 2003a, 2003b, para una revisión más amplia). La primera de ellas corresponde al abordaje de la actividad cognitiva de los niños en términos más cercanos a concep-

ciones de desarrollo y funcionamiento cognitivos, y explican la adquisición de herramientas de pensamiento y los mecanismos de cambio que lo permiten (DeLoache, Miller y Pierroutsakos, 1998; Karmiloff-Smith, 1988, 1994; Thornton, 1998).

Estas propuestas asumen todas las consecuencias de pensar qué aspectos del desarrollo pueden tener que ver con el cambio (funcionamientos, mecanismos, el papel de la representación), sin caer en unas concepciones de etapas, y a partir de explicar la transformación de la actividad mental del niño. Esta tradición supone un retorno hacia postulados pragmáticos y funcionalistas y tiende a insistir en la idea de un razonamiento apoyado en mecanismos generales. La evidencia empírica que la apoya demuestra una competencia cognitiva temprana manifiesta en las ejecuciones motoras y verbales de los niños pequeños que revelan deducciones e inferencias, analogías, planificaciones, prueba de premisas e hipótesis (Karmiloff-Smith y Inhelder, 1974/75), entre otras. Nuestro propio trabajo sigue esa tradición y considera al niño como un sujeto que piensa y piensa bien, basándose en varias herramientas propias de la racionalidad científica (Puche Navarro, 2000, 2003b; Puche Navarro, Colinvaux y Dibar, 2001; Ordóñez, 2003).

La segunda tradición estudia las especificidades, destrezas, habilidades y conceptos, propios del pensamiento científico del niño, y se desprende de unos pocos programas de investigación (véase Zimmerman, 2000, para una revisión). En particular, ha arrojado evidencia importante para el ámbito de la educación científica, a saber, el desarrollo de la formulación de hipótesis (Schauble, 1990, 1996), el diseño de experimentos (Chen y Klahr, 1999), el funcionamiento de mecanismos de cambio en tareas de razonamiento físico (Dixon y Bangert, 2002), el desarrollo de la exploración mediante preguntas (Otero y Graesser, 2001), el desarrollo de la explicación (Bielaczyc et al. 1995; Chi, Bassok, Lewis, Reimann y Glaser, 1989; Chi, de Leeuw, Chiu y LaVancher, 1994; Siegler, 1995;

Vosniadou y Brewer, 1992), y el análisis de datos y patrones de información (Chinn y Brewer, 1993; Lehrer y Romberg, 1996; Schauble y Lehrer, 2001).

A manera de balance, se pueden extraer varias conclusiones de esa literatura revisada hasta aquí: a) La investigación en desarrollo cognitivo tiene un impacto importante en la transformación de la enseñanza en ciencias. En ese sentido, se requiere más investigación para los próximos años y, aunque en Colombia unos pocos grupos están comprometidos, el futuro puede cambiar; b) Paralelamente, se requiere incrementar en cantidad y calidad las relaciones entre las instituciones escolares y los grupos que hacen la investigación. En este caso, la conformación de redes de conocimiento y de comunidades de aprendizaje tiene un valor estratégico y como estrategia puede contribuir efectivamente a establecer los canales reales entre investigación y educación; c) En la literatura revisada, una característica especial de esta tradición es que se ha hecho uso de la tecnología de simulación (*Microworlds*), como un medio indirecto para estudiar los procesos cognitivos que fundamentan el pensamiento científico y que el alumno pone en juego al resolver una tarea determinada. Este tipo de aproximación, de investigación *in vitro* (Klahr y Simon, 1999) ya contribuye en sí misma a sustentar el impacto que las nuevas tecnologías tienen en la comprensión de la actividad mental de quien aprende y resuelve problemas.

Desde el punto de vista de las implicaciones educativas de esos estudios, cabe señalar que son esenciales para realizar una descripción minuciosa de los procesos de análisis y descubrimiento, lo que permite a los psicólogos del desarrollo ofrecer una teoría general de la psicología del descubrimiento y el impacto que pueden tener en la generación de mejores entornos de aprendizaje. En general, se observa que el conocimiento que hoy tiene la psicología del (la) niño (a) sobre los procesos de pensamiento, se convierte en una base sólida para mejorar la enseñanza escolar.

## Redes de aprendizaje y educación científica

El uso de tecnologías ha hecho más transparente la idea, según la cual el conocimiento científico es el resultado de un trabajo colaborativo, de comunidades de conocimiento en las cuales el investigador no es el personaje solitario que descubre y elabora lo nuevo, sino un personaje articulado al trabajo de otros (Cerejido, 1997). Y se trata de un paso importante, en la medida que las nuevas tecnologías han permitido entender la cuestión del grupo, de la fecundidad de trabajar en equipo.

Para Thagard (2001), por ejemplo, detrás del uso de la Internet en las prácticas científicas en la actualidad subyace una epistemología del conocimiento como búsqueda de una comunidad. En lo que respecta a las implicaciones de la Internet para la educación científica, Thagard enfatiza en el papel del educador para orientar al estudiante a conocer el producto del trabajo de una inmensa red de personas. A decir verdad, esta concepción global sobre el papel de las nuevas tecnologías no hace sino complementar y potenciar el trabajo que una perspectiva socio-cognitiva (Herrenkohl, Palincsar, DeWater y Kawasaki, 1999), sostiene sobre el conocimiento y la práctica científicos.

En el plano de la educación científica, las redes de aprendizaje han facilitado la concreción de una visión del aprendizaje centrados en el sujeto, el alumno que aprende. Así como también una visión instrumental del conocimiento, en la cual las ideas se adquieren a partir del uso activo de herramientas y no como resultado del aprendizaje mecánico y unidireccional de maestro a alumno (Harasin, Hiltz, Turoff y Teles, 2000).

Esa visión ha permeado la concepción misma de los escenarios de aprendizaje. Gracias a ella, en nuestros días la instrucción en ciencias se concibe más allá de los escenarios de las aulas convencionales, y se ha desplazado hacia otros espacios en los cuales el pensamiento científico juega un papel. Klahr (2000), por ejemplo, ha planteado que el estudio del pensamiento científico y la educación científica necesitan

un debate más amplio que incorpore los nuevos elementos que usualmente permanecen al margen de las discusiones recientes: pensamiento científico en situaciones más naturalistas y abiertas, entornos colaborativos, y modelos ecológicos de análisis más acordes con el razonamiento de las personas (Dunbar, 1999). Con base en lo anterior, no resulta atrevido suponer que los entornos propiciados por las nuevas tecnologías parecen ser una condición de principio de transformaciones importantes en la manera de enseñar las ciencias y de promover el desarrollo de la racionalidad científica en los alumnos.

En efecto, la literatura especializada trabaja ahora en el problema de establecer mejores diseños instruccionales para la educación científica y sus respuestas no pueden ser menos entusiastas con las posibilidades de las nuevas tecnologías y los entornos de red (véase Crowley, Schunn y Okada, 2001, para una revisión exhaustiva). En ese panorama, el pensamiento científico emerge en contextos colaborativos, tales como museos (Crowley y Galco, 2001), entornos de simulación (Lesgold y Nahemow, 2001; Loh et al. 2001) e involucra a padres de familia, a maestros y a otros miembros de la comunidad en la que habita el (la) niño (a).

Según se sigue del balance final del trabajo de Bransford et al. (1999), el desarrollo de propuestas innovadoras en el campo de la educación científica y la formación en ciencias requiere de distintos elementos, entre los que se destacan el diseño de entornos de red y de tutoría basadas en computador. Para ellos, la tendencia para casos en los cuales se pretenda introducir por primera vez este tipo de plataforma, los autores recomiendan estudios pilotos o de pequeña escala, a fin de evaluar el potencial de los entornos de red y así determinar metas y desarrollos mayores en el futuro. Paralelo a esto, también recomiendan la capacitación de los maestros y el desarrollo de actividades para identificar los procesos y mecanismos que contribuyen al desarrollo de las comunidades de aprendizaje de maestros.

Actualmente existen muchas redes de aprendizaje de buena calidad (para una descrip-

ción véase Harasin et al. 2000). En Colombia existen algunas experiencias exitosas, en particular la red de aprendizaje proyecto Conexiones de la Universidad Eafit (2003a, 2003b), centrada en educación básica, y otras apoyadas por el Ministerio de Educación Nacional (2002b). Aunque escasas, esas experiencias son un antecedente importante para pensar en redes de aprendizaje específicas; como las redes virtuales, centradas en la educación científica temprana, toda vez que las existentes dan prioridad solamente al área de matemáticas y lenguaje.

### Conclusiones e implicaciones educacionales

Si bien es cierto que el control de calidad no es un componente natural de muchos proyectos educacionales basados en nuevas tecnologías, y que después de varios años de estar disponibles, hay que decir también que ello no significa que los propósitos mismos que justifican su uso sean inalcanzables. Algunos autores mencionados en esta revisión (Harasin et al. 2000; Gil, 2001) coinciden en que para concretar muchas de esos objetivos se requiere hacer un esfuerzo significativo para construir un marco conceptual que ayude a definir el potencial y el aprovechamiento que pueden tener las nuevas tecnologías. Como en cualquier otro sector educativo, el uso de nuevas tecnologías en la educación requiere de procesos de desarrollo bien planeados y controlados. Y es en este contexto que la creación y consolidación de redes virtuales de aprendizaje constituyen un paso hacia el mejoramiento de la situación.

Conceptualmente, una red virtual de aprendizaje en educación científica temprana debería servir como escenario de la construcción de un soporte conceptual de ayudas didácticas, y un recurso para apoyar la enseñanza de las ciencias en edades tempranas. Particularmente, como marco para la formación de maestros, el desarrollo del pensamiento científico de (al) niño (a) y el diseño de software educativo, basado en la resolución de problemas.

En la línea de la *Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico* (Unesco, 1999), las redes de aprendizaje pueden ser concebidas como espacios colaborativos para generar, desarrollar e intercambiar herramientas de intervención escolar. Dado que una educación de calidad no es sólo responsabilidad de los centros educativos, en el diseño y uso de la red se involucran distintos agentes y componentes y se integra lo que la investigación en didáctica recomienda con lo que aporta la psicología del desarrollo cognitivo sobre las destrezas y habilidades, los procesos de cambio conceptual y comprensión del niño. Se esperaría que el resultado de este trabajo colaborativo entre psicólogos del desarrollo y educadores en ciencias conduzca a generar un modelo abierto de participación en actividades de ciencias y tecnología para niños a través de recursos electrónicos, a participar activamente con otras redes en el país y a animar un trabajo conjunto entre instituciones, como base de nuevas transformaciones en la educación científica que se ofrece en la actualidad.

### Referencias

- Ausubel, D., Novack, J. D. y Hennesian, D. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. Weston, N.Y.: Holt Reinhart.
- Betchel, W. y Graham, G. (1999). *A companion to cognitive science*. Oxford, U. K.: Blackwell.
- Bielaczyc, K., Pirolli, P. L. y Brown, A. L. (1995). Training in self-explanation and self-regulation strategies: Investigating the effects of knowledge acquisition activities on problem solving. *Cognition and Instruction*, 13, 221-252.
- Bransford, J., Brown, A. y Cocking, R. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Recuperado el 16 Julio, 2004, de <http://bob.nap.edu/html/howpeople1/>
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 141-178.
- Bruer, J. (1995). *Escuelas para pensar. Una ciencia del aprendizaje en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, M. A.: Bradford Books/MIT Press.
- Carretero, M. (1979). ¿Por qué flotan las cosas? El desarrollo del pensamiento hipotético-deductivo y la enseñanza de las ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, 8, 7-22.
- Carretero, M. (1996). A la búsqueda de la génesis del método científico: Un estudio sobre la capacidad de eliminar hipótesis. En M. Carretero (Ed.), *Construir y enseñar. Las ciencias experimentales* (pp. 35-45). Buenos Aires: Aique.
- Cerejido, M. (1997). *Ciencia sin seso, locura doble*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- Chen, Z. y Klahr, D. (1999). All others things being equal children's acquisition of the control of variables strategy. *Child Development*, 70, 1098-1120.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M., Reimann, P. y Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M.H. y LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Chi, M. T. H. y Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. En M. Limón y L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice* (pp. 3-27). Netherlands: Kluwer.
- Chinn, C. A. y Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Cortez, R. y Níaz, M. (1999). Adolescents understanding of observation, prediction, and hypothesis in everyday and educational contexts. *The Journal of Genetic Psychology*, 160, 125-141.

- Crowley, K. y Galco, J. (2001). Everyday activity and the development of scientific thinking. En K. Crowley, C. D. Schunn y T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings* (pp. 393-413). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Crowley, K., Schunn, C. D. y Okada, T. (2001). *Designing for science. Implications from everyday, classroom, and professional settings*. Mahwah: Erlbaum.
- DeLoache, J., Miller, K. y Pierroutsakos, S. (1998). Reasoning and problem solving. En D. Kuhn y R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology. Cognition, perception, and language* (pp. 801-850). New York: Wiley.
- diSessa, A. (2001). *Changing minds. Computers, learning, and literacy*. Cambridge, M. A.: MIT Press.
- Dixon, J. y Bangert, A. (2002). The prehistory of discover: Precursors of representational change in solving gear system problems. *Developmental Psychology*, 38, 918-933.
- Dunbar, K. (1999). Problem Solving. En W. Bechtel y G. Graham (Eds.), *A Companion to cognitive science* (pp. 289-298). Oxford: Blackwell Publishers.
- Gabel, D. (1994). *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Simon y Schuster Macmillan.
- Gardner, H. (1993). *La mente no escolarizada. Cómo piensan los niños y cómo deberían enseñar las escuelas*. Barcelona: Paidós.
- Gelman, R. y Brenneman, K. (2004). Science learning pathways for young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 19, 150-158.
- Gentner, D. R. y Stevens, A. L. (1983). *Mental models*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Gil, D. (2001). Enseñanza de las ciencias. En D. Gil y M. de Guzmán (Eds.), *La enseñanza de las ciencias y la matemática. Tendencias e innovaciones* (pp. 11-84). Madrid: Editorial Popular. (Versión electrónica disponible en <http://www.oei.org>).
- Ginsburg, H. P. y Golbeck, S. L. (2004). Thoughts on the future of research on mathematics and science learning and education. *Early Childhood Research Quarterly*, 19, 190-200.
- Harasin, L., Hiltz, S. R., Turoff, M. y Teles, L. (2000). *Redes de aprendizaje. Guía para la enseñanza y el aprendizaje en red*. Barcelona: Gedisa.
- Herrenkohl, L. R., Palincsar, A. S., DeWater, L. S. y Kawasaki, K. (1999). Developing scientific communities in classrooms: A socio-cognitive approach. *The Journal of the Learning Sciences*, 8, 451-493.
- Hunt, E. B. (2001). Themes in cognitive science and education. En S. M. Carver y D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction. Twenty-five years of progress* (pp. 427-437). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Karmiloff-Smith, A. (1988). A child is a theoretician, not an inductivist. *Mind and Language*, 3, 183-195.
- Karmiloff-Smith, A. (1994). *Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza.
- Karmiloff-Smith, A. y Inhelder, B. (1974/1975). If you want to get ahead, get a theory. *Cognition*, 3, 195-212.
- Klahr, D. (2000). *Exploring science. The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, M. A.: MIT Press.
- Klahr, D., Chen, Z. y Toth, E. E. (2001). Cognitive development and science education: Ships that pass in the night or beacons of mutual illumination. En S. M. Carver y D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction. Twenty-five years of progress* (pp. 75-119). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Klahr, D. y Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Klahr, D. y Simon, H. (1999). Studies on scientific discovery: Complementary approaches and convergent findings. *Psychological Bulletin*, 125, 524-543.
- Kuhn, D. (1997). ¿Constraints or guideposts? Developmental psychology and science education. *Review of Educational Research*, 67, 141-150.

- Lehrer, R. y Romberg, T. (1996). Exploring children's data modeling. *Cognition and Instruction*, 14, 69-108.
- Lehrer, R. y Schauble, L. (2001). *Investigating real data in the classroom: Expanding children's understanding of math and science*. New York: Teachers College Press.
- Lehrer, R. y Schauble, L. (2000). Modeling in mathematics and science. En R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science* (pp. 101-159). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Lehrer, R., Schauble, L., Strom, D. y Pligge, M. (2001). Similarity of form and substance: Modeling material kind. En S. M. Carver y D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction. Twenty-five years of progress* (pp. 39-74). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Lesgold, A. y Nahemow, M. (2001). Tools to assist learning by doing: Achieving and assessing efficient technology for learning. En K. Crowley, C. D. Schunn y T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings* (pp. 307-346). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Limón, M. y Mason, L. (Eds.) (2002). *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice*. Netherlands: Kluwer.
- Loh, B. et al. (2001). Developing reflective inquiry practices: A case study of software, teacher, and students. En K. Crowley, C. D. Schunn y T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings* (pp. 279-323). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Lovett, M. (2001). A collaborative convergence on studying reasoning processes: A case study in statistics. En S. M. Carver y D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction. Twenty-five years of progress* (pp. 347-384). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Maclure, S. y Davies, P. (1994). *Aprender a pensar, pensar en aprender*. Barcelona: Gedisa.
- Masnick, A. M. y Klahr, D. (2003). Error matters: An initial exploration of elementary schools children's understanding of experimental error. *Journal of Cognition and Development*, 4, 67-98.
- Metz, K. E. (1995). Reassessment of developmental constraints on children's science instruction. *Review of Educational Research*, 65, 93-127.
- Metz, K. E. (1997). On the complex relation between cognitive developmental research and children's science curriculum. *Review of Educational Research*, 67, 151-163.
- Ministerio de Educación Nacional (2002a). *Memorias del Congreso Internacional: Tecnologías computacionales en el currículo de matemáticas*. Recuperado el 16 julio, 2004, de <http://www.mineduacion.gov.co>
- Ministerio de Educación Nacional (2002b). *Memorias del Seminario Nacional «Formación de docentes sobre el uso de nuevas tecnologías en el aula de matemáticas»*. Recuperado el 16 julio, 2004, de <http://www.mineduacion.gov.co>
- Ministerio de Educación Nacional (2003). *Memorias Foro Educativo Nacional-2003. Intercambio de experiencias significativas sobre desarrollo de competencias en lenguaje y matemáticas*. Recuperado el 16 julio, 2004, de <http://www.mineduacion.gov.co>
- Minstrell, J. (2001). The role of the teacher in making sense of classroom experiences and effecting better learning. En S. M. Carver y D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction. Twenty-five years of progress* (pp. 121-149). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Níaz, M. (1995). Enhancing thinking skills: Domain specific/domain general strategies. A dilemma for science education. *Instructional Science*, 22, 413-422.
- Novack, J. D. y Gowin, D. B. (1986). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Ordóñez, M. O. (2003). Hipótesis, experimentos e inferencias en el niño: una propuesta de análisis. En B. C. Orozco (Ed.), *El niño: científico, lector y escritor, matemático* (pp. 41-69). Cali: Artes Gráficas del Valle Editores.

- Otero, G. J. y Graesser, A. (2001). Preg: Elements of a model of question asking. *Cognition and Instruction, 19*, 143-175.
- Palincsar, A. S. y Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension monitoring activities. *Cognition and Instruction, 1*, 117-175.
- Papert, S. (1993). *The children's machine. Rethinking school in the age of the computer*. New York: Basic Books.
- Perkins, D. (1999). ¿Qué es la comprensión? En M. Stone W. (Ed.). *La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica* (pp. 69-92). Barcelona: Paidós.
- Perkins, D. N. y Salomon, G. (1988). Teaching for transfer. *Educational Leadership, 41*, 22-32.
- Perkins, D. N. y Salomon, G. (1989). Are cognitive skills context-bound? *Educational Researcher, 18*, 16-25.
- Pressley, M. y McCormick, C. B. (1995). *Advanced educational psychology, for educators, researchers, and policymakers*. New York: HarperCollins.
- Puche Navarro, R. (2000). *Formación de herramientas científicas en el niño pequeño*. Bogotá: Arango Editores.
- Puche Navarro, R. (2003a). *El niño que piensa y vuelve a pensar*. Cali: Artes Gráficas del Valle Editores.
- Puche Navarro, R. (2003b). La actividad mental del niño: una propuesta de estudio. En B. C. Orozco (Ed.). *El niño: científico, lector y escritor; matemático* (pp. 17-40). Cali, Colombia: Artes Gráficas del Valle Editores.
- Puche Navarro, R. (2003c). Procesos de desarrollo, de cambio y variabilidad. En R. Puche Navarro (Ed.). *El niño que piensa y vuelve a pensar* (pp. 17-49). Cali: Artes Gráficas del Valle Editores.
- Puche Navarro, R., Colinaux, D. y Dibar, C. (2001). *El niño que piensa. Un modelo de formación de maestros*. Cali: Artes Gráficas del Valle Editores.
- Puche Navarro, R. y Ordóñez, M. O. (2003b). *La cognición y las psicologías cognitivas: Objeto, retos y limitaciones*. Manuscrito sometido a publicación.
- Puche Navarro, R. y Ordóñez, M. O. (2003a). Pensar, experimentar y volver a pensar: Un estudio sobre el niño que experimenta con catapultas. En R. Puche Navarro (Ed.). *El niño que piensa y vuelve a pensar* (pp. 109-148). Cali: Artes Gráficas del Valle Editores.
- Resnick, L. (1999). *La educación y el aprendizaje del pensamiento*. Buenos Aires: Aique.
- Resnick, L. B. y Klopfer, L. E. (1997). *Currículo y cognición*. Buenos Aires: Aique.
- Schank, R. y Birnbaum, L. (1995). Cómo mejorar la inteligencia En J. Khalfa (Ed.), *¿Qué es la inteligencia?* (pp. 79-110). Madrid: Alianza
- Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior experience and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology: Human Perception and Performance, 11*, 443-456.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology, 32*, 102-119.
- Siegler, R. S. (1995). How does change occur: A microgenetic study of number conservation. *Cognitive Science, 28*, 225-273.
- Siegler, R. S. (2001). Cognition, instruction, and the quest for meaning. En S. M. Carver y D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction. Twenty-five years of progress* (pp. 195-203). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Sigel, I. (1997). Modelos de distanciamiento y desarrollo de la competencia representativa. *Infancia y Aprendizaje, 78*, 13-29.
- Stone, W. M. (1999). *La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*. Barcelona: Paidós.
- Strauss, S. (1998). Cognitive development and science education. Toward a middle level model. En I. Sigel y K. A. Renninger (Eds.), *Handbook of child psychology. Childhood in practice* (pp. 357-400). New York: Wiley.

- Thagard, P. (2001). Internet epistemology: Contributions of new information technologies to scientific research. En K. Crowley, Schunn, C. D. y T. Okada (Eds.), *Designing for science. Implications from everyday, classroom, and professional settings* (pp. 465-485). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Thornton, S. (1998). *La resolución infantil de problemas*. Madrid: Morata.
- Unesco (1999). *Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico*. Adoptada en la Conferencia mundial sobre la ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso. Budapest (Hungría), 26 de junio al 1º de julio.
- Unger, C. y Wilson, D. (1997). ¿Cuál es la gran idea? En Ministerio de Educación Nacional (Ed.), *Pequeños aprendices, grandes comprensiones*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Universidad EAFIT (2003a). *Proyecto Conexiones*. Recuperado el 16 julio, 2004, de <http://www.conexiones.eafit.edu.co>
- Universidad Eafit (2003b). *Conexiones, informática y escuela: Un enfoque global*. Recuperado el 16 julio, 2004, de <http://www.conexiones.eafit.edu.co>
- Vosniadou, S., y Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. y Novack, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: Simon y Schuster Macmillan.
- White, B.Y. (1989). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and Instruction*, 10, 1-100.
- White, B. Y. y Fredericksen, J. R. (1994). Using assessment to foster a classroom research community. *Educator*, invierno, 19-24.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.

