

Aptus Estudios

De la evidencia a la práctica


*Serie: ¿Cómo aprenden los niños?*

**POR QUÉ LA INSTRUCCIÓN CON GUÍA  
MÍNIMA NO FUNCIONA: UN ANÁLISIS DEL  
FRACASO DE LA ENSEÑANZA  
CONSTRUCTIVISTA, POR DESCUBRIMIENTO,  
BASADA EN PROBLEMAS, EXPERIENCIAL Y  
BASADA EN LA INDAGACIÓN**

---

26 de junio de 2019

Documento original de

 **Educational  
Psychologist**



**Aptus**

POTENCIADORA EDUCACIONAL

SIP Red de Colegios | Fundación Reinado Solari



# Por qué la instrucción con guía mínima no funciona: un análisis del fracaso de la enseñanza constructivista, por descubrimiento, basada en problemas, experiencial y basada en la indagación

Paul A. Kirschner

*Educational Technology Expertise Center (Centro de Especialización en Tecnología Educativa)*  
*Open University of the Netherlands*  
*Research Centre Learning in Interaction (Centro de Investigación Aprendizaje en Interacción)*  
*Utrecht University, The Netherlands*

John Sweller

*School of Education (Escuela de Educación)*  
*University of New South Wales*

Richard E. Clark

*Rossier School of Education (Escuela de Educación Rossier)*  
*University of Southern California*

La evidencia sobre la superioridad de la enseñanza guiada se explica en el contexto de nuestro conocimiento sobre la arquitectura cognitiva humana, las diferencias entre expertos y principiantes y la carga cognitiva. Si bien los métodos de enseñanza no guiados o con guía mínima son muy populares y resultan intuitivamente atractivos, se sostiene que ellos ignoran tanto las estructuras que constituyen la arquitectura cognitiva humana como la evidencia de estudios empíricos realizados durante el último medio siglo, todos los cuales coinciden en indicar que la enseñanza con guía mínima es menos efectiva y menos eficiente que los métodos instruccionales que ponen énfasis especial en un proceso guiado del aprendizaje de los alumnos. La ventaja de una instrucción guiada comienza a decrecer solo cuando los alumnos cuentan con un bagaje de conocimientos previos suficientemente amplio como para guiarlos "internamente". Se describen brevemente los recientes progresos en la elaboración de modelos de investigación y diseño instruccional que respaldan la enseñanza guiada.

Durante al menos el último medio siglo se ha venido debatiendo en torno al impacto de la instrucción guiada durante la enseñanza (Ausubel, 1964; Craig, 1956; Mayer, 2004; Shulman y Keisler, 1966). En esta polémica intervienen, por un lado, aquellos que avalan la hipótesis de que las personas aprenden mejor en un ambiente de enseñanza no guiado, o con guía mínima, el cual suele definirse como un sistema en el cual, en vez de entregarles a los alumnos la información esencial, son ellos quienes deben descubrir o elaborar por su cuenta dicha información esencial (por ejemplo, Bruner, 1961; Papert, 1980; Steffe y Gale, 1995). En el sector opuesto se encuentran quienes consideran que a los alumnos principiantes hay que entregarles una instrucción guiada y directa sobre los conceptos y procedimientos requeridos por una determinada disciplina en lugar de hacerlos descubrir esos

procedimientos por su cuenta (por ejemplo, Cronbach y Snow, 1977; Klahr y Nigam, 2004; Mayer, 2004; Shulman y Keisler, 1966; Sweller, 2003). La instrucción guiada y directa se define como un sistema en el cual se presenta información que explica en detalle los conceptos y procedimientos que los alumnos deben aprender y además brinda estrategias de aprendizaje de apoyo que sean compatibles con la arquitectura cognitiva humana. El aprendizaje, por su parte, se define como un cambio en la memoria a largo plazo.

El método de enseñanza con guía mínima ha recibido diversas denominaciones, tales como: aprendizaje por descubrimiento (Anthony, 1973; Bruner, 1961), aprendizaje basado en problemas (ABP; Barrows y Tamblyn, 1980; Schmidt, 1983), aprendizaje por indagación (Papert, 1980; Rutherford, 1964), aprendizaje experiencial (Boud, Keogh, y Walker, 1985; Kolb y Fry, 1975), y aprendizaje constructivista (Jonassen, 1991; Steffe y Gale, 1995). Pueden mencionarse otros ejemplos de aplicaciones de estos métodos, los cuales, si bien reciben distintos nombres, en lo

esencial son pedagógicamente equivalentes, tales como las clases de ciencias en que los alumnos son situados en contextos de aprendizaje por indagación y deben descubrir los principios científicos fundamentales, conocidos ampliamente, modelando las actividades indagatorias de los investigadores profesionales (Van Joolingen, de Jong, Lazonder, Savelsbergh, y Manlove, 2005). De igual manera, en los cursos con una enseñanza basada en problemas, los estudiantes de medicina tienen que utilizar técnicas de resolución de problemas a fin de descubrir tratamientos médicos para las afecciones que aquejan comúnmente a los pacientes (Schmidt, 1998, 2000).

En los programas de enseñanza que emplean una instrucción con guía mínima parecen distinguirse dos premisas fundamentales. En primer lugar, parten del supuesto de que al hacer que los alumnos elaboren sus propias soluciones se les permitirá vivir la experiencia de un aprendizaje más efectivo, se les insta a resolver problemas "auténticos" o a adquirir conocimientos complejos en contextos ricos en información. En segundo lugar, al parecer se da por sentado que la mejor manera de adquirir conocimientos es a través de la experiencia basada en los procedimientos de la disciplina (esto es, percibiendo el contenido pedagógico de la experiencia de aprendizaje como un equivalente exacto de los métodos y procesos o de la epistemología de la disciplina estudiada; Kirschner, 1992). La guía mínima se ofrece de manera que la información relevante del proceso o la tarea está disponible si los alumnos deciden usarla. Los partidarios de este método consideran que la instrucción guiada, la cual proporciona o incorpora estrategias de aprendizaje en la enseñanza, obstaculiza los procesos naturales mediante los cuales los alumnos se basan en su experiencia previa y única, al igual que en sus propios estilos de aprendizaje, para elaborar nuevo conocimiento situado que les permitirá alcanzar sus objetivos. Por ejemplo, según Wickens (1992, citado en Bernstein, Penner, Clarke-Stewart, Roy y Wickens, 2003),

proporcionar guía excesiva puede traducirse en un muy buen desempeño durante la práctica, pero puede perjudicar el desempeño posterior. Por ejemplo, el hecho de entrenar a los alumnos mostrándoles las respuestas correctas de problemas de matemáticas puede afectar su capacidad para traer posteriormente a la memoria sin ayuda las respuestas correctas. (p. 221).

Este argumento constructivista ha captado numerosos adherentes.

El objetivo de este artículo es sugerir, de acuerdo con nuestros actuales conocimientos sobre la arquitectura cognitiva humana, que es probable que la enseñanza mínimamente guiada resulte inefectiva. Las investigaciones empíricas realizadas durante el último medio siglo sobre este tema han proporcionado un abrumador caudal de evidencias inequívocas que sostienen que la instrucción con guía mínima durante la enseñanza es considerablemente menos efectiva y eficiente que una instrucción guiada y diseñada específicamente para respaldar el procesamiento cognitivo necesario para el aprendizaje.

## LAS CONSECUENCIAS DE LA ARQUITECTURA COGNITIVA HUMANA PARA LA INSTRUCCIÓN MÍNIMAMENTE GUIADA

Resulta improbable que un procedimiento instruccional sea efectivo si ignora las estructuras que constituyen la arquitectura cognitiva humana. Al parecer, la enseñanza con guía mínima se

desarrolla sin ninguna referencia a las características de la memoria de trabajo y de la memoria a largo plazo, o a las relaciones intrincadas que existen entre ellas. El resultado es una serie de recomendaciones que la mayoría de los educadores consideran imposibles de implementar, y que muchos educadores experimentados se muestran reacios a poner en práctica, porque exigen que los alumnos participen en actividades cognitivas que se traducirán con dificultad en un aprendizaje efectivo. Como consecuencia de lo anterior, es posible que los profesores más efectivos ignoren las recomendaciones o, en el mejor de los casos, solo las acepten a nivel discursivo (por ejemplo, Aulls, 2002). En esta sección analizamos algunas de las características de la arquitectura cognitiva humana y sus consiguientes implicancias para la enseñanza.

### Arquitectura cognitiva humana

La arquitectura cognitiva humana tiene que ver con la manera en que se organizan nuestras estructuras cognitivas. La mayoría de los enfoques con que se aborda la arquitectura cognitiva humana se basan en el modelo de memoria sensorial, memoria de trabajo y memoria a largo plazo de Atkinson y Shiffrin (1968). La memoria sensorial no tiene relevancia para la discusión presentada en este artículo, por lo que, de aquí en adelante, no se la considerará. Las relaciones entre la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo, junto con los procesos cognitivos que apoyan el aprendizaje, son un componente fundamental para nuestro argumento.

Nuestro entendimiento del rol de la memoria a largo plazo en la cognición humana se ha visto alterado notoriamente a lo largo de las últimas décadas. Ya no se la considera como un depósito pasivo de fragmentos de información separados y aislados que nos permiten repetir lo que hemos aprendido. Tampoco se la ve como un componente de la arquitectura cognitiva humana que solo influye periféricamente en los procesos cognitivos complejos como el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Hoy en día, la memoria a largo plazo es considerada como la estructura central y predominante de la cognición humana. Todo lo que vemos, escuchamos y pensamos depende de nuestra memoria a largo plazo y está influenciado por ella.

El trabajo de De Groot (1945/1965) sobre los ajedrecistas expertos, seguido por el de Chase y Simon (1973), han influido enormemente en la reconceptualización del rol de la memoria a largo plazo. El descubrimiento de que los jugadores expertos son mucho más capaces que los jugadores principiantes de reproducir las posiciones del tablero tomadas de partidas reales observándolas por un breve periodo de tiempo, pero que expertos y principiantes demuestran la misma habilidad para reproducir las posiciones aleatorias del tablero, ha sido replicado en una serie de otras áreas (por ejemplo, Egan y Schwartz, 1979; Jeffries, Turner, Polson y Atwood, 1981; Sweller y Cooper, 1985). Estos resultados sugieren que los expertos en resolver problemas han desarrollado su talento aprovechando la vasta experiencia almacenada en su memoria a largo plazo, y luego rápidamente escogen y aplican los procedimientos más apropiados para resolver un determinado problema. El hecho de que estas diferencias puedan servir para explicar en su totalidad las habilidades para la resolución de problemas enfatiza la importancia de la memoria a largo plazo para la cognición. Somos expertos en un área si nuestra memoria a largo plazo contiene una enorme cantidad de información relativa a ese ámbito. Esa información nos permite reconocer casi en seguida las características de una situación y nos indica, a menudo de manera

inconsciente, lo que debemos hacer y cuándo hacerlo. Sin esa gran cantidad de información contenida en nuestra memoria a largo plazo seríamos esencialmente incapaces de realizar cualquier cosa, desde acciones tan sencillas como cruzar la calle (la información en la memoria a largo plazo evita que crucemos cuando los vehículos van a alta velocidad; esta es una habilidad que muchos otros animales no son capaces de guardar en su memoria a largo plazo) hasta actividades complejas, como jugar ajedrez o resolver problemas matemáticos. Así, nuestra memoria a largo plazo contiene una gigantesca base de conocimientos que resulta fundamental para poder realizar todas las actividades que dependen de nuestra capacidad cognitiva.

Ahora bien, ¿cuáles son las consecuencias instruccionales de la memoria a largo plazo? Primero que nada, y en su dimensión más básica, la arquitectura de la memoria a largo plazo nos proporciona la motivación fundamental de la enseñanza: el objetivo de toda enseñanza consiste en modificar la memoria a largo plazo. Si nada ha cambiado en la memoria a largo plazo, no se ha aprendido nada. Cualquier recomendación instruccional que no especifique o no pueda describir lo que se ha modificado en la memoria a largo plazo, o que no aumente la eficiencia con que la información relevante se almacena o se recupera de la memoria a largo plazo, es muy probable que resulte inefectiva.

### Características y funciones de la memoria de trabajo

Por su parte, la memoria de trabajo es la estructura cognitiva donde ocurre el procesamiento consciente. Somos solo conscientes de la información que actualmente estamos procesando en la memoria de trabajo y más bien inconscientes de una cantidad mucho mayor de información almacenada en la memoria a largo plazo.

La memoria de trabajo tiene dos características muy conocidas: cuando procesa información nueva, tiene una duración y una capacidad muy limitadas. Hemos sabido, al menos desde el trabajo de Peterson y Peterson (1959), que casi toda la información almacenada en la memoria de trabajo se pierde al cabo de 30 segundos si no se repasa. Asimismo, por lo menos desde el trabajo de Miller (1956) sabemos que la capacidad de dicha memoria se limita solo a una cantidad muy pequeña de elementos. Según Miller son alrededor de 7, pero puede que esa cifra sea de apenas  $4 \pm 1$  (véase, por ejemplo, Cowan, 2001). Más aun, cuando la información la procesamos en vez de simplemente almacenarla, puede resultar razonable conjeturar que la cantidad de elementos que somos capaces de procesar desciende a solo dos o tres, dependiendo de la naturaleza del procesamiento que se requiera.

Las interacciones de la memoria de trabajo con la memoria a largo plazo pueden ser incluso más importantes que las limitaciones del procesamiento (Sweller, 2003, 2004). Las limitaciones de la memoria de trabajo solo son aplicables a información nueva, por aprender, la cual todavía no ha sido almacenada en la memoria a largo plazo. La información nueva, como por ejemplo, las combinaciones nuevas de números o letras, solo se las puede almacenar por períodos breves, con enormes limitaciones en cuanto a la cantidad de dicha información que somos capaces de manejar. En cambio, cuando trabajamos con información adquirida previamente porque fue almacenada en la memoria a largo plazo, estas limitaciones desaparecen. Puesto que la información la podemos recuperar desde la memoria a largo plazo a la memoria de trabajo por períodos indefinidos de tiempo, los límites temporales que afectan a esta última se tornan

irrelevantes. De igual modo, no existen límites conocidos para la cantidad de información que puede trasladarse desde la memoria a largo plazo a la memoria de trabajo. En efecto, la alteración de las características de la memoria de trabajo cuando procesa información conocida, en contraposición a cuando procesa información desconocida, indujo a Ericsson y a Kintsch (1995) a proponer una estructura separada: la memoria de trabajo a largo plazo, para manejar la información bien aprendida y automatizada.

Cualquier teoría instruccional que ignore los límites de la memoria de trabajo cuando se trabaja con información nueva, o que ignore la desaparición de dichos límites cuando se maneja información conocida, difícilmente resultará efectiva. Las posturas que abogan por la instrucción con guía mínima durante la enseñanza consideran a la memoria de trabajo como si no existiera, o en caso de existir, como si no careciera de limitaciones relevantes al trabajar con información nueva, que es precisamente la información de interés para los procedimientos de enseñanza constructivista. Sabemos que la resolución de problemas, la cual tiene una importancia central para la enseñanza basada en la indagación, que es un proceso instruccional que promueve una dirección y guía mínima, le impone una enorme carga a la memoria de trabajo (Sweller, 1988). A quienes respaldan la enseñanza basada en la indagación les corresponde, sin duda, explicar cómo ese procedimiento puede soslayar los reconocidos límites de la memoria de trabajo cuando se maneja información nueva.

### Implicancias de la arquitectura cognitiva humana para la enseñanza constructivista

Estas estructuras de la memoria y sus relaciones tienen implicancias directas para el diseño instruccional (por ejemplo, Sweller, 1999; Sweller, van Merriënboer y Paas, 1998). La enseñanza basada en la indagación exige que el alumno explore el ámbito de un problema en busca de información aplicable a dicho problema. Toda búsqueda basada en problemas impone enormes exigencias a la memoria de trabajo. Más aun, esa carga a la que se somete la memoria de trabajo no contribuye a la acumulación de conocimientos en la memoria a largo plazo, porque cuando la memoria de trabajo está siendo empleada para buscar soluciones al problema, esta no está disponible y no puede usarse para aprender. En efecto, es posible buscar soluciones por extensos períodos de tiempo generando mínimas alteraciones en la memoria a largo plazo (por ejemplo, véase Sweller, Mawer y Howe, 1982). El objetivo de la enseñanza no consiste generalmente en solo buscar o descubrir información. El objetivo es, en cambio, entregarles a los alumnos directrices específicas sobre cómo procesar cognitivamente la información de maneras que sean coherentes con un objetivo de aprendizaje, almacenando el resultado de ese procesamiento en la memoria a largo plazo.

Al parecer se ignoran sistemáticamente las consecuencias de exigirles a los alumnos principiantes que busquen soluciones a los problemas empleando una memoria de trabajo que es limitada, o empleando mecanismos mediante los cuales una enseñanza no guiada o mínimamente guiada podría propiciar un cambio en la memoria a largo plazo. El resultado es una serie de métodos instruccionales similares, aunque con distintos nombres, que exigen entregar mínimas directrices y que están desconectados de gran parte de lo que sabemos de la cognición humana. La recomendación de una instrucción con guía mínima era comprensible cuando Brunner (1961) propuso el aprendizaje por descubrimiento como herramienta instruccional porque las

estructuras y las relaciones que constituían la arquitectura cognitiva humana aún no habían sido mapeadas. Actualmente nos encontramos en un ambiente absolutamente distinto porque sabemos más sobre las estructuras, funciones y características de la memoria de trabajo y memoria a largo plazo, al igual que acerca de las relaciones entre ellas y sus consecuencias para el aprendizaje y la resolución de problemas. Este nuevo entendimiento ha servido de base para un proceso sistemático de investigación y desarrollo de teorías instruccionales que reflejen nuestra actual visión de la arquitectura cognitiva (por ejemplo, Anderson, 1996; Glaser, 1987). Este trabajo debería ser una herramienta central para el diseño de una enseñanza guiada eficaz.

Por supuesto, los argumentos basados en la teoría, que sugieren que la enseñanza con guía mínima debería tener una efectividad mínima, carecen de mayor validez si no cuentan con evidencia empírica. Los trabajos empíricos en los que se compara la enseñanza guiada con la no guiada se analizarán después de una revisión de los actuales argumentos a favor de la instrucción con guía mínima.

## LOS ORÍGENES DEL CONSTRUCTIVISMO Y LA ACTUAL VISIÓN DE LA INSTRUCCIÓN CON GUÍA MÍNIMA

Dada la incompatibilidad de la enseñanza con guía mínima con nuestro conocimiento sobre la arquitectura cognitiva humana, ¿cuál ha sido la justificación para estos métodos? La versión más reciente de una enseñanza mínimamente guiada proviene del constructivismo (por ejemplo, Steffe y Gale, 1995) el cual, al parecer, deriva de observaciones que indican que el conocimiento es construido por los estudiantes, y que por lo tanto a) éstos necesitan una oportunidad para construir sobre la base de objetivos y un mínimo de información proporcionada; y b) el aprendizaje es idiosincrático, por lo que una modalidad o estrategia común de enseñanza resulta inefectiva. La descripción constructivista del aprendizaje es precisa, pero las consecuencias instruccionales sugeridas por el constructivismo no se dan necesariamente.

La mayoría de los alumnos de todas las edades saben cómo construir conocimientos cuando se les proporciona la información suficiente, y no existen evidencias de que al entregarles información parcial su capacidad para construir una representación sea mayor que cuando reciben la información completa. De hecho, la mayoría de las veces ocurre todo lo contrario. Los alumnos deben construir una representación o un esquema mental independientemente de si se les proporciona una información parcial o completa. La información completa se traducirá en una representación más exacta, la que asimismo se adquiere más fácilmente. El constructivismo se basa, por ende, en una observación que, pese a ser descriptivamente precisa, no conduce a una teoría prescriptiva del diseño instruccional o a técnicas pedagógicas efectivas (Clark y Estes, 1998, 1999; Estes y Clark, 1999; Kirschner, Martens y Strijbos, 2004). Sin embargo, muchos educadores, investigadores educativos, diseñadores instruccionales y desarrolladores de materiales didácticos parecen haber adoptado la enseñanza con guía mínima y procurado implementarla.

Otra consecuencia de los intentos de implementar la teoría constructivista es un cambio de énfasis desde la enseñanza de una disciplina como un bagaje de conocimientos hacia un énfasis exclusivo en aprender una disciplina experimentando sus procesos

y procedimientos (Handelsman y otros, 2004; Hodson, 1988). Este cambio de enfoque estuvo acompañado del supuesto, compartido por muchos educadores destacados y especialistas de disciplina, de que el conocimiento solo puede adquirirse, o adquirirse más efectivamente, a través de la experiencia basada principalmente en los procedimientos de la disciplina. Esta postura llevó a los educadores a comprometerse con el trabajo práctico o de proyecto de amplio alcance y a rechazar la enseñanza basada en los datos, las leyes, los principios y las teorías que constituyen el contenido de una disciplina, prefiriendo el uso de métodos de enseñanza basados en el descubrimiento y la indagación. El hecho de que además se haga mucho mayor hincapié en la aplicación práctica de habilidades de indagación y resolución de problemas parece muy positivo. Sin embargo, creer que el contenido pedagógico de la experiencia de aprendizaje es idéntico a los métodos y procesos (es decir, a la epistemología) de la disciplina que se aprende puede ser un error fundamental, como también puede resultar equivocado suponer que la enseñanza debería concentrarse exclusivamente en los métodos y los procesos.

Shulman (1986; Shulman y Hutchings, 1999) contribuyó con comprender la razón por la que los métodos menos guiados fracasan, a partir de su discusión sobre la integración de los conocimientos, experticia y habilidades pedagógicas. Él define a los *conocimientos del contenido* como "la cantidad y la organización de los conocimientos per se en la mente del profesor" (Shulman, 1986, p. 9), y los *conocimientos del contenido pedagógico* como aquellos "que van más allá de los conocimientos de la materia per se hasta alcanzar la dimensión de conocimientos sobre la materia que califican para la enseñanza" (p. 9). Más adelante define el *conocimiento curricular* como "la farmacopea desde la cual el profesor obtiene las herramientas de enseñanza que exponen o ejemplifican un determinado contenido" (p. 10). Kirschner (1991, 1992), también sostuvo que la manera en que un experto trabaja en su área (epistemología) no equivale a la manera en que aprendemos en esa área (pedagogía). Una línea argumental similar es la que sigue Dehoney (1995), quien plantea que los modelos y las estrategias mentales de los expertos han sido desarrollados a lo largo de un lento proceso en que han ido acumulando experticia en sus respectivos ámbitos.

Pese a esta clara distinción entre aprender una disciplina y practicarla, muchos desarrolladores de currículum, tecnólogos educativos y educadores parecen confundir la enseñanza de una disciplina como "investigación" (es decir, un énfasis curricular en los procesos de investigación dentro de una ciencia) con la enseñanza de una disciplina por indagación (esto es, utilizar los procesos de investigación de la disciplina como una pedagogía o como herramienta para fines de aprendizaje). Es probable que el origen de esta confusión resida en lo que Hurd (1969) denominó el fundamento teórico del científico, según el cual un curso en el que se enseñan ciencias

debe ser el fiel reflejo de una disciplina científica, tanto en lo referente a su estructura conceptual como a sus patrones de indagación. Las teorías y los métodos de la ciencia moderna deberían reflejarse en la sala de clases. Al enseñarse una ciencia, las actividades realizadas en la sala de clases deberían concordar con sus procesos investigativos y apoyar la estructura conceptual, intuitiva y teórica de sus conocimientos (p. 16).

En este razonamiento se da por supuesto

que tanto la adopción de ciertas posturas como el fomento del interés por la ciencia, la adquisición de habilidades para trabajar en el laboratorio, la adquisición de conocimientos

científicos y la comprensión de la naturaleza de la ciencia deben ser abordados empleando la metodología de la ciencia, la cual, en términos generales, ha sido percibida desde un punto de vista inductivo (Hodson, 1988, p. 22).

La principal falacia de esta argumentación es que no distingue entre los comportamientos y métodos de un investigador que es experto en el ejercicio de una profesión y los de aquellos alumnos que se están iniciando en la disciplina y que, por tanto, son esencialmente principiantes.

Según Kyle (1980), la indagación científica es una capacidad sistemática de ejercicio investigativo que incorpora habilidades de pensamiento ilimitadas luego de que una persona ha adquirido un conocimiento amplio y crítico sobre un tema en particular a través de los procesos de enseñanza formal. No debe equipararse con los métodos de investigación en la enseñanza de la ciencia, las técnicas pedagógicas de autoinstrucción o las técnicas de enseñanza abierta. Los educadores que confunden ambos métodos son responsables del uso inadecuado de la indagación como un paradigma sobre el cual se basa una estrategia instruccional.

Por último, al advertir que la principal iniciativa para mejorar la enseñanza de las ciencias en la enseñanza secundaria en las décadas de 1950 y 1960 no cumplió con las expectativas, Novak (1988) llegó al extremo de sugerir que el principal obstáculo que dificultaba el "revolucionario mejoramiento de la enseñanza de las ciencias (...) era la epistemología obsoleta en que se fundamenta el énfasis de la ciencia orientada a la 'indagación'" (pp. 79-80).

## INVESTIGACIONES QUE COMPARAN LA INSTRUCCIÓN GUIADA Y LA NO GUIADA

Ninguno de los argumentos y teorizaciones anteriores tendría importancia si existiera un claro corpus de investigaciones, que hayan utilizado experimentos controlados, y que indicaran que la enseñanza no guiada o con guía mínima es más efectiva que la enseñanza guiada. De hecho, como es de esperarse según nuestro conocimiento sobre la cognición humana y las distinciones entre aprender y practicar una disciplina, ocurre precisamente todo lo contrario. Casi todos los experimentos controlados coinciden en señalar que cuando se trabaja con información nueva es preciso indicarles explícitamente a los estudiantes lo que deben hacer y cómo tienen que hacerlo.

En numerosas revisiones de estudios empíricos se ha expuesto una sólida argumentación, basada en investigaciones, contra el uso de la enseñanza con guía mínima. Si bien un análisis a fondo de dichos estudios está fuera del ámbito de este artículo, Mayer (2004) examinó recientemente evidencias de estudios realizados entre 1950 y fines de la década de 1980, en los que se compara el aprendizaje basado puramente en el descubrimiento (definido como una enseñanza no guiada basada en problemas) con modalidades de enseñanza guiada. Mayer sugiere que en cada década desde mediados de los años cincuenta, después de que varios estudios empíricos aportaron evidencias sólidas de que el entonces popular método no guiado era ineficaz, no tardó en surgir una modalidad similar con otro nombre en la cual se repetía el ciclo. Cada una de las nuevas series de partidarios de los métodos no guiados parecía no estar al tanto de las anteriores evidencias en cuanto a que los métodos de enseñanza no guiada no habían sido validados, o bien no les interesaba esa información. Este patrón dio lugar a la aparición del aprendizaje por descubrimiento, luego al aprendizaje experiencial el cual a su vez dio paso al aprendizaje basado en problemas y al aprendizaje por indagación, y

recientemente a las técnicas de educación constructivistas. Mayer (2004) concluyó que "el debate acerca del descubrimiento se ha repetido numerosas veces en el ámbito de la educación, pero cada vez la evidencia de las investigaciones se ha inclinado a favor del método de aprendizaje guiado" (p. 18).

## Investigaciones actuales que respaldan la guía directa

Puesto que los alumnos aprenden tan poco cuando estudian con un método constructivista, la mayoría de los profesores que procuran implementar la enseñanza constructivista en sus clases acaban por proporcionarles a los alumnos un alto grado de guía. Esta percepción se la puede encontrar, por ejemplo, en los estudios de casos cualitativos llevados a cabo por Aulls (2002), quien observó a diversos profesores mientras implementaban actividades constructivistas en sus salas de clases. Él describió el "andamiaje" que la mayoría de los profesores efectivos introducían cuando los alumnos no lograban progresar en un ambiente de aprendizaje por descubrimiento. Aulls observó que los profesores, cuyos alumnos alcanzaban todos sus objetivos de aprendizaje, dedicaban una gran cantidad de tiempo a realizar interacciones instruccionales con los estudiantes,

enseñando simultáneamente los contenidos y proporcionando andamiaje sobre procedimientos relevantes (...), modelando procedimientos para identificar y verificar la información importante de manera autónoma (...), mostrándoles a los alumnos cómo reducir esa información mediante paráfrasis (...), haciendo que los alumnos utilicen notas para elaborar trabajo conjunto y rutinas, y promoviendo un diálogo colaborativo en el contexto de los problemas. (P. 533).

Las evidencias más sólidas aportadas por estudios experimentales adecuadamente diseñados y controlados también respaldan la enseñanza instruccional directa (por ejemplo, Moreno, 2004; Tuovinen y Sweller, 1999). Hardiman, Pollatsek y Weil (1986), al igual que Brown y Campione (1994) advirtieron que cuando los alumnos aprenden ciencias en clases donde se aplican métodos basados puramente en el descubrimiento y donde la retroalimentación es mínima, suelen sentirse desorientados o frustrados, y esa confusión puede llevarlos a formular concepciones erróneas. Otros (por ejemplo, Carlson, Lundy y Schneider, 1992; Schauble, 1990) han descubierto que como los comienzos en falso son un fenómeno común en esos contextos de enseñanza, el descubrimiento no guiado resulta inefectivo en la mayoría de los casos. Moreno (2004) determinó que existe un corpus cada vez mayor de investigaciones que demuestran que los alumnos aprenden más en un ambiente de aprendizaje altamente guiado que en uno de descubrimiento. Chall (2000), McKeough, Lupart, al igual que Marini (1995), Schauble (1990), y Singley y Anderson (1989) llegaron a similares conclusiones. En un estudio muy importante, Klahr y Nigam (2004) no solo trataron de verificar si los alumnos de ciencias aprendían más mediante el aprendizaje por descubrimiento en comparación con la enseñanza directa, sino además si la calidad de este era distinta una vez que el aprendizaje había tenido lugar. En particular, evaluaron si los estudiantes que habían aprendido por descubrimiento eran más capaces de transferir los contenidos asimilados a nuevos contextos. Sus resultados fueron inequívocos. La enseñanza directa, que es altamente guiada y que incluye ejemplos, se tradujo en un aprendizaje mucho más extenso que el adquirido mediante la enseñanza por descubrimiento. En los escasos alumnos que sí

aprendieron a través de la enseñanza por descubrimiento no se observó ningún indicio de que su aprendizaje hubiera sido de mejor calidad.

**Carga cognitiva.** Sweller y otros (Mayer, 2001; Paas, Renkly Sweller, 2003, 2004; Sweller, 1999, 2004; Winn, 2003) advirtieron que, pese a las presuntas ventajas de los ambientes no guiados para ayudar a los alumnos a entender el significado de materiales de estudio, la teoría de la carga cognitiva sugiere que explorar libremente un ambiente altamente complejo puede imponer una enorme carga sobre la memoria de trabajo, lo cual perjudica el aprendizaje. Esta sugerencia es particularmente importante en el caso de estudiantes principiantes, quienes carecen de esquemas apropiados para integrar la nueva información a sus conocimientos previos. Tuovinen y Sweller (1999) demostraron que la práctica exploratoria (una técnica de descubrimiento) generaba una carga cognitiva mucho mayor y se traducía en un aprendizaje más deficiente que el logrado con el método de ejemplos resueltos. Los estudiantes que contaban con un mayor bagaje de conocimientos no experimentaron un efecto negativo y salieron igualmente beneficiados con ambas modalidades. Mayer (2001) describió una serie amplia de experimentos de enseñanza multimedia que él y sus colegas han diseñado basándose en la teoría de la carga cognitiva de Sweller (1988, 1999) y otras fuentes teóricas de base cognitiva. En la totalidad de los diversos estudios presentados, la enseñanza guiada no solo facilitó un recuerdo más inmediato de los hechos que los métodos no guiados, sino que además permitió una transferencia a más largo plazo y el desarrollo de habilidades para resolución de problemas.

**Ejemplos resueltos.** Un ejemplo resuelto constituye el epítome de una enseñanza altamente guiada, mientras que el descubrimiento de la solución de un problema en un ambiente rico en información corresponde igualmente al epítome del aprendizaje por descubrimiento guiado mínimamente. El "efecto del ejemplo resuelto", el cual se basa en la teoría de la carga cognitiva, se produce cuando los alumnos que estudian resolviendo problemas obtienen resultados inferiores en los exámenes posteriores que los alumnos que estudian ejemplos resueltos de los mismos problemas. En consecuencia, el efecto del ejemplo resuelto, que ha sido replicado numerosas veces, aporta algunas de las evidencias más concluyentes sobre la superioridad de la enseñanza directamente guiada frente a la mínimamente guiada. El hecho de que el efecto se base en experimentos controlados contribuye a aumentar su relevancia.

El efecto del ejemplo resuelto fue demostrado por primera vez por Sweller y Cooper (1985), quienes descubrieron que los alumnos de álgebra aprendían más estudiando ejemplos resueltos que resolviendo problemas equivalentes. Desde esas primeras demostraciones del efecto, este ha sido replicado en numerosas ocasiones empleando una gran variedad de alumnos que estudian igualmente una amplia variedad de materias (Carroll, 1994; Miller, Lehman y Koedinger, 1999; Paas, 1992; Paas y van Merriënboer, 1994; Pillay, 1994; Quilici y Mayer, 1996; Trafton y Reiser, 1993). Para los alumnos principiantes, estudiar ejemplos resueltos constituye una alternativa que siempre será preferible a descubrir o a construir la solución de un problema.

¿Por qué ocurre el efecto del ejemplo resuelto? Su origen puede explicarse recurriendo a la teoría de la carga cognitiva, la cual se funda en la arquitectura cognitiva humana analizada anteriormente. Para resolver un problema es preciso encontrar una solución y su búsqueda requiere nuestra limitada memoria de trabajo. La búsqueda de la solución a un problema es una manera

ineficiente de alterar la memoria a largo plazo, porque se está utilizando la memoria de trabajo para encontrar la solución a un problema, no en alterar la memoria a largo plazo. De hecho, la búsqueda de la solución a un problema puede funcionar perfectamente sin ningún tipo de aprendizaje (Sweller, 1988). Así pues, dicha búsqueda produce una sobrecarga en la limitada memoria de trabajo y requiere el empleo de recursos en actividades no relacionadas con el aprendizaje. Como consecuencia de lo anterior, puede suceder que los alumnos participen en actividades de resolución de problemas durante largos períodos de tiempo, y que no aprendan casi nada (Sweller y otros, 1982).

En cambio, el hecho de estudiar un ejemplo resuelto permite reducir la carga que recae sobre la memoria de trabajo (porque la búsqueda se reduce o se elimina) y dirige la atención (es decir, dirige los recursos de la memoria de trabajo) hacia el aprendizaje de las relaciones esenciales entre los pasos para resolver un problema. Los alumnos aprenden a reconocer los pasos necesarios para resolver determinados problemas, lo cual constituye la base para adquirir los esquemas que nos permiten resolver problemas (Chi, Glaser y Rees, 1982). Cuando se los compara con alumnos que han resuelto problemas en lugar de estudiar ejemplos resueltos, se obtiene el efecto del ejemplo resuelto.

Hay condiciones bajo las cuales el efecto del ejemplo resuelto no puede conseguirse. En primer lugar, resulta inviable cuando los propios ejemplos resueltos están estructurados de tal manera que imponen una enorme carga cognitiva. Dicho de otro modo, resulta perfectamente posible elaborar ejemplos resueltos que imponen una carga cognitiva tan abrumadora como la producida por los intentos de aprender descubriendo la solución de un problema (Tarmizi y Sweller, 1988; Ward y Sweller, 1990). En segundo lugar, el efecto del ejemplo resuelto primero desaparece y luego se invierte a medida que aumenta la experticia de los estudiantes. La resolución de problemas solo se torna relativamente efectivo cuando los alumnos han acumulado la experticia suficiente de manera que estudiar un ejemplo resuelto constituye para ellos una actividad redundante que aumenta la carga de la memoria de trabajo en comparación con el esfuerzo necesario para generar una solución conocida (Kalyuga, Chandler, Tuovinen & Sweller, 2001). Este fenómeno es un ejemplo del efecto inverso de la experticia (Kalyuga, Ayres, Chandler, & Sweller, 2003). Este efecto subraya la importancia de proporcionar un alto grado de guía a los principiantes en un área, ya que no cuentan en su memoria a largo plazo con conocimientos suficientes que les permitan evitar búsquedas improductivas de soluciones a un problema. Esa guía puede reducirse solo cuando se haya acumulado un bagaje de experticia suficiente que permita que los conocimientos almacenados en la memoria a largo plazo tomen el relevo de la guía externa.

**Fichas de proceso.** Otra manera de guiar la enseñanza consiste en emplear fichas de proceso (Van Merriënboer, 1997). Dichas fichas proporcionan una descripción de las etapas por las que hay que pasar cuando resolvemos el problema, al igual que las pistas o reglas generales que podrían ser de utilidad para lograr completar cada etapa. Los alumnos pueden consultar la ficha de proceso mientras están realizando las tareas de aprendizaje y pueden emplearla para tomar nota de los resultados inmediatos del proceso de resolución del problema.

Por ejemplo, Nadolski, Kirschner y van Merriënboer (2005) estudiaron los efectos de las fichas de proceso en un grupo de estudiantes de derecho y descubrieron que la disponibilidad de esas herramientas influía positivamente en el desempeño de las



tareas de aprendizaje, y además reveló un mayor grado de coherencia y una mayor precisión en el contenido del caso judicial en que estaban trabajando. Los alumnos que recibieron una guía mediante fichas de proceso exhibieron un mejor desempeño que aquellos a los que se les pidió descubrir por su cuenta los procedimientos adecuados.

## INVESTIGACIÓN SOBRE MODELOS EDUCATIVOS QUE APOYAN LA INSTRUCCIÓN CON GUÍA MÍNIMA EN AMBIENTES DIVERSOS

Habiendo discutido tanto la arquitectura cognitiva humana responsable del aprendizaje, así como las investigaciones actuales que respaldan la enseñanza directa y guiada, en esta sección nos referiremos a varios de los modelos educativos alternativos que consideran y utilizan la instrucción mínimamente guiada como un enfoque para el aprendizaje y la enseñanza.

### El aprendizaje experiencial en acción

Kolb (1971), al igual que Kolb y Fry (1975), sostienen que el proceso de aprendizaje suele iniciarse cuando una persona realiza una determinada acción, y luego observa o descubre el efecto de esa acción en esta situación. El segundo paso consiste en comprender esos efectos en la circunstancia particular, de modo que si la misma acción fuera realizada en circunstancias similares sería posible anticipar sus consecuencias. Empleando este patrón, el tercer paso sería comprender el principio general dentro del cual se inscribe la circunstancia particular. Los investigadores también sugieren una serie de estilos de aprendizaje que, según su hipótesis, influirían en la manera en que los estudiantes aprovechan las situaciones experienciales.

Los intentos por validar el aprendizaje y los estilos de aprendizaje de tipo experiencial (Kolb, 1971, 1984, 1999) al parecer no han concluido con pleno éxito. Por ejemplo, en "un metaanálisis de 101 estudios cuantitativos sobre el inventario de estilos de aprendizaje, seleccionados de 275 tesis y 624 artículos que correspondían a estudios cualitativos, teóricos y cuantitativos sobre la teoría del aprendizaje experiencial y el inventario de estilos de aprendizaje de Kolb" (Kolb, Boyatzis y Mainemelis, 2001, p. 20), Iliff (1994) señala que las correlaciones encontradas fueron bajas ( $< .5$ ) y de magnitudes de efecto que van de débiles (.2) a medianas (.5). Iliff concluyó que la magnitud de estas estadísticas no era suficiente para cumplir con estándares de validez predictiva que respalden el empleo de medidas o métodos experienciales para la capacitación en el trabajo. De igual manera, Ruble y Stout (1993), citando una serie de estudios llevados a cabo entre 1980 y 1991, concluyeron que el inventario de estilos de aprendizaje de Kolb (KLSI-1976; Kolb, 1976) ofrece un bajo nivel de confiabilidad test-retest, que existe una escasa o nula correlación entre factores que deberían correlacionarse con la clasificación de los estilos de aprendizaje, y que no existe un consenso general respecto de su utilidad, particularmente para fines de investigación.

Roblyer (1996) y Perkins (1991) analizaron evidencias de métodos pedagógicos con guía mínima en el diseño instruccional y estudios de tecnología instruccional. Ambos investigadores concluyeron que la evidencia disponible no respalda el empleo de la enseñanza guiada mínimamente y mencionan la necesidad de

aplicar alguna modalidad con un mayor grado de guía para lograr tanto un aprendizaje como una transferencia efectiva.

### Diferencias individuales en el aprendizaje según el tipo de enseñanza

Los enfoques constructivistas de la enseñanza se basan, en parte, en una preocupación de que las diferencias individuales puedan llegar a moderar el impacto de la enseñanza. Esta inquietud ha sido compartida por un amplio corpus de estudios sobre la interacción habilidad-tratamiento en los que se trata de determinar si los efectos de los distintos métodos instruccionales están influidos por las habilidades y las características de los estudiantes (por ejemplo, Cronbach & Snow, 1977; Kyllonen & Lajoie, 2003; Snow, Corno & Jackson, 1996). Gran parte de estos trabajos proporcionan un claro precedente del efecto inverso de la experticia analizado anteriormente, según el cual los métodos instruccionales que resultan efectivos para los alumnos principiantes se tornan menos efectivos a medida que aumenta el bagaje de experticia.

En una revisión de investigaciones sobre la interacción habilidad-tratamiento efectuada por Cronbach y Snow (1977) se describen una serie de interacciones ordinales y no ordinales que se replicaron entre diversos métodos instruccionales y habilidades. Según Kyllonen y Lajoie, uno de los hallazgos más comunes en materia de la interacción habilidad-tratamiento es "que los tratamientos más intensos beneficiaban a los estudiantes menos aventajados y los tratamientos más débiles beneficiaban a los estudiantes más aventajados" (p. 82). En esta conclusión se anticipaba lo que actualmente se conoce como el efecto de andamiaje.

En los métodos instruccionales descritos por Cronbach y Snow (1977), los tratamientos más intensos implicaban el uso de presentaciones instruccionales altamente estructuradas que proveían una organización explícita de la información y apoyo para el aprendizaje. Los tratamientos más débiles eran relativamente desestructurados, y por tanto, prestaban un apoyo mucho menor al aprendizaje. Los criterios para la medición de habilidades utilizados en la investigación revisada por Cronbach y Snow eran variados, pero por lo general consistían en la medición de conocimientos sobre una determinada materia y en medidas de la capacidad cristalizada y capacidad fluida. Snow y Lohman (1984) promovieron la realización de investigaciones que tuvieran el fin de comprender los procesos cognitivos requeridos para objetivos de aprendizaje específicos. Ellos sostenían que era necesario preocuparse de describir los procesos cognitivos necesarios para aprender los tipos específicos de tareas, cómo esos procesos se reflejan en las habilidades de los alumnos y cómo las características de los tratamientos instruccionales podrían compensar las deficiencias de los alumnos que posean en menor grado una habilidad relevante al aportar los procesos cognitivos necesarios que les ayuden a alcanzar los objetivos de aprendizaje y de transferencia.

### Saber menos después de la enseñanza

Clark (1989) describió un conjunto de resultados relacionados al paradigma de investigación sobre la interacción habilidad-tratamiento. El investigador revisó aproximadamente 70 estudios de interacción habilidad-tratamiento y describió varios experimentos en los que alumnos de menor rendimiento

escogieron, o se les asignó, un tratamiento de enseñanza no guiada y menos intensa, obtuvieron puntajes considerablemente más bajos en las mediciones post-tests que en los pre-tests. A juicio de Clark, el hecho de que no se prestara un apoyo pedagógico sólido a los alumnos con menor experticia o menos aventajados se podría traducir de hecho en una pérdida de aprendizaje cuantificable. Los niveles educativos representados en los estudios revisados variaban desde la enseñanza primaria hasta el nivel universitario y laboral, e incluían una diversidad de tipos de problemas y tareas. Aún más inquietante resulta la evidencia presentada por Clark (1982), según la cual, cuando se les pedía a los alumnos que escogieran entre una modalidad más guiada y otra menos guiada del mismo curso, los estudiantes menos aventajados que optaban por el método menos guiado tendían a sentirse a gusto estudiando en él, aunque aprendieran menos. Por su parte, los alumnos de mejor rendimiento que decidieron estudiar bajo modalidades más estructuradas se sentían por lo general a gusto; sin embargo, su rendimiento era inferior al que hubieran podido alcanzar de haber estudiado en versiones menos estructuradas, aunque no se vieron afectados por una pérdida de aprendizaje después de recibir la enseñanza. Según la hipótesis de Clark, los componentes más efectivos de los tratamientos ayudan a los alumnos menos experimentados al proporcionarles estrategias de aprendizaje orientadas a las tareas específicas insertas en presentaciones instruccionales. En estas estrategias, los alumnos deben realizar un esfuerzo explícito que requiere prestar atención, de modo que por lo general no son las preferidas, aun cuando contribuyen al aprendizaje. El investigador sugiere que los alumnos más aventajados han adquirido estrategias de aprendizaje implícitas y asociadas a tareas específicas que resultan más eficaces para ellos que aquellas insertas en las versiones estructuradas del curso. Clark aporta evidencias que sugieren que los alumnos de mayor rendimiento que escogen la versión más guiada de un curso lo hacen porque consideran que de ese modo lograrán asimilar los contenidos requeridos con un mínimo esfuerzo. Los estudios descritos por Woltz (2003) constituyen un ejemplo de investigación reciente y positivo sobre la interacción habilidad-tratamiento en la que se examina el procesamiento cognitivo necesario para las tareas de aprendizaje. El investigador aporta evidencias de que un mismo alumno podría beneficiarse tanto de los tratamientos más intensos como de los más débiles dependiendo del tipo de resultado de aprendizaje y transferencia que se desee obtener.

### Evidencia empírica acerca del aprendizaje en ciencias mediante enseñanza no guiada

El trabajo de Klahr y Nigam (2004), analizado previamente, demostró inequívocamente las ventajas de la enseñanza directa en las clases de ciencias. Existe un enorme cúmulo de evidencia en este sentido. En una serie de revisiones efectuadas por la Academia Nacional Estadounidense de Ciencias se han descrito recientemente los resultados de experimentos que aportan evidencia respecto de las consecuencias negativas de las clases no guiadas de ciencias en todos los niveles etarios y en una variedad de contenidos de ciencias y matemáticas. McCray, DeHaan y Schuck (2003) revisaron estudios y experiencias prácticas en la enseñanza de alumnos universitarios de pregrado de ingeniería, tecnología, ciencias y matemáticas. Por su parte, Gollub, Berthenthal, Labov y Curtis (2003) revisaron estudios y experiencias en relación con la enseñanza de ciencias y matemáticas en la educación secundaria. Kilpatrick, Swafford y

Findell (2001) dieron a conocer los estudios y formularon sugerencias respecto de la enseñanza de matemáticas en la educación primaria e intermedia. Cada una de estas publicaciones, al igual que otras provenientes de la Academia Nacional Estadounidense de Ciencias, documentan ampliamente la falta de evidencia que avale los métodos no guiados, al igual que las ventajas de una instrucción altamente guiada. La mayoría de ellos aportan un conjunto de principios instruccionales para profesores, los cuales se basan en investigaciones bien documentadas. Estos informes fueron elaborados en parte debido a la deplorable situación de la enseñanza de las ciencias y de las matemáticas en Estados Unidos. Por último, en consonancia con las conclusiones sobre la interacción habilidad-tratamiento y el efecto inverso de la experticia, Roblyer, Edwards y Havriluk (1997) señalan que los profesores han constatado que el aprendizaje por descubrimiento solo da resultado cuando los alumnos cuentan con los conocimientos previos requeridos y han pasado previamente por algunas experiencias estructuradas.

### Investigaciones sobre el aprendizaje basado en problemas en el área de la medicina

En definitiva, la falta de claridad respecto de la diferencia entre aprender una disciplina e investigar en ese campo, junto con la prioridad asignada a la observación objetiva dentro de la mejor tradición inductivista y empirista, ha llevado a muchos educadores a abogar en favor de un método basado en problemas como modalidad para enseñar una disciplina (Allen, Barker y Ramsden, 1986; Anthony, 1973; Barrows y Tamblyn, 1980; Obioma, 1986). El aprendizaje basado en problemas (ABP) no solo parece vincular con la teoría de, por ejemplo, la filosofía de la ciencia, sino que además encaja perfectamente en las posturas progresistas centradas en el alumno que hacen hincapié en la experiencia directa y en la indagación individual. Cawthron y Rowell (1978) señalaron que todo parece coincidir. La lógica del conocimiento y la psicología del conocimiento se fusionan bajo el término genérico *descubrimiento*. ¿Por qué, se preguntan los investigadores, los educadores deberían buscar más allá de la tradicional explicación inductivista y empirista del proceso?

En un intento por rescatar a los alumnos de medicina de las clases expositivas y de los exámenes en que hay que recordar contenidos memorizados, alrededor de 60 escuelas de medicina norteamericanas han adoptado el ABP durante las dos últimas décadas. Esta variante de la enseñanza constructivista con una guía mínima, introducida en 1969 en la Escuela de Medicina de la Universidad McMaster, le pide a los alumnos de medicina que trabajen en grupos a fin de diagnosticar y sugerir tratamientos para afecciones que comúnmente aquejan a los pacientes. Los grupos de alumnos que aprenden con ABP son supervisados por un miembro del cuerpo docente clínico a quien se le ha indicado que no debe resolver los problemas por los alumnos sino, en cambio, ofrecer alternativas y sugerir fuentes de información.

El estudio más conocido de las comparaciones del ABP con la enseñanza convencional en escuelas de medicina fue realizado por Albanese y Mitchell (1993). Su metaanálisis de la bibliografía en lengua inglesa sobre la efectividad del ABP arrojó numerosas conclusiones respecto de su impacto negativo, entre ellas puntajes más bajos en exámenes sobre conocimientos científicos elementales, la inexistencia de diferencias en las selecciones de residencia y más horas de estudio diarias. Los investigadores indican que, si bien los alumnos en un sistema de ABP obtienen mejores puntajes por su desempeño clínico, también solicitan una

cantidad notoriamente mayor de exámenes innecesarios, lo cual se traduce en un costo mucho mayor por paciente y en una disminución de los beneficios. En su revisión se indica que el aumento de los puntajes en las evaluaciones de la práctica clínica puede obedecer al hecho de que a los alumnos que estudian en un sistema de ABP se les exige pasar más tiempo en un ambiente clínico.

Berkson (1993) también revisó gran parte de las publicaciones sobre el ABP, y llegó a conclusiones que coincidieron en su mayor parte con las de Albanese y Mitchell (1993). La investigadora revisó los estudios en que se comparaba la capacidad de los alumnos de resolver problemas, los cuales estudiaban en un sistema de ABP con la misma habilidad exhibida por alumnos formados con un sistema convencional, y no encontró ninguna evidencia de que pudiera existir alguna diferencia, por lo que no logró replicar la ventaja clínica descubierta por Albanese y Mitchell. Colliver (2000) revisó los estudios existentes en que se compara la efectividad del ABP en la medicina con la de los currículos de las escuelas de medicina convencionales. Concluyó que los estudios sobre el ABP demuestran la existencia de un efecto no estadístico en el desempeño durante los dos primeros años de estudio de los alumnos de medicina en pruebas estandarizadas o en pruebas diseñadas por los instructores. También ha sido de importancia para los profesores de medicina una conclusión que se repite en los resúmenes de las investigaciones en cuanto a que el ABP no es más efectivo, pero sí más costoso que la enseñanza tradicional. Por supuesto, que algunos partidarios del ABP son conscientes de sus limitaciones. Es así como Hmelo-Silver (2004) pone abiertamente en duda la validez general de esta. Según esta investigadora,

Ciertos aspectos del modelo de ABP deberían adaptarse al nivel de desarrollo de los alumnos (...) probablemente exista un espacio para la enseñanza directa en la modalidad de "justo a tiempo". Dicho de otro modo, cuando los alumnos se encuentran lidiando con un problema y se ven enfrentados a la necesidad de utilizar determinados tipos de conocimientos, una clase presencial en el momento oportuno puede resultar beneficiosa (...) algunas técnicas como la facilitación procedimental, la cooperación guiada y los diarios estructurados pueden resultar ser herramientas útiles cuando se trata de trasladar el ABP a otros entornos. (pp. 260-261).

Dos de los principales componentes del ABP son la enseñanza explícita de estrategias de resolución de problemas empleando el método de razonamiento hipotético-deductivo (Barrows y Tamblyn, 1980) y la enseñanza del contenido básico en el contexto de una situación o un caso específico. Sus partidarios sostienen que la educación centrada en problemas es superior a la educación convencional. Los alumnos a los que se les inculcan habilidades para la resolución de problemas, en especial mediante el uso del método hipotético-deductivo, y a los que se les plantean problemas para que practiquen esas habilidades, aprenden de un modo más significativo. Se supone que como los estudiantes están en contacto con ejercicios para resolver problemas desde el principio, tienen más oportunidades para practicar esas habilidades, y que al aplicar explícitamente el método hipotético-deductivo aprenden a analizar los problemas y a buscar explicaciones, con lo que mejora su comprensión de los problemas clínicos (Norman y Schmidt, 1992). Patel y otros colegas argumentan que el método hipotético-deductivo puede no ser la herramienta más eficiente para resolver los problemas clínicos

(Patel y Groen, 1986; Patel, Arocha, y Kaufman, 1994).

En el ámbito médico, Patel, Groen y Norman (1993) demostraron que la enseñanza de ciencias elementales en un contexto clínico puede tener la desventaja de que una vez que se contextualiza el conocimiento sobre ciencias elementales resulta difícil separarlo de los problemas clínicos específicos en los que ha sido integrado. Los investigadores demostraron que los alumnos formados con un currículum de ABP no lograban separar los conocimientos científicos elementales de los conocimientos clínicos específicos asociados a pacientes determinados. Aun cuando los alumnos bajo la metodología ABP formulaban explicaciones más elaboradas, ofrecían menos explicaciones coherentes y cometían más errores. Si a los alumnos les cuesta separar los conocimientos biomédicos que han adquirido de los casos clínicos particulares asociados a dichos conocimientos, no resulta sorprendente que cuando se les plantea un problema distinto apliquen algunos conocimientos biomédicos que no vienen al caso.

La situación anterior parece persistir después de la formación. En un estudio sobre el efecto de la formación de pregrado con el sistema de ABP, en comparación con un currículum convencional, en el desempeño de los residentes cuando se trata de organizar los conocimientos clínicos y biomédicos y emplear estrategias de razonamiento, Arocha y Patel (1995) constataron que los participantes formados con el sistema de ABP conservaban el patrón de razonamiento orientado hacia atrás, pero no parecían adquirir la habilidad de razonar hacia adelante, que es la característica distintiva de los expertos. Este hallazgo indica que algún elemento del ABP podría entorpecer el desarrollo del patrón de razonamiento hacia adelante.

Los expertos emplean el reconocimiento de patrones basado en esquemas para determinar la causa de la enfermedad que aqueja a un paciente. Según Elstein (1994), la organización de los conocimientos y la adquisición de esquemas son más importantes para el desarrollo de la experiencia que el uso de determinados métodos para resolver problemas. A este respecto, las investigaciones cognitivas han demostrado que para transformarse en expertos en un área los alumnos deben adquirir los esquemas necesarios que les permitan interpretar la información de manera significativa y eficiente e identificar la estructura de los problemas. Los esquemas permiten lograr este objetivo al servir de guía para seleccionar la información pertinente y descartar la información irrelevante.

Arocha y Patel (1995) concluyeron que los resultados negativos

pueden explicarse por el efecto de división de los recursos de atención y por la sobrecarga de la memoria de trabajo producto de la adquisición de esquemas durante la resolución de problemas. Al resolver problemas clínicos, los estudiantes deben prestar atención a las actuales hipótesis de diagnóstico, a los datos aportados por el problema que se les plantea, y a cualquier hipótesis intermedia entre el diagnóstico y los datos del paciente (por ejemplo, un proceso patofisiológico subyacente a los signos y síntomas). Si consideramos que se ha generado más de una hipótesis, los recursos cognitivos necesarios para mantener esta información en la memoria de trabajo deben ser de tal magnitud que quedarán pocos recursos cognitivos para adquirir los esquemas del problema. Si bien es posible resolver los problemas empleando el método hipotético-deductivo, la escasez de recursos de atención y de memoria puede dificultar la capacidad de los alumnos para asimilar adecuadamente los esquemas del problema. Como se descubrió en este estudio, es posible

hipotetizar que una de las razones por las que los alumnos que han estudiado con un currículum de aprendizaje basado en problemas no son capaces de adquirir un estilo razonamiento orientado hacia adelante, sería el empleo de estrategias para la resolución de problemas, por ejemplo, el método hipotético-deductivo, como estrategia de aprendizaje.

Lo anterior coincide absolutamente con nuestro planteamiento de que no hay que confundir la epistemología de una disciplina con una pedagogía para enseñarla o aprenderla. Practicar una profesión no es lo mismo que aprender a practicar esa profesión.

## CONCLUSIONES

Tras medio siglo de promoción de la enseñanza con guía mínima, tal parece que no existe ningún corpus de investigaciones que respalden el uso de esa técnica. Prácticamente la totalidad de la evidencia existente respalda el empleo de la instrucción directa y fuertemente guiada y no la mínimamente guiada con base constructivista para la enseñanza de estudiantes desde el nivel principiante hasta el nivel intermedio. Se ha descubierto que, incluso para los alumnos que cuentan con un bagaje considerable de conocimientos previos, la instrucción guiada durante el aprendizaje es igualmente eficaz que los métodos no guiados. La enseñanza no guiada no solo resulta ser, por lo general, menos efectiva, sino que además existe evidencia de que puede tener resultados negativos cuando los alumnos forman concepciones erróneas o adquieren conocimientos incompletos o desorganizados.

Aun cuando las razones que expliquen la actual popularidad de una propuesta errónea no están claras, los orígenes del apoyo a la enseñanza con guía mínima en la formación científica y en la formación médica podrían encontrarse en las reformas al currículum de ciencias durante la era post-Sputnik (1957-1980), tales como el Estudio del Currículum de Ciencias Biológicas, el Estudio del Material para las Clases de Química y el Comité para el Estudio de las Ciencias Físicas. En ese entonces, los educadores abandonaron la enseñanza de una disciplina como un bagaje de conocimientos para abrazar el supuesto de que los conocimientos pueden ser adquiridos más eficazmente, o solo pueden ser adquiridos, a través de la experiencia basada únicamente en los procedimientos de la disciplina. Este punto de vista parece haber conducido a un trabajo práctico no guiado o a un trabajo basado en proyectos, y al rechazo de la enseñanza basada en los datos, leyes, principios y teorías que conforman el contenido de una disciplina. El énfasis en la aplicación práctica de lo que está siendo aprendido parece muy positivo. Aun así, puede ser un error suponer que el contenido pedagógico de la experiencia de aprendizaje es idéntico a los métodos y procesos (es decir, a la epistemología) de la disciplina que se aprende o considerar que la enseñanza debería concentrarse exclusivamente en la aplicación. Resulta lamentable que las actuales posturas constructivistas hayan adquirido un carácter ideológico y a menudo se opongan epistemológicamente a la exposición y la explicación de los conocimientos. Como consecuencia de lo anterior, es fácil compartir la perplejidad de Handelsman y otros (2004), quienes, cuando analizan la enseñanza de las ciencias, se preguntan: "¿Por qué los científicos connotados que exigen pruebas rigurosas que respalden las afirmaciones científicas en su investigación continúan usando e incluso defendiendo métodos de enseñanza que no son los más efectivos basándose en el sesgo de la sola

intuición?" (p. 521). Tampoco cuesta coincidir con la recomendación de Mayer (2004) de que "traslademos las iniciativas de reforma educativa desde el mundo confuso e improductivo de la ideología, el cual a veces se oculta detrás de varias banderas de constructivismo, hacia el mundo nítido y productivo de la investigación con base teórica sobre la manera en que la gente aprende" (p. 18).

## REFERENCIAS

- Albanese, M. y Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of the literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68, 52–81.
- Allen, J. B., Barker, L. N. y Ramsden, J. H. (1986). Guided inquiry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 63, 533–534.
- Anderson, J. R. (1996). ACT: A simple theory of complex cognition. *American Psychologist*, 51, 355–365.
- Anthony, W. S. (1973). Learning to discover rules by discovery. *Journal of Educational Psychology*, 64, 325–328.
- Arocha, J. F. y Patel, V. L. (1995). Novice diagnostic reasoning in medicine: Accounting for clinical evidence. *Journal of the Learning Sciences*, 4, 355–384.
- Atkinson, R. y Shiffrin, R. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. En K. Spence y J. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 89–195). Nueva York: Academic.
- Aulls, M. W. (2002). The contributions of co-occurring forms of classroom discourse and academic activities to curriculum events and instruction. *Journal of Educational Psychology*, 94, 520–538.
- Ausubel, D. P. (1964). Some psychological and educational limitations of learning by discovery. *The Arithmetic Teacher*, 11, 290–302.
- Barrows, H. S. y Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. Nueva York: Springer.
- Berkson, L. (1993). Problem-based learning: Have the expectations been met? *Academic Medicine*, 68 (Suppl.), S79–S88.
- Bernstein, D. A., Penner, L. A., Clarke-Stewart, A., Roy, E. J. y Wickens, C. D. (2003). *Psychology* (6th ed.). Boston: Houghton-Mifflin.
- Boud, D., Keogh, R. y Walker, D. (Eds.). (1985). *Reflection: Turning experience into learning*. Londres: Kogan Page.
- Brown, A. y Campione, J. (1994). Guided discovery in a community of learners. En K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229–270). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Bruner, J. S. (1961). The art of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21–32.
- Carlson, R. A., Lundy, D. H. y Schneider, W. (1992). Strategy guidance and memory aiding in learning a problem-solving skill. *Human Factors*, 34, 129–145.
- Carroll, W. (1994). Using worked examples as an instructional support in the algebra classroom. *Journal of Educational Psychology*, 86, 360–367.
- Cawthron, E. R. y Rowell, J. A. (1978). Epistemology and science education. *Studies in Science Education*, 5, 51–59.
- Chall, J. S. (2000). *The academic achievement challenge*. Nueva York: Guilford.
- Chase, W. G. y Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4, 55–81.
- Chi, M., Glaser, R. y Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. En R. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 7–75). Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Clark, R. E. (1982). Antagonism between achievement and enjoyment in ATI studies. *Educational Psychologist*, 17, 92–101.
- Clark, R. E. (1989). When teaching kills learning: Research on mathematichants. En H. N. Mandl, N. Bennett, E. de Corte, y H. F. Friedrich (Eds.), *Learning and instruction: European research in an international context* (Vol. 2, pp. 1–22). Londres: Pergamon.
- Clark, R. E. y Estes, F. (1998). Technology or craft: What are we doing? *Educational Technology*, 38(5), 5–11.
- Clark, R. E. y Estes, F. (1999). The development of authentic educational

- technologies. *Educational Technology*, 37(2), 5–16.
- Colliver, J. A. (2000). Effectiveness of problem-based learning curricula: Research and theory. *Academic Medicine*, 75, 259–266.
- Cooper, G. y Sweller, J. (1987). The effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 79, 347–362.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87–114.
- Craig, R. (1956). Directed versus independent discovery of established relations. *Journal of Educational Psychology*, 47, 223–235.
- Cronbach, L. J. y Snow, R. E. (1977). *Habilidades and instructional methods: A handbook for research on interactions*. Nueva York: Irvington.
- De Groot, A. D. (1965). *Thought and choice in chess*. La Haya, Países Bajos: Mouton. (La obra original fue publicada en 1946)
- Dehoney, J. (1995). Cognitive task analysis: Implications for the theory and practice of instructional design. *Actas de La Convención Nacional Anual de la Asociación para las Comunicaciones y la Tecnología Educativas (Association for Educational Communications and Technology - AECT)*, 113–123. (No. ED 383 294 del Servicio de Reproducción de Documentos del Centro de Información sobre Recursos Educativos (Educational Resources Information Center - ERIC).
- Egan, D. E. y Schwartz, B. J. (1979). Chunking in recall of symbolic drawings. *Memory and Cognition*, 7, 149–158.
- Elstein, A. S. (1994). What goes around comes around: Return of the hypothetico-deductive strategy. *Teaching and Learning in Medicine*, 6, 121–123.
- Ericsson, K. A. y Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211–245.
- Estes, F. y Clark, R. E. (1999). Authentic educational technologies: The lynchpin between theory and practice. *Educational Technology*, 37(6), 5–13.
- Glaser, R. (1987). Further notes toward a psychology of instruction. En R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 3, pp. 1–39). Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Gollub, J. P., Berthenthal, M., Labov, J. y Curtis, C. (Eds.). (2003). *Learning and understanding: Improving advanced study of mathematics and science in U.S. high schools*. Washington, DC: National Academies Press.
- Handelsman, J., Egert-May, D., Beichner, R., Bruns, P., Change, A., DeHaan, R. y otros (2004). Scientific teaching. *Science*, 304, 521–522.
- Hardiman, P., Pollatsek, A. y Weil, A. (1986). Learning to understand the balance beam. *Cognition and Instruction*, 3, 1–30.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16, 235–266.
- Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20, 53–66.
- Hurd, P. D. (1969). *New directions in teaching secondary school science*. Chicago, Illinois: Rand McNally.
- Ilf, C. H. (1994). Kolb's learning style inventory: A meta-analysis. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Boston, Boston.
- Jeffries, R., Turner, A., Polson, P. y Atwood, M. (1981). Processes involved in designing software. En J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 255–283). Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Jonassen, D. (1991). Objectivism vs. constructivism. *Educational Technology Research and Development*, 39(3), 5–14.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. y Sweller, J. (2003). Expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38, 23–31.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J. y Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93, 579–588.
- Kilpatrick, J., Swafford, J. y Findell, B. (Eds.). (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academies Press.
- Kirschner, P. A. (1991). *Practicals in higher science education*. Utrecht, Países Bajos: Lemma.
- Kirschner, P. A. (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education. *Science and Education*, 1, 273–299.
- Kirschner, P. A., Martens, R. L. y Strijbos, J.-W. (2004). CSCL in higher education? A framework for designing multiple collaborative environments. En P. Dillenbourg (editor de la serie) y J.-W. Strijbos, P. A.
- Kirschner, y R. L. Martens (editores del volumen), *Computer-supported collaborative learning: Vol. 3. What we know about CSCL ... and implementing it in higher education* (pp. 3–30). Boston, Massachusetts: Kluwer Academic.
- Klahr, D. y Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15, 661–667.
- Kolb, D. A. (1971). *Individual learning styles and the learning process* (documento de trabajo No. 535–71). Cambridge, Massachusetts: Sloan School of Management, Instituto de Tecnología de Massachusetts.
- Kolb, D. A. (1976). *The learning style inventory: Technical manual*. Boston, Massachusetts: McBer.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Prentice-Hall.
- Kolb, D. A. (1999). *Learning Style Inventory, version 3*. Boston: TRG Hay/McBer, Training Resources Group.
- Kolb, D. A., Boyatzis, R. E. y Mainemelis, C. (2001). Experiential learning theory: Previous research and new directions. En R. J. Sternberg y L. Zhang (Eds.), *Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles. The educational psychology series* (pp. 227–247). Mahwah, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Kolb, D. A. y Fry, R. (1975). *Toward an applied theory of experiential learning*. En C. Cooper (Ed.), *Studies of group process* (pp. 33–57). Nueva York: Wiley.
- Kyle, W. C., Jr. (1980). The distinction between inquiry and scientific inquiry and why high school students should be cognizant of the distinction. *Journal of Research on Science Teaching*, 17, 123–130.
- Kyllonen, P. C. y Lajoie, S. P. (2003). Reassessing aptitude: Introduction to a special issue in honor of Richard E. Snow. *Educational Psychologist*, 38, 79–83.
- Mayer, R. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Mayer, R. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59, 14–19.
- McCray, R., DeHaan, R. L. y Schuck, J. A. (Eds.). (2003). *Improving undergraduate instruction in science, technology, engineering, and mathematics: Report of a workshop*. Washington, DC: National Academies Press.
- McKeough, A., Lupart, J. y Marini, A. (Eds.). (1995). *Teaching for transfer: Fostering generalization in learning*. Mahwah, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Miller, C., Lehman, J. y Koedinger, K. (1999). Goals and learning in microworlds. *Cognitive Science*, 23, 305–336.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81–97.
- Moreno, R. (2004). Decreasing cognitive load in novice students: Effects of explanatory versus corrective feedback in discovery-based multimedia. *Instructional Science*, 32, 99–113.
- Nadolski, R. J., Kirschner, P. A. y van Merriënboer, J. J. G. (2005). Optimising the number of steps in learning tasks for complex skills. *British Journal of Educational Psychology*, 75, 223–237.
- Norman, G. R. y Schmidt, H. G. (1992). The psychological basis of problem-based learning: A review of the evidence. *Academic Medicine*, 67, 557–565.
- Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15, 77–101.
- Obioma, G. O. (1986). Expository and guided discovery methods of presenting secondary school physics. *European Journal of Science Education*, 8, 51–56.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84, 429–434.
- Paas, F., Renkl, A. y Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*,

- 38, 1–4.
- Paas, F., Renkl, A. y Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*, 32, 1–8.
- Paas, F. y van Merriënboer, J. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86, 122–133.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Nueva York: Basic Books.
- Patel, V. L., Arocha, J. F. y Kaufman, D. R. (1994). Diagnostic reasoning and expertise. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 31, 137–252.
- Patel, V. L. y Groen, G. J. (1986). Knowledge-based solution strategies in medical reasoning. *Cognitive Science*, 10, 91–116.
- Patel, V. L., Groen, G. J. y Norman, G. R. (1993). Reasoning and instruction in medical curricula. *Cognition and Instruction*, 10, 335–378.
- Perkins, D. N. (1991). Technology meets constructivism: Do they make a marriage? *Educational Technology*, 13, 18–23.
- Peterson, L. y Peterson, M. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193–198.
- Pillay, H. (1994). Cognitive load and mental rotation: Structuring orthographic projection for learning and problem solving. *Instructional Science*, 22, 91–113.
- Quilici, J. L. y Mayer, R. E. (1996). Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. *Journal of Educational Psychology*, 88, 144–161.
- Roblyer, M. D. (1996). The constructivist/objectivist debate: Implications for instructional technology research. *Learning and Leading with Technology*, 24, 12–16.
- Roblyer, M. D., Edwards, J. y Havriluk, M. A. (1997). *Integrating educational technology into teaching* (2nd ed.). Upper Saddle River, Nueva Jersey: Prentice-Hall.
- Ruble, T. L. y Stout, D. E. (1993, March). Learning styles and end-user training: An unwarranted leap of faith. *MIS Quarterly*, 17, 115–117.
- Rutherford, F. J. (1964). The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 80–84.
- Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 31–57.
- Schmidt, H. G. (1983). Problem-based learning: Rationale and description. *Medical Education*, 17, 11–16.
- Schmidt, H. G. (1998). Problem-based learning: Does it prepare medical students to become better doctors? *The Medical Journal of Australia*, 168, 429–430.
- Schmidt, H. G. (2000). Assumptions underlying self-directed learning may be false. *Medical Education*, 34, 243–245.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14.
- Shulman, L. S. y Hutchings, P. (1999, September–October). The scholarship of teaching: New elaborations, new developments. *Change*, 11–15.
- Shulman, L. y Keisler, E. (Eds.). (1966). *Learning by discovery: A critical appraisal*. Chicago: Rand McNally.
- Singley, M. K. y Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skill*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Snow, R. E., Corno, L. y Jackson, D. N., III. (1994). Individual differences in conation: Selected constructs and measures. En H. F. O’Neil y M. Drillings (Eds.), *Motivation: Theory and research* (pp. 71–99). Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Snow, R. E., Corno, L. y Jackson, D. (1996). Individual differences in affective and conative functions. En D. Berliner y R. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 243–310). Nueva York: Simon & Schuster.
- Snow, R. E. y Lohman, D. F. (1984). Toward a theory of cognitive habilidade for learning from instruction. *Journal of Educational Psychology*, 76, 347–376.
- Steffe, L. y Gale, J. (Eds.). (1995). *Constructivism in education*. Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285.
- Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell, Australia: ACER Press.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. En B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 43, pp. 215–266). San Diego, CA: Academic.
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32, 9–31.
- Sweller, J. y Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2, 59–89.
- Sweller, J., Mawer, R. y Howe, W. (1982). The consequences of history-cued and means-ends strategies in problems solving. *American Journal of Psychology*, 95, 455–484.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. y Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–296.
- Tarmizi, R. y Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80, 424–436.
- Trafton, J. G. y Reiser, R. J. (1993). The contribution of studying examples and solving problems to skill acquisition. En M. Polson (Ed.), *Actas de la Decimoquinta Conferencia Anual de la Sociedad de Ciencia Cognitiva* (pp. 1017–1022). Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Tuovinen, J. E. y Sweller, J. (1999). A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 91, 334–341.
- Van Joolingen, W. R., de Jong, T., Lazonder, A. W., Savelsbergh, E. R. y Manlove, S. (2005). Co-Lab: Research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior*, 21, 671–688.
- Van Merriënboer, J. J. G. (1997). *Training complex cognitive skills*. Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Educational Technology Publications.
- Ward, M. y Sweller, J. (1990). Structuring effective worked examples. *Cognition and Instruction*, 7, 1–39.
- Winn, W. (2003). Research methods and types of evidence for research in educational psychology. *Educational Psychology Review*, 15, 367–373.
- Woltz, D. J. (2003). Implicit cognitive processes as aptitudes for learning. *Educational Psychologist*, 38, 95–104.