

Una estrategia de enseñanza para la construcción de conocimiento científico (EDCC)

Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), vol. XXXIII, núm. 3, pp. 93-124

Miguel Ángel Campos Hernández; CESU, UNAM
Sara Gaspar Hernández; FFyL, UNAM
Leticia Cortés Ríos; DGENAM, SEP

I. PROBLEMÁTICA

La enseñanza de conocimiento científico, tanto en las ciencias naturales como en las sociales, es un importante reto educativo. Su abordaje involucra explicaciones complejas, el desarrollo de habilidades analítico-categoriales y estratégico-metodológicas (procedimentales), en un contexto epistemológico e histórico del *hacer ciencia*; es decir, conocimiento conceptual, habilidades científicas y una noción de ciencia, desde una perspectiva que integra práctica, pensamiento abstracto y contexto. Precisamente el carácter abstracto del conocimiento conceptual, su inadecuado tratamiento en clase (Lederman, 1998; Solsona, 2000), y diversos factores contextuales, obstaculizan su aprendizaje, a pesar de su importancia y de que la aproximación constructivista que está permeando la enseñanza en general se centra, además de la actividad reflexiva y el desarrollo de habilidades, precisamente en el conocimiento. Se ha observado sistemáticamente la dificultad que tienen los estudiantes para construir conocimiento científico en el nivel explicativo, que es el nivel epistemológico y metodológico más importante del hacer ciencia y del propio conocimiento científico, en diversos campos de conocimiento y niveles escolares: ciencias naturales en educación básica (6o. grado: Campos *et al.*, 1999), media básica (7o.: Campos, Cortés y Gaspar, 1999; Cortés, 2000), y diversos ciclos de estudios universitarios (Campos, Ruiz y Alucema, 1996; Alucema, 1996); así como en ciencias sociales de nivel universitario (Campos, Alucema y Barahona, 2000; Galicia, 2002; García, 2002; Patrón y Campos, 2002); ade-

más, se ha detectado puntualmente que los estudiantes no poseen concepciones explicativas aceptadas por la ciencia en el campo de la biología en secundaria (Guillén, 1996) y preparatoria (Guillén, 1996; Sánchez, 2000; Hernández, 2002). Los propios maestros no escapan a esta situación, ya que no dan un tratamiento epistemológico adecuado a los temas que tratan o mantienen errores conceptuales importantes (Cortés, 2000). Como se ve, esta situación no es privativa del área de ciencias naturales y matemáticas, como también lo atestiguan Nelson (1997) y Patrick (1997), sino que se presentan también en la enseñanza de las ciencias sociales.

II. ALGUNAS PROPUESTAS ORIENTADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO

Con el propósito de enfrentar esta problemática, el gobierno federal ha planteado directrices y programas de trabajo en ciencias naturales (*Educación Básica...*, 1993), con un enfoque constructivista general. Las actividades curriculares en los primeros nueve grados escolares son muy homogéneas, y en algunas escuelas se siguen lineamientos de los métodos de Decroly, Kilpatrick-Dewey (ambos centrados en el interés y la coestión) y Freinet (experiencia verbal hipotético-deductiva). Existe una gran diversidad en los grados 10o. a 12o.; se pueden encontrar experiencias valiosas de resolución de problemas (habilidades procedimentales) en ciencias naturales y matemáticas (González, 2000; Balderas, 1998).¹

En términos más formales, se han propuesto diversos modelos teóricamente fundamentados y empíricamente aplicados que abordan el conocimiento: a) *diagrama-V* y *mapeo conceptual* de Novak y Gowin (1984), con base en la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel (1973), para integrar preguntas de interés a experiencias metodológicas y la construcción conceptual; aunque el trabajo con el diagrama-V es muy complejo, el mapeo conceptual ha sido muy utilizado en múltiples contextos disciplinarios y escolares, en otras tantas variantes, incluso en nuestro país; b) *conversaciones evaluativas* de Duchsl (1995), centrado en experiencias que producen resultados diversos, con

¹ Es interesante notar que la Asociación Nacional de Profesores de Ciencia de los Estados Unidos estableció guías programáticas en ciencias naturales y matemáticas (de preescolar al 12o.; *Science/Technology...*, 1990). El Consejo Nacional de Investigación de ese país, con la misma perspectiva y cobertura disciplinaria y escolar, estableció un marco global de referencia teórico, sin propuestas concretas (*National Science...*, 1996). Con estas mismas preocupaciones, ha surgido una propuesta general con el propósito de integrar ciencia, tecnología y contexto social (*Science/...* 1990), y otra similar, orientada directamente a los niños (CTC: *Science and Technology...* 1990).

el propósito de discutirlos, analizarlos y sintetizarlos conceptualmente; c) *pensamiento estratégico* de Pressley y sus colegas (Symons *et al.*, 1989), centrado en habilidades analíticas; c) *aprendiz cognitivo*, de Collins y Brown (citado por Wilson y Cole, 1996), que parte de los tipos de aprendizaje (contenido), su relación con los contextos donde se utiliza (simulación del aprendizaje situado), explicaciones científicas (explicación), supervisión de actividades, explicaciones de los estudiantes sobre sus actividades en desarrollo (articulación) y desarrolladas (reflexión), y tratamiento de hipótesis y estrategias (exploración), todo de lo simple a lo complejo (secuencia); d) *comunidades constructoras de conocimiento* de Scardamalia y Bereiter, (1994), que integra el modelo anterior con el aprendizaje colaborativo y tiene el propósito de abordar diferentes tipos de conocimiento mediante juegos; e) *ciclo de aprendizaje* de Karplus y Thier (citado por Crowther, 1999), en el que se involucra a los estudiantes desde la introducción de algún concepto, la exploración al respecto como actividad central del ciclo, y las explicaciones respectivas con base en preguntas; f) *diseño para el aprendizaje* de Gagnon y Collay (2000), en el cual se definen las actividades, el agrupamiento de estudiantes y materiales, el puente entre conocimiento previo y nuevo, las preguntas que organizan los aspectos anteriores, la presentación de consideraciones por parte de los estudiantes sobre su trabajo, y las reflexiones que éstos hacen de las presentaciones de otros; g) *conocimiento, cognición y aprendizaje* de Dufresne, Leonard y Gerace (1995), aunque restringido a la física, se organiza de acuerdo con los tipos de conocimiento, los procesos cognitivos involucrados, y actividades de aprendizaje; h) Pinkerton (1998) desarrolló una estrategia de demostración, discusión, explicación y actividades prácticas, preferentemente en grupo.

Estas estrategias de enseñanza se enfocan en importantes aspectos cognitivos y habilidades científicas, pero no se integran formal y explícitamente los aspectos lógicos y epistemológicos del conocimiento, ni se hace explícito el tratamiento al conocimiento previo, con excepción de los modelos de Novak y Gowin y de Gagnon y Collway. Con el propósito de abordar didácticamente el conocimiento conceptual desde una perspectiva teórica y mediante un procedimiento estratégico explícito anclado en el nivel explicativo y que transita de conocimiento informal a formal (científico) en los ámbitos cognitivo (a partir del análisis), epistemológico (a partir de la descripción) e interactivo (a partir de la conversación), se diseñó la *Estrategia para la Construcción de Conocimiento Científico* (EDCC), que se encuentra sintéticamente en Campos y Gaspar (2003). En este artículo se presenta la EDCC en forma completa y detallada. Las siguientes experiencias, con resultados satisfactorios, son sus antecedentes directos y preparatorios: a) temas de estadística descriptiva en el 10o. grado,

logrando un alto nivel de asimilación (Campos y Rodríguez, 2003); temas de teoría cognitiva en un seminario de posgrado en pedagogía, en el que además del manejo analítico del conocimiento se logró plantear un diseño de investigación general con énfasis en el marco teórico (Campos, 2000); y tema del origen de la vida desde la perspectiva evolutiva en una asignatura del 11o. grado, a partir de lo cual los estudiantes lograron transformaciones conceptuales importantes, incluso en el nivel paradigmático (Campos *et al.*, 2001).

La EDCC es una contribución a la tarea de enseñar conocimiento conceptual como un anclaje para el desarrollo de habilidades analítico-categoriales y estratégico-metodológicas, en un contexto en el que se discute el carácter del *hacer ciencia*. Asimismo, es una contribución a la discusión sobre el trabajo didáctico y curricular. Se basa en la articulación de teorías generales de nivel epistemológico, cognitivo y sociocultural (interacción social y contexto), con teorías intermedias sobre comprensión y construcción de categorías desde una perspectiva sociolingüística (véase el apartado de Marco teórico). Opera con base en la selección de contenido y la síntesis lógico-conceptual con niveles epistemológicos explícitos de acuerdo con la estructura categorial de la temática disciplinaria que se desea enseñar (véase el apartado de Estrategia). La EDCC se ha aplicado satisfactoriamente en ciencias naturales (7o. grado: Campos y Cortés, 2002a; 12o.: Campos, Cortés y Rossi, 2002a) y sociales (11o.: Campos y Salazar, 2002). La experiencia y los resultados obtenidos han permitido hacer algunos ajustes concretos de procedimiento, a partir de lo cual se están desarrollando dos nuevos estudios (Campos y Cortés, 2002b; Campos, Cortés y Rossi, 2002b). Como se puede apreciar, la EDCC puede desarrollarse en todas las disciplinas, mientras que requieran abordaje categorial (lógico-conceptual) y en todos los niveles escolares (con los ajustes respectivos en la profundidad del material). Más allá de las propuestas sin aplicación, la EDCC está teóricamente fundamentada, ha sido aplicada e investigada, y no se queda en un modelo estático, sino que está en evolución.

III. MARCO TEÓRICO

A. Aspectos epistemológicos

El conocimiento científico es un complejo conglomerado de teorías que explican el mundo natural y social, mediante un proceso de construcción lógica, cognitiva, contextual e histórica por parte de especialistas en condiciones específicas de interés, conocimiento e institucionalidad (Giere, 1992). Su objeto implica plantearse problemas conceptuales de acuerdo con conglomerados de otros conceptos (Canguilhem, citado por Lecourt, 1973). En concordancia

con las aproximaciones sociohistóricas al estudio de la ciencia (Kuhn, 1971; Lakatos, 1970), para Canguilhem la epistemología “consiste en estudiar los problemas tales como se plantean, eluden, resuelven o desvanecen en la práctica efectiva de los investigadores (*op. cit.*: 71). La resolución de estos problemas requiere unidad formal y semántica (Bunge, 1975). La primera consiste en la conexión lógica, *i. e.*, “un sistema hipotético-deductivo más que un amasijo arbitrario de fórmulas” (*ibid.*: 200). La consistencia semántica o unidad conceptual de una teoría factual parte de su referencia a objetos y procesos (*universo de discurso*), que deben ser del mismo tipo (*homogeneidad semántica*), lo que posibilita la coherencia (*cierre semántico*), junto con la concordancia de sus conceptos clave (*conexión conceptual*).

Estas características formales sólo tienen sentido en la medida en que se asientan en procesos de construcción que por lo menos deben ser descriptivos, explicativos y ejemplificativos.² La referencia al objeto es primariamente descriptiva: qué es, de qué trata, a qué se refiere. A partir de dicha descripción se puede establecer su dinámica y desarrollo en forma explicativa, cuya coherencia está limitada por la dinámica de los propios procesos que se estudian. La explicación, de acuerdo con Cordero (1992), será causalista y temporal en ciencias naturales, y estructural con temporalidad relativa en ciencias sociales. Cada disciplina y cada conjunto categorial dentro de ella mantiene estas características, por lo que cada tema curricular también lo involucra, lo que establece exigencias teóricas y un nivel de demanda cognitiva para su comprensión, adecuadas al grado escolar correspondiente.

B. El proceso cognitivo

A diferencia de los científicos, los estudiantes construyen conocimiento a partir de elementos científicos y no científicos, no necesariamente con un alto nivel de interés o dedicación, y los requisitos de institucionalidad por lo general se resuelven en el nivel escolar. En este contexto, la comprensión de conceptos parte de conocimiento previo (Ausubel, 1973; Neisser, 1989). Al comprender, se integran diversos componentes del nuevo conocimiento de acuerdo con las relaciones con otras categorías, la interacción con objetos a que dichos conceptos se refieren (Medin y Wattenmaker, 1989), y el contexto temático-situacional en condiciones histórico-sociales. Los objetos conceptuales se organizan en forma proposicional, inicialmente de tipo clasificatorio (por ejem-

² Estos niveles epistemológicos tienen una importante base cognitiva (pensamiento estratégico) y procedimental del hacer ciencia (metodología: por ejemplo, observación, análisis, comparación, inferencia, reflexión, interpretación).

plo, A es de tipo B; Dijkstra *et al.*, 1992). Así, cada estudiante produce *su propia versión del conocimiento* (Ausubel, 1973; Sternberg, 1987), una organización conceptual específica con base en diversos conceptos y conexiones lógicas, y otras representaciones. Por ello, está articulada semántica y epistemológicamente, y presenta alguna similitud con el conocimiento al que ha sido expuesta, debido a la interacción social; es decir, se produce significado con algún nivel de validez epistemológica. Estos significados constituyen un *modelo cognitivo* (Neisser, 1981) o *mental* (Hatano e Inagaki, 1993), que puede tener nada, algo o todo epistemológicamente válido en un cierto tema. Como base del razonamiento, el conocimiento involucrado en estos significados y las habilidades relacionales (analítico-categoriales) están íntimamente ligados (Voss, 1992), por lo que abordar uno tiene consecuencias directas en las otras. Las habilidades relacionales poseen un alto nivel de generalización (Hatano e Inagaki, 1993). Con ello, se cuenta con una importante base para el desarrollo de las habilidades procedimentales. Éstas, si bien son muy poderosas en la organización del pensamiento estratégico, tienen menor nivel de generalización por ser altamente contextuales (*idem*).

C. La interacción social

Estos procesos cognoscitivos se desarrollan en contextos socioculturales específicos (Garton, 1994; Jacob, 1997), como lo es el grupo escolar, materializados en procesos concretos de interacción, en los que se establecen marcos de referencia, construyen representaciones, aprovechan oportunidades y comparten significados (Schulman y Carey, 1984). En el grupo escolar predomina la organización escolar y el tratamiento científico del mundo aunados a una gran diversidad de elementos generados por la acción cognitiva de cada uno de sus miembros.

Desde una perspectiva sociolingüística (van Dijk y Kintsch, 1983; Bloome, 1992), la interacción en clase, que se sucede mediante actividades, propósitos, intenciones, dudas, preguntas, turnos, cambios de tema, relaciones temáticas y otros elementos, modula el conocimiento previo de los participantes y el que se va generando entre ellos. Es un proceso interactivo que facilita la construcción de conocimiento haciéndolo significativo como modelo mental inicial, de construcción de conocimiento y autoevaluación (Amigues, 1992). Se trata de un proceso de internalización tanto de las funciones cognitivas como del conocimiento involucrado (Pontecorvo, 1992) en condiciones interactivas, *i.e.*, un proceso de intertextualidad (Bloome, 1992). Por lo general, el conocimiento escolar se comunica en forma discursiva, particularmente en forma proposicional (Frederiksen, 1981), con funciones semánticas y sintác-

ticas específicas a un tema particular (Lemke, 1992). El profesor incide de manera directa en todo ello, al mediar entre la experiencia histórico-científica y la cognoscitiva diferenciada de los estudiantes, que tiene ante sí cada vez que introduce una conceptualización y una terminología particulares a la clase. Así, la conceptualización asimilable por parte del estudiante está sintácticamente mediada por la terminología utilizada en dicho contexto. Kamen *et al.* (1997) muestran muy claramente la importancia del lenguaje en la interacción social en la enseñanza de las ciencias.

El lenguaje verbal es referencial (van Dijk y Kintsch, 1983), representacional (Culioli, 1994) y contextual (van Dijk, 1998), porque expresa ideas, objetos y procesos contextualizables; se relaciona con los procesos cognitivos de producción lingüística, y se produce en complejos eventos comunicativos (*idem*). El procesamiento del discurso en la situación comunicativa requiere una *interfaz sociocognitiva*, *i.e.*, la representación mental de cada hablante (van Dijk, 2000). Por ello, es posible hacer uso de este instrumento cognitivo para establecer y expresar formulaciones específicas del conocimiento de acuerdo con los requisitos epistemológicos ya mencionados. En particular, el lenguaje expresado en procesos conversacionales como los que dan forma al proceso escolar, permite comunicar conocimiento que no está predefinido en ninguno de los estudiantes, ya que es el objeto que se desea que aprendan. De hecho, la conversación es la base social de intercambio comunicativo que a su vez constituye la base del abordaje del conocimiento científico. Sin embargo, no se le da mucha atención a pesar de su importancia social y en sus efectos en el aprendizaje de conceptos (Pinkerton, 1998).

D. La integración de los aspectos anteriores: de la conversación a la explicación

La mayoría de los procesos involucrados en los aspectos anteriores suceden simultáneamente en el contexto escolar. Con el propósito de organizar el trabajo en clase, se propone establecer una transición de conocimiento informal a formal en un plano interactivo: de la conversación abierta e informal a la argumentación con o sin bases científicas, y a la explicación con bases científicas. En sentido amplio, la conversación es cualquier intercambio verbal con o sin forma y contenido específico. En clase, por lo general es oral, con contenidos científicos y con una diversidad de formatos. En este trabajo se considera que la conversación es la primera fase de intercambio verbal, con referencia a contenidos científicos en forma de preguntas abiertas y de opinión. Se desea abrir el diálogo, intercambiar opiniones y conocimientos, establecer condiciones para la participación. Sólo cuando se orienta esta conversación con

preguntas argumentativas (¿cómo?, ¿por qué?), se establece un formato conversacional específico, la argumentación, todavía con la posibilidad de contar o no con contenidos científicos por parte de los estudiantes. Como toda conversación cotidiana, el formato argumentativo en clase tiene un carácter retórico, más que formal (Perelman, 1989); los encadenamientos conceptuales se producen interactivamente, no sólo por la capacidad individual del profesor o de los alumnos. En este proceso, la argumentación por parte de los estudiantes puede estar basada o no en conocimiento científico, pero es importante identificar cómo integran su conocimiento previo en el plano de las habilidades analítico-categoriales. A partir de ello, se pueden sentar las bases explicativas del hacer ciencia: “la auténtica práctica de la ciencia y una auténtica descripción de su práctica deberían reflejar un equilibrio entre la exploración y la argumentación” (Kuhn, citada por Duchsl, 1995, 5): *i.e.*, habilidades y conocimiento, respectivamente. A la argumentación con contenido científico la llamaremos explicación, en cuanto que se abordan relaciones causales, correlativas o estructurales entre componentes teóricos sobre un tema, y entre ellos y las situaciones a que hace referencia, todo en forma de enunciados proposicionales conectados con una o más formas lógicas; esta configuración se da en un contexto inferencial, de acuerdo con un “relativo sentido de entendimiento” (Mulder, 2002: 5), y en un contexto social, que funciona como un “complejo sistema de correcciones” (*idem*). La explicación y el entendimiento están estrechamente articulados, y por lo general la primera produce entendimiento entre los participantes (*idem*). De esta manera, la conversación informal, como se plantea en este trabajo, establece las condiciones para el planteamiento de hipótesis y la organización del conocimiento conceptual en el nivel clasificatorio (descriptivo); la argumentación organiza dicho conocimiento en encadenamiento explicativo, con o sin contenido científico, que puede ser expuesto y discutido con los demás; la explicación con contenido científico retoma los contenidos anteriores para plantear hipótesis y teorías válidas para la ciencia actual.

IV. ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO CIENTÍFICO (EDCC)

Entendemos por estrategia didáctica un procedimiento propositivo e intencional de intervención social orientado a fines específicos, con modulaciones relativas al conocimiento y actividades involucradas, en el contexto de diversos procesos sociales integrados (por ejemplo, organización, valoración). De acuerdo con esta idea, el propósito central de la EDCC es la construcción de conocimiento científico partiendo de la interacción social en el aula como base

material, en el contexto de diversos ambientes sociales. Se trata de conocimiento formalizado de acuerdo con las exigencias epistemológicas de las ciencias naturales y sociales respectivas. A continuación se presentan detalladamente los elementos de la EDCC.

A. Propósitos

- Proveer condiciones para la construcción de conocimiento científico por parte de los estudiantes, en términos de transformaciones conceptuales relativas a niveles epistemológicos y formas lógicas subyacentes de dicho conocimiento.
- Proveer un anclaje al desarrollo de habilidades analítico-categoriales y estratégico-metodológicas.
- Proveer un anclaje al desarrollo de una noción de ciencia.
- Proveer un ambiente de aprendizaje activo, reflexivo y crítico con amplia participación.

B. Aproximación integrativa del proceso estratégico

- Nivel epistemológico: transición de conocimiento informal a conocimiento formal mediante descripciones, explicaciones y ejemplos de los procesos en estudio.
- Nivel cognitivo: transición de un abordaje identificatorio, clasificatorio y analítico, a uno de tipo explicativo con observación, discusión e inferencias en el plano científico.
- Nivel interactivo: integración procesual de los niveles epistemológico y cognitivo mencionados, en una transición conversacional de diálogo informal a discusión formal, con base en interacción profesor-grupo e interacción en pequeños grupos realizando actividades organizadas con propósitos específicos: propiciar la reflexión interactivamente, así como el desarrollo de habilidades de indagación científica.
- Nivel temático: se aborda el contenido a partir de conceptos centrales previamente seleccionados, considerados fundamentadores e imprescindibles de los cortes disciplinarios que se eligen para enseñar en una asignatura dada; desde estos conceptos centrales se estudian diversos procesos relacionados, ampliando y profundizando jerárquicamente la base conceptual de dicho contenido.

Esta aproximación integrativa se puede sintetizar en dos modalidades de operación: la estratégico-didáctica y la lógico-conceptual. La primera se basa

en una estructura dialógica que va de la *conversación* a la *argumentación* y a la *explicación* a partir de preguntas-guía.³ Debido a la mediación sociocognitiva, los requerimientos epistemológicos del contenido, y que no necesariamente se cuenta con conocimiento previo de carácter científico, se propone organizar este intercambio detectando conocimiento previo mediante expresión informal de ideas, en una primera fase que llamamos conversación. En esta modalidad interactiva no se corrige el contenido de los comentarios o preguntas de los estudiantes, por lo que se rompe el esquema de *preguntas de control* que el profesor hace y cuya respuesta ya conoce, que dan lugar a la *triada dialógica* (Lemke, 1992) de pregunta-respuesta-evaluación en la que, a la pregunta así planteada, el estudiante responde y el profesor evalúa si las respuestas son correctas. Si bien esta forma dialógica tiene utilidad en clase, no es ni la única ni la mejor. En todo caso, en la EDCC se inicia el proceso en formas dialógica abierta, haciendo posible lo que generalmente no se permite en clase: la libre expresión de las ideas. Por las mismas razones, se propone transitar por una fase de argumentación general, en la que se cuestionan las ideas expuestas y los estudiantes discuten con base en su conocimiento, que puede ser científico o no.⁴ A partir de la fase anterior, se introduce y discute conocimiento científico, en un plano de explicación. Estas fases tienen un valor heurístico como niveles, en los ámbitos cognitivo y epistemológico, relacionándose con habilidades de indagación científica: observación, planteamiento de hipótesis y explicación teórica, respectivamente; con ello se aborda de manera indirecta el desarrollo de habilidades científicas.

En lo que respecta a la modalidad *lógico-conceptual*, las fases conversacional y argumentativa se basan en análisis conceptual mediante identificación y clasificación de componentes, a partir de lo cual se realiza el *análisis constructivo complejo* (Dufresne, Leonard y Gerace, 1995), *i.e.*, descomponer un proceso complejo en otros subyacentes más simples, en la fase explicativa, mediante diversos procesos de razonamiento aplicados a objetos, procesos o teorías: identificación, clasificación, comparación, inferencias, interpretación, generalización.

³ La estructura dialógica es conversacional por definición, pero debido a los niveles epistemológicos y cognitivos en operación, su contenido es informal en una fase inicial, pasando a una fase de cuestionamientos y explicaciones propias, para llegar posteriormente a una fase de explicaciones con base en el conocimiento científico. Estas tres fases son las que llamamos conversación, argumentación y explicación, respectivamente.

⁴ Esto es muy importante ya que, como muestra Chi (citado por Wilson y Cole, 1996) los estudiantes que plantean explicaciones, más que utilizar instrucciones para resolver problemas, abordan y efectivamente resuelven mejor dichos problemas; en particular, tanto estudiantes de alta y mediana habilidad se benefician más con este tipo de planteamientos explicativos.

Así, la *secuencia general de actividades* se inicia con la conversación para reflexionar, comentar, expresarse libremente, y detectar conocimiento previo; de manera que el paso a la argumentación permita la reflexión organizada sobre los comentarios anteriores, explicaciones propias, cuestionamientos y confrontaciones; de ahí se pasa a la reflexión sistemática, reflexiva, crítica. Durante toda la secuencia se utilizan ejemplos en la medida que sea necesario para entender, visualizar y fortalecer el conocimiento abstracto que se está discutiendo.

C. Configuración general

- Base Lógico-Conceptual (BLC): síntesis del conocimiento que se desea enseñar, que contiene los niveles epistemológicos descriptivo, explicativo y ejemplificativo.⁵ Puesto que éste es *el nivel de demanda epistemológica y cognitiva* que se espera cumplan los estudiantes, la BLC es importante como organizadora del contenido en clase.
- Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas (MREE): integración de dichos niveles epistemológicos con la modalidad de operación estratégico-didácticos, cuyos niveles de conversación, argumentación y explicación ya se plantearon en el apartado anterior.
- Unidades Didácticas (UD): constituidas por Unidades Temáticas (temas estructurados con base en segmentos proposicionales de la BLC), preguntas-guía, actividades específicas, recurso didáctico, ficha de contenido (que amplía los aspectos temáticos sintetizados en la BLC) y tiempos.

A continuación se presentan con detalle estos elementos. En el siguiente apartado (véase *Experiencias*) se muestran ejemplos de cada elemento y etapa.

D. Estrategia de planeación

- 1) Selección de la temática central de una asignatura, identificando la unidad curricular en que se presenta regularmente. Si es necesario, se realizan ajustes en cuanto al momento y periodo de su presentación, de acuerdo con las posibilidades y limitaciones del programa ya diseñado y aprobado oficialmente, sobre todo en asignaturas de los niveles preuniversitarios.

⁵ Esta síntesis se llama *criterio* en el Modelo de Análisis Proposicional (Campos y Gaspar, 1996), en el que se basa la estructura de la BLC en la EDCC.

- 2) Determinación de la Base Lógico-Conceptual (BLC): se prepara una síntesis del tema seleccionado, adecuada al nivel escolar en cuestión, en un texto no mayor de una página. Esta síntesis se elabora con base en preguntas sobre el tema en cuestión en los tres niveles epistemológicos, en una de las siguientes formas por nivel a saber, en el descriptivo: *Define/¿Qué es?*; explicativo: *Explica/¿Por qué?/¿Cómo...?*; y ejemplificativo: *Da un ejemplo* (Campos y Gaspar, 1996). La redacción de las preguntas varía de acuerdo con el nivel escolar en cuestión, pero se mantienen los tres niveles epistemológicos. Las preguntas se discuten con expertos para determinar su pertinencia, y con los profesores para determinar su adecuación al nivel escolar. Se solicita a un experto que responda a las preguntas en un máximo de una página, en forma adecuada al nivel escolar; esta respuesta constituye la Base Lógico-Conceptual deseada. El propósito es contar con un texto cuyo contenido científico sea epistemológicamente válido, a partir del cual se trabajará la estrategia didáctica propuesta. Se puede contar con un criterio proveniente de varias fuentes (compilación de textos científicamente válidos, acuerdo de expertos, de profesores o cualquier combinación de ellas) en cuanto se mantenga su validez científica y pertinencia curricular.
- 3) Identificación de las proposiciones de la BLC, en cada nivel epistemológico, según el *modelo de análisis proposicional*, MAP (Campos y Gaspar, 1996), que permite estudiar el contenido lógico y epistemológico de un texto. En el MAP se define una proposición como un enunciado con estructura sujeto-predicado, formado por unidades semánticas conceptuales, relacionales y otras, que comunican significados específicos y contextuales (temáticos o situacionales) de acuerdo con condiciones históricas y sociales.
- 4) Elaboración de la *Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas* (MREE), a partir de la Base Lógico-Conceptual: se trata de un cuadro que contiene los tres niveles lógico-conceptuales (entradas horizontales: descripción, explicación y ejemplificación), integrados a los tres niveles de aproximación estratégico-didáctica (entradas verticales: conversación, argumentación, explicación). En cada celda se ubica una o más de las proposiciones identificadas, de acuerdo con el tratamiento que se dará al contenido, como bloque temático para la planeación didáctica:
- 5) Definición de las *Unidades Temáticas*: una vez determinado el nivel de tratamiento, se identifica en cada bloque (celda) una proposición o varias proposiciones de acuerdo con el asunto particular del que trata y el nivel de tratamiento específico que se le dará, por ejemplo, en el nivel descriptivo conversacional (celda superior izquierda) o explicativo argumentativo

<i>Nivel Estratégico Nivel Epistemológico</i>	<i>Conversación</i>	<i>Argumentación</i>	<i>Explicación</i>
Descripción	proposición/es	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Explicación	<i>idem</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Ejemplificación	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>

(celda media). Esta definición constituye la guía lógico-categorial e interactiva del sistema de trabajo que se seguirá en el aula.

- 6) Elaboración de *Unidades Didácticas*: se integran a partir de las Unidades Temáticas, elaborando una ficha de contenido que permitirá tener una base más amplia para el tratamiento del contenido de dicha Unidad Temática, varias preguntas-guía con la que se iniciará la discusión en cada sesión, actividades específicas para definir las formas de trabajo, los recursos didácticos en que se apoyará dicho trabajo, y los tiempos tentativos por sesión.

E. Secuencia General de Actividades: método de enseñanza

- 1) Inicio del tratamiento de la Unidades Temáticas establecidas en el nivel descripción/conversación (celda superior izquierda de la MREE), a partir de las *preguntas-guía, conversando libremente en el plano descriptivo*: se pregunta a los estudiantes qué es el proceso que se estudia, de qué tratan los conceptos del tema, qué les parece, qué relación ven con lo que ya saben, qué parte consideran más difícil, qué ejemplos conocen; se admiten argumentos y explicaciones, pero el propósito de esta fase es abrir el diálogo, que participen, que los estudiantes expresen sus ideas, sin corregir ni dar explicaciones científicas, y además, detectar conocimiento previo.
- 2) Pasar al nivel descripción/argumentación (celda superior media de la MREE) de las mismas Unidades Temáticas, solicitando mayor información, cuestionando los comentarios, de manera que los estudiantes argumenten con sus propias explicaciones: por qué creen que se dan los procesos que se han descrito hasta ese momento; se admiten explicaciones científicas (lo que ocuparía la celda superior derecha de la MREE: descripción/explicación), pero el propósito de esta fase es concentrarse en las diversas argumentaciones con cualquier nivel de complejidad que puedan dar los estudiantes, independientemente de que sean científicas o no, permitiendo la participación y la expresión de ideas, conocimientos y preguntas, sin corregir ni

dar explicaciones científicas todavía. Se trata de una actividad reflexiva, verbal e interactiva.

- 3) Ubicación de la discusión en el plano explicativo, lo que significa abordar nuevas Unidades Temáticas, generalmente una sola, en el nivel explicación/conversación de la MREE (celda izquierda media), para iniciar la conversación, retomando la discusión anterior y reorientándola con las preguntas-guía para introducir nuevos conceptos que se discutirán a continuación.
- 4) Pasar al plano argumentativo por parte de los estudiantes en estas nuevas Unidades Temáticas (nivel explicación/argumentación de la MREE, celda central), cuestionando y solicitando que amplíen sus argumentos.
- 5) Continuación de la discusión moviéndose al nivel explicación pleno (nivel explicación/explicación, celda derecha media), en donde se tratan las mismas Unidades Temáticas y muy probablemente otras nuevas que fueron especificadas en la fase de planeación: se da un tratamiento abstracto, organizado, explícito y claro de los conceptos y explicaciones científicas, mediante diversas actividades grupales y reflexivas orientadas al desarrollo de habilidades científicas, integrándolas a la discusión conceptual de acuerdo con la disciplina, asignatura y tema seleccionados, por ejemplo, actividades experimentales o de discusión teórica.

El nivel ejemplificativo (parte inferior de la MREE) sirve de soporte a todo el proceso, y se puede abordar desde la primera fase de esta secuencia general de actividades, ya sea como motivación para la conversación en sus diferentes niveles epistemológicos, mediante preguntas que retengan a los estudiantes a pensar más allá de ejemplos triviales, o para efectivamente ejemplificar los conceptos que se argumentan y explican, haciendo o sugiriendo conexiones entre experiencia y teoría. En todo caso, es necesario tratar los ejemplos en el momento del nivel explicativo pleno (ver punto 5), en el que se integrarán la teoría a la práctica y la reflexión a la experiencia. Si bien se pueden organizar diversas actividades en pequeños grupos en cada fase, generalmente se trabajará de esa manera en la explicativa.

Como se puede observar, no se limita la participación de los estudiantes conforme se trabaja con cada nivel, sino que el profesor modula la discusión de manera que éstos vayan enfocando la reflexión a niveles más abstractos, epistemológicamente válidos, sin perder su relación con la práctica y la experiencia. Las actividades específicas, con ejercicios individuales y grupales sobre materiales, lecturas y proyectos, harán de este proceso una experiencia amena, agradable, interesante y ordenada. Estas actividades específicas son muy variables, en cuanto permitan abordar los niveles de operación y coadyuven al logro de los propósitos planteados.

El profesor es un facilitador en la construcción de conocimiento: abre el intercambio, solicita argumentación, organiza actividades concretas individualmente o en grupo, realiza retroalimentación en grupo con los resultados obtenidos, discute y explica. El intercambio conversacional y argumentativo parte de los estudiantes completamente. El intercambio explicativo se hace en conjunto. Es un verdadero proceso de construcción de conocimiento.

El intercambio conversacional y el argumentativo permiten reconocer el conocimiento previo respecto de lo que saben y las explicaciones que ellos mismos se dan al respecto, y las habilidades de razonamiento, especialmente en la fase argumentativa. Además, permite ajustar el nivel de explicación que se deberá abordar y las actividades a realizar. El desarrollo de la fase explicativa también posibilita hacer ajustes, y en el intercambio dentro de los grupos o equipos de trabajo, y en general o en sesiones plenarias, se detecta el conocimiento adquirido y las habilidades de razonamiento sobre el conocimiento científico.

De hecho, durante el desarrollo de actividades prácticas y su discusión se proveen condiciones educativas para el desarrollo de habilidades científicas, como son el reconocimiento, planteo de hipótesis, análisis y comparación de variables, acciones secuenciadas de observación general y controlada, y análisis e interpretación de la información, que incluye contrastación de hipótesis y resultados. Con ello, el conocimiento se articula a la práctica, no sólo es presentado por el profesor.

Las tres fases permiten aprender a discutir, presentar opiniones y argumentos, aceptar y utilizar la libertad de expresar opiniones y argumentos, desarrollar habilidades de comunicación, escuchar y respetar las opiniones de otros.

Por otra parte, conforme se avanza en el trabajo a través de las fases mencionadas, se plantea qué y cómo se preguntaron los científicos sobre diversos problemas de su campo, el conocimiento existente y dominante, sus hipótesis, dudas y experiencias, la discusión científica del momento, las dificultades en la producción de conocimiento científico, el contexto social en que se produjo y produce. Es decir, se plantea e introduce al estudiante en la construcción de una noción de ciencia.

De esta manera, en las tres fases los estudiantes se involucran en procesos cognitivos de comprensión e integración cognitiva (Rohwer y Thomas, 1989), mediante búsqueda, desarrollo, reorganización, contrastación y síntesis de ideas y significados conceptuales. Así, con base en el abordaje del conocimiento, se incorporan habilidades científicas y una noción de ciencia como se entiende todo ello actualmente.

V. EXPERIENCIAS CON LA EDC

Para tratar de ser más claros, presentaremos primero una experiencia de planeación, seguida de experiencias concretas en el aula.

Determinación de la Base Lógico-Conceptual. En una experiencia reciente se seleccionó el tema de la teoría de la evolución en biología, por su importancia disciplinaria (base de todo el conocimiento biológico actual) y curricular (base de los temas teóricos y aplicados en ciencias naturales), de acuerdo con expertos de la Facultad de Ciencias de la UNAM, y profesores de nivel medio básico (7o.-9o. grados). A partir de ello, se elaboraron preguntas que contienen los niveles epistemológicos de interés (descripción, explicación y ejemplos) y que, una vez discutidas con los expertos, y ajustadas a los requerimientos curriculares del 7o. grado, se llegó a la siguiente formulación (Campos y Cortés, 2002a):

¿Qué entiendes por teoría sintética de la evolución? ¿Cómo se explica el origen y la diversidad de las especies de acuerdo a la TSE? Da un ejemplo de evolución de acuerdo con la TSE.

Otros ejemplos, elaborados de la misma manera, son:

¿En qué consiste la teoría sintética de la evolución? ¿Cómo explica esta teoría la adaptación y la diversidad? Da un ejemplo que muestre con detalle cada parte de alguno de los procesos que has incluido en tu definición y explicación (elaboradas para el 12o.; Campos, Cortés y Rossi, 2002a).⁶

¿En qué consiste la sexualidad? ¿Explica con todo detalle, refiriéndote a ideas y actividades, cómo llegaste a percibir o saber sobre tu sexualidad. Da un ejemplo de formas de pensar la sexualidad por parte de conocidos tuyos, asegurándote de marcar semejanzas y diferencias (para el 11o. grado, Campos y Salazar, 2002).⁷

⁶ Originalmente, las preguntas sobre el tema de evolución se plantearon con propósitos de investigación en el nivel licenciatura (Campos, Alucema y Barahona, 2000) y fueron ajustadas posteriormente a los grados 7o. (Campos y Cortés, 2002a) y 12o. (Campos, Cortés y Rossi, 2002a). En el caso del 7o. grado, debido a la necesidad de presentar los principios básicos de la TSE, se consideró pertinente incluir de manera general e introductoria los conceptos de recombinación genética y mutación (estos temas no se incluyen en el programa oficial respectivo, sino en el 8o., de manera más amplia).

⁷ Otros muchos ejemplos de este tipo de preguntas en diversos niveles escolares y temas, que se hicieron con el propósito de estudiar la organización conceptual, pero que son útiles para ver las posibilidades de su formulación, se encuentran en Campos y Gaspar (1996), Campos, Cortés y Gaspar (1999), Campos, Sánchez, Gaspar y Paz (1999), Cortés (2000) en ciencias naturales, y ejemplos de ciencias sociales en Campos, García y Galicia (1999), Galicia (2002), y Patrón y Campos (2002).

El siguiente texto-criterio responde a las preguntas sobre la *teoría sintética de la evolución* (TSE) para el 7o. grado, ya mencionada. Se presenta analizada por proposiciones (Pi):

- P1. La Teoría Sintética de la Evolución (TSE) se genera con los avances de varias ciencias como la genética, biogeografía y paleontología, entre otras, y da un lugar importante a la teoría de la selección natural propuesta por Darwin.
- P2. La TSE explica el origen y la diversidad de las especies a través de las mutaciones y la selección natural
- P3. La TSE establece que la variabilidad de las especies se da por mutaciones, es decir por cambios en los genes.
- P4. La selección natural establece que los genes se seleccionan por alguna ventaja que otorgan a los organismos para que éstos se adapten al ambiente y sobrevivan.
- P5. Según la TSE, la evolución es el resultado de la selección natural que actúa sobre la variación individual, permitiendo que en la lucha por la existencia los individuos cuyas características le sean ventajosas sobrevivan y dejen descendencia.
- P6. La adaptación es un proceso mediante el cual los organismos se adecuan al ambiente, que se encuentra en constante cambio.
- P7. Para que una especie biológica sobreviva debe tener en su información hereditaria suficiente variabilidad para poder cambiar y adaptarse a las nuevas condiciones ambientales.
- P8: Cuando una región se hace más árida a causa de un cambio constante de clima, por ejemplo con menos lluvia cada vez, las plantas pueden responder desarrollando una raíz que se extienda lo más profundo posible y abarque mayor superficie para captar mejor el agua que necesitan.
- P9: Sólo podrán hacer esta adaptación si su genética se los permite, si no es así se extinguirán.
- P10: Las plantas que sean favorecidas por sus características hereditarias, sobrevivirán y podrán dejar descendencia con ese tipo de adaptación.

Los niveles epistemológicos se encuentran en las siguientes proposiciones: el *descriptivo* en P1, P6 y P7, en que se establece la selección natural como teoría base y las aportaciones de otras ciencias para constituir la Teoría Sintética de la Evolución; el *explicativo* en P2-P5, que explican la variabilidad de las especies biológicas por mutaciones y selección natural sobre características genéticas que favorecen la adaptación al medio, su consecuente posibilidad de sobrevivencia y transmisión hereditaria; y el *ejemplificativo* en P8-P10, que muestra las explicaciones anteriores.

A. La Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas

Tomaremos la BLC anterior para ilustrar sus características:

Los bloques temáticos (por celda) se han separado de acuerdo con el asunto particular que tratan, generando con ello las Unidades Temáticas. Por ejemplo, del bloque temático que contiene los enunciados proposicionales del nivel des-

<i>Nivel estratégico Nivel epistemológico</i>	<i>Conversación</i>	<i>Argumentación</i>	<i>Explicación</i>
Descripción	<i>P1; P6-P7</i>	<i>P1; P6-P7</i>	–
Explicación	<i>P2</i>	<i>P2</i>	<i>P2-P3; P2-P4; P2-P5</i>
Ejemplificación	<i>P8-P10</i>	<i>P8-P10</i>	<i>P8-P10</i>

criptivo/conversación (celda superior izquierda), *P1*, *P6* y *P7* se han separado en la parte general introductoria (*P1*: qué es la TSE) y en la definición (descripción) de la adaptación y sobrevivencia (*P6-P7*), con lo que se tienen dos Unidades Temáticas. Éstas servirán para organizar el trabajo concreto en el aula, desde la conversación hasta su argumentación por parte de los estudiantes.

1) *Elaboración de las Unidades Didácticas*

Como vimos antes, a partir de cada Unidad Temática se establecen preguntas-guía, actividades específicas, ficha de contenido, recursos didácticos y tiempos, para conformar las unidades didácticas. A continuación se presenta el ejemplo de la Unidad Didáctica introductoria (*P1*: qué es la TSE, nivel Descriptivo/Conversación en la MREE) con todos sus componentes:

Unidad Didáctica: Introducción

Sesión 1 (una hora)

- *Unidad Temática: P1*
- Preguntas guía
 - ¿Qué responderían si alguien les preguntara de dónde proviene el ser humano? ¿Hemos cambiado como especie a lo largo de muchos años? ¿Qué entienden por evolución? ¿Por qué hay tanta diversidad de especies biológicas?
- *Actividades Específicas.* Iniciar el estudio del tema invitando a los estudiantes a comentar sobre el concepto de evolución, enfatizar las ideas funda-

mentales y los desaciertos de las teorías de Lamarck y Darwin (ubicar en línea del tiempo en ciencia, en la biología, en la vida social del país; comentar anécdotas de la vida y del viaje de Darwin; relacionar la TSE con las ciencias que han contribuido a su desarrollo).

- *Recursos Didácticos*: Transparencias sobre el recorrido del viaje de Darwin.
- *Ficha de Contenido*:

La teoría de la evolución responde a estas preguntas: explica el origen de la diversidad de los seres vivos que hay en la Tierra, las relaciones de parentesco entre ellos y cómo responden las especies biológicas a los cambios del ambiente.

Esta teoría es el resultado del pensamiento del ser humano para entenderse como parte de la naturaleza, y del desarrollo de otras ciencias.

Uno de los primeros hombres que se interesó en responder a tales preguntas fue Jean Baptiste Lamarck (1744-1829). La explicación de Lamarck sobre la evolución de las especies se fundamenta en que los órganos alcanzan un desarrollo que es proporcional al grado de uso al que están sometidos, y en que todas las características adquiridas por un individuo son heredadas a sus hijos. Lamarck utilizaba el caso de las jirafas y explicaba que sus cuellos se alargaban debido a la necesidad que tenía el animal de alcanzar las hojas de las partes altas de los árboles; como se alimentaban constantemente, el uso de este órgano favoreció su desarrollo en los individuos, lo que se hereda a los descendientes como una *característica adquirida*.

Sus ideas fueron muy atacadas y ridiculizadas. Actualmente sabemos que eso no sucede. Es como si dijéramos que un jugador de fútbol que entrena mucho y desarrolla una fuerte musculatura tendrá hijos con esas características, o que si un perro es entrenado para rastrear estupefacientes, sus cachorros nacerán con esa habilidad.

Otro personaje importante para la conformación de la teoría evolutiva fue Charles Darwin (1809-1882), quien realizó un largo viaje por distintas partes del mundo. Darwin estuvo influido por diversas personas y por sus descubrimientos que fueron determinantes para el planteamiento de su teoría sobre la evolución de las especies.

La Ficha de contenido permite al profesor estar preparado para orientar la conversación, y proceder a la fase argumentativa. Como se ve, se organizan unidades didácticas con base en contenidos, sus exigencias epistemológicas y lógicas, así como el nivel de procesamiento cognitivo deseado, sobre lo cual se establecen las condiciones materiales para lograrlo (actividades, recursos y tiempos), no al revés como se hace por lo general y que lleva a establecer

objetivos vacíos, poco realistas o difíciles de evaluar, por lo que no existe congruencia entre las actividades que realmente se realizan (generalmente expositivas por parte del profesor), los objetivos y el nivel de evaluación.

2) *El proceso interactivo de la conversación a la explicación*

A continuación se presentan algunos segmentos de la interacción, por nivel estratégico-didáctico (conversacional, argumentativo y explicativo), correspondientes al tema de evolución en el 7o. grado mencionado (Campos y Cortés, 2002a). En todos ellos se muestra la referencia a la Base Lógico-Conceptual (de acuerdo con sus proposiciones *Pi*) y la forma lógica predominante del análisis conceptual concreto en cada intervención. Iniciaremos con el *nivel conversacional*:

Profesora: ¿De dónde proviene el ser humano?

P2: La TSE *explica* el origen... *de* las especies.

Secuencia

Alumno: De los microorganismos que existieron en el mar.

P2: ...el origen

Secuencia

Profesora: Gestualmente solicita otra respuesta/

P2: La TSE *explica* el origen... *de* las especies.

Secuencia

Alumno: Según lo que he leído y según lo que pienso, todos los demás seres vivos provienen de un ancestro común.

P2: ...el origen

Secuencia, Generalización

La clase y el tema se inician con una interacción informal con base en las preguntas-guía de manera que los estudiantes expresen libremente sus ideas, en el nivel *conversacional*, detectando con ello conocimiento previo. La conversación continúa con otras preguntas que preparan la discusión posterior, dan un panorama de los asuntos que trata la teoría sintética de la evolución en el nivel *descriptivo*, sin entrar a una discusión formal, ni explicaciones de la profesora. Debido a que compartimos la preparación del tema con la profesora, sabemos a cuáles elementos de la BLC hace referencia; por su parte, los estudiantes se refieren a algunos de ellos (por ejemplo, origen de los organismos), además de expresar nociones generales de su conocimiento previo (por ejemplo, microorganismos, seres vivos, ancestro común). Profesora y alumnos coinciden en la forma lógica subyacente, la secuenciación, que es crucial en la

explicación biológica. Con ello *empieza a generarse* la intertextualidad, *i.e.*, compartir contenidos en el nivel lógico y conceptual. Todo ello se retomará en el nivel explicativo cuando se realice el *análisis constructivo complejo* mencionado en el apartado anterior. Así, aun en este pequeño segmento se puede observar que se logró abordar el tema del origen de las especies, fundamental en la explicación evolutiva, un formato lógico de secuencia (de eventos y procesos), igualmente importante en dicha explicación, y el tono dialógico de las sesiones.

El *nivel argumentativo* se aborda un poco después, en la misma sesión inicial, cuando ya se está hablando de la diversidad de las especies:

Profesora: ¿Y por qué existe tanta variedad de especies biológicas?

P2: La TSE *explica* la diversidad... *de* las especies.

Causalidad

Alumno: Porque los seres vivos se reproducen.

P5: Los individuos... dejan descendencia.

Causalidad, Secuencia.

Alumno: Por el diferente tipo de clima y porque cada vez hay más animales que se reproducen y van cambiando.

P5: Los individuos... dejan descendencia.

Causalidad, Secuencia.

Alumno: Porque yo pienso que si no, no podrían sobrevivir

P5: La variación individual... permite sobrevivir.

Causalidad, Secuencia.

Alumno: Pienso que no podría sobrevivir una sola especie, porque necesita de otras.

P5: La variación individual... permite sobrevivir.

Causalidad, Secuencia.

Alumno: No habría tantas especies biológicas si no hubiera tantos climas diferentes, dependiendo del clima se van formando diferentes especies con las características necesarias para sobrevivir.

P5: La variación individual... permite sobrevivir... los individuos cuyas características les sean ventajosas sobreviven.

Causalidad, Secuencia.

Es la primera sesión y los estudiantes están participando activamente. Se observa la referencia implícita a diversos elementos de la BLC en sus argumentaciones. En este nivel se observa con claridad su conocimiento. La respuesta del primer estudiante que participa es demasiado vaga, ya que sugiere que la sola reproducción es la causa de la diversidad. Otros presentan una combinación de nociones científicas y no científicas, como el último participante,

quien retoma el aspecto ambiental (correcto) y el surgimiento de características ventajosas para la sobrevivencia (correcto), haciendo depender la diversidad de las especies a dicho ambiente (incorrecto). Otros proveen respuestas correctas, pero no indican cómo ni por qué, como es el caso del segundo participante, quien introduce los factores ambiental y de cambio. Si bien todos están respondiendo con la forma lógica subyacente de causalidad, el contenido conceptual que muestra el conocimiento previo de los estudiantes en esta fase argumentativa es parcialmente correcto, con confusiones importantes. Se lograron los propósitos de la fase argumentativa: detección de conocimiento previo, participación y argumentación, en preparación para la orientación de las actividades y la reconstrucción de su conocimiento en el nivel explicativo.

En el *nivel explicativo*, se organizan actividades experimentales en equipos, con discusión en equipos y en general, y planteamiento de explicaciones científicas por parte de la profesora. En la quinta sesión ya se discute en el contexto de la variabilidad hereditaria, habiendo trabajado de la forma mencionada y cubriendo diversos procesos como los de diversidad y adaptación:

Profesora: Cuando un organismo llega a ser adulto, ¿qué capacidad adquiere desde el punto de vista biológico?

P5: Según la TSE la evolución es el resultado de la selección natural... permitiendo que en la lucha por la existencia, los individuos cuyas características les sean ventajosas sobrevivan y dejen descendencia;

P7: Para que una especie biológica sobreviva debe tener en su información hereditaria suficiente variabilidad para poder cambiar y adaptarse a las nuevas condiciones ambientales.

Secuencia

Alumno: Se reproduce.

P2: Según la TSE... los individuos... dejan descendencia.

Secuencia.

Profesora: Muy bien, y al reproducirse ¿qué pasa con las características de su cuerpo?

P5: Según la TSE la evolución es el resultado de la selección natural... permitiendo que en la lucha por la existencia, los individuos cuyas características les sean ventajosas sobrevivan y dejen descendencia.

Causalidad, Secuencia.

Alumno: Las heredan a sus hijos.

P5: Los individuos... dejan descendencia.

Secuencia.

Profesora: Muy bien. /La profesora explica el trabajo de Darwin al respecto y que no dio una explicación satisfactoria sobre la variabilidad por no contar con los conocimientos de genética que se dieron después y que

precisamente permitieron realizar la síntesis teórica aceptada actualmente; orienta la discusión a la relación entre variabilidad hereditaria, selección natural y adaptación; les recuerda el ejercicio que realizaron en pequeños grupos en la sesión anterior sobre recombinación genética, en el que los estudiantes utilizaron limpiapipas de dos colores, uno que representa cromosomas provenientes de la herencia materna y otro de la paterna; dichos limpiapipas se entre cruzan de acuerdo con las etapas de la división celular/ ¿Qué es la recombinación genética?

P5: Según la TSE la evolución es el resultado de la selección natural... permitiendo que en la lucha por la existencia, los individuos cuyas características les sean ventajosas sobrevivan y dejen descendencia.

Alumno: La recombinación genética ocurre cuando las células se dividen.

Descripción general.

Profesora: Muy bien, pero ¿en qué tipo de células se realiza la recombinación genética?

P5: Según la TSE la evolución es el resultado de la selección natural que actúa sobre la variación individual, permitiendo que en la lucha por la existencia, los individuos cuyas características les sean ventajosas sobrevivan y dejen descendencia.

Inclusión.

Alumno: En las células germinales a través del proceso denominado meiosis.

Inclusión, Mediación.

Profesora: *Abunda sobre estos aspectos celulares, y hace una síntesis de la discusión.*

Como se puede observar, la discusión se realiza con base en el conocimiento trabajado y actividades realizadas en las sesiones anteriores. Los estudiantes identifican diversos procesos, como la meiosis y la recombinación genética, en el contexto de las explicaciones evolutivas. Los resultados de la evaluación en clase y la aplicación de un examen posterior indican que los estudiantes lograron comprender diversos conceptos importantes, organizándolos lógicamente en los niveles epistemológicos deseados (Campos y Cortés, 2002a).

En otra experiencia con base en la EDCC sobre el mismo tema, pero en el 12o. grado (Campos, Cortés y Rossi, 2000a), la fase constructiva durante la conversación y la argumentación tomó más tiempo de lo previsto debido a que a los estudiantes se les dificultaba expresar sus propias ideas por estar acostumbrados a tomar notas de la exposición del profesor y copiar el con-

tenido de fuentes bibliográficas. Ante las instrucciones para discutir en el nivel argumentativo sobre diversos asuntos evolutivos, los estudiantes responden que no tienen bibliografía, se resisten a participar solicitando el orden al que están acostumbrados (“¿Cuál es el nombre del trabajo?”), solicitan trabajar con el libro (“¿Por qué no empezamos directamente de la explicación del libro?”) y se sienten confusos (“¡No sé si está bien!”). La profesora les apoyó en el trabajo en grupos y después de tres sesiones se logró pasar al nivel explicativo con fluidez lógico-conceptual. Los resultados en un examen posterior indican que los estudiantes lograron comprensión de conceptos abstractos produciendo adecuadas organizaciones conceptuales en los tres niveles epistemológicos.

En una tercera experiencia en el 11o. grado sobre el tema de sexualidad en ciencias sociales (Campos y Salazar, 2002), y una vez introducidos diversos aspectos de la sexualidad en la fase conversacional, se observa el ágil tránsito entre el nivel argumentativo y el explicativo:

Profesor: ¿Por qué creen ustedes que existen diversas concepciones de la sexualidad?

Alumna: Porque nos educan de diferente manera.

Alumna: Porque lo que para mí es inmoral para otro puede no serlo.

Alumna: Porque quienes nos educan vivieron su adolescencia en otra época.

Profesor: ¿Alguien más?

Alumna: Por la religión.

Alumna: Por la sociedad en la que vivimos.

Alumna: Por el conocimiento, el grado de estudios.

Profesor: Así es. Enlistando sus respuestas queda de la siguiente manera: por la educación que recibimos, por los valores que nos inculcaron, por la época en la que vivimos, por las creencias religiosas, por las normas sociales...

Alumna: Falta que usted aporte su opinión.

Profesor: Nuestra sociedad comparte normas, una cultura y ciertos valores preestablecidos; sin embargo, el contexto sociocultural específico en el que se desarrolla cada individuo puede variar mucho. Su historia personal y familiar, la comunidad en la que se desenvuelve y la educación que ha recibido, entre otros, hacen que tenga una apreciación determinada de la sexualidad.

Este diálogo se continúa en el nivel explicativo, con ejemplos, y abordando diversos asuntos como la inequidad sexual, hasta lograr que los estudiantes comprendan que la sexualidad no se reduce a aspectos biológicos que requieren satisfacción, sino que es parte de un complejo proceso sociocultu-

ral. Como en los casos anteriores, el examen posterior indica que los estudiantes lograron comprender esta idea, articulando adecuadamente su propia conceptualización en los tres niveles epistemológicos deseados.

VI. QUÉ SE LOGRA CON LA EDCC

Los niveles estratégico-didácticos planteados permiten abordar el conocimiento de manera gradual. En la fase conversacional, se logra que los estudiantes se expresen libremente y acepten cuestionamientos, dos procesos interactivos que casi nunca tienen lugar en el aula, en especial en los grados escolares elementales. Por otra parte, la continuidad entre esta fase conversacional y la argumentativa permite detectar conocimiento previo, partir de él, integrarlo a la discusión posterior, superar confusiones, otra situación que por lo general tampoco sucede en la práctica escolar. Con base en esta experiencia interactiva, los estudiantes están preparados social, cognitiva y epistemológicamente para abordar el contenido abstracto en la fase explicativa. En tanto que todo el proceso se realiza con base en preguntas y diálogo permanente, la fase explicativa permite detectar confusiones, resolverlas y establecer el conocimiento científico del tema que se trata, planteando sus aspectos críticos y problemas.

Por otro lado, el tránsito de elementos descriptivos a explicativos, con apoyo de ejemplos durante todo el proceso, permite manejar adecuadamente procesos epistemológicos complejos de manera que el estudiante logre describir los procesos en estudio, y una vez que sepa de qué está hablando, proceda a explicarlos científicamente. En cuanto al procesamiento cognitivo, se opera al principio en niveles identificatorio y clasificatorio, pasa a análisis y causalidad, y se llega al análisis constructivo complejo mencionado, con la colaboración de sus compañeros y del profesor; y en lo que respecta a la interacción, dicha colaboración se inicia con base en preguntas guía, con la coordinación del profesor para ampliar la participación, la discusión entre todos y el trabajo en pequeños grupos.

Los profesores participantes en las experiencias mencionadas notaron cambios: en la dinámica de trabajo, a una interacción amplia a la que no estaban acostumbrados; en las formas de abordaje del conocimiento por parte de los estudiantes; en la necesidad de modular su participación durante toda la experiencia, sin adelantar las explicaciones, una situación común que muchos profesores están acostumbrados a hacer, con una actitud de corregir cuanto dicen los estudiantes, sin esperar a que los propios estudiantes vayan generando sus propias representaciones, formulaciones y el propio conocimiento; y en la necesidad en ellos mismos de hacer explícitas las características lógicas y epistemológicas del conocimiento.

Es conveniente evaluar el proceso para realizar ajustes de procedimiento y nivel de tratamiento del tema, así como algún sondeo o evaluación al final de la experiencia de manera que se puedan apreciar los avances de los estudiantes más claramente, en particular sobre conceptos críticos o fundamentales, y su organización lógica en general. En nuestro caso, hemos practicado una evaluación durante el proceso con el propósito mencionado, y hemos completado el análisis de conocimiento previo y el de logro, este último respecto a las modificaciones de la organización conceptual construida al final de la experiencia, con pruebas diseñadas a partir de las mismas preguntas con las que se elabora la Base Lógico-Conceptual (Campos y Cortés, 2002a; Campos Cortés y Rossi, 2002a; Campos y Salazar, 2002); en ellas se muestra que los estudiantes logran participar activamente y logran también transformar su organización conceptual sobre el tema.

VII. CONSIDERACIONES FINALES

Se presenta una estrategia didáctica dirigida a favorecer el proceso de construcción lógico-conceptual de conocimiento formal, epistemológicamente válido, en la línea de los modelos de búsqueda (*inquiry models*); mediante la búsqueda, "los estudiantes adquieren conocimiento e investigan fenómenos; al hacerlo, adquieren conocimiento y desarrollen un amplio entendimiento de conceptos, principios, modelos y teorías" (*National Science...*, 1996, 214). Con base en esta intención, la EDCC aporta elementos para fundamentar e integrar habilidades de indagación científica, así como una visión adecuada del hacer ciencia. Las experiencias presentadas se enfocan en temas seleccionados por su importancia disciplinaria y curricular dentro de una asignatura. Consideramos que la estrategia de planeación propuesta en la EDCC debe realizarse íntegramente por lo menos sobre el tema central como se ha propuesto aquí, para asegurar las condiciones mínimas del desarrollo adecuado del proceso de construcción por parte de los estudiantes. Así, los conceptos fundamentales, ordenadores, podrán ser abordados y comprendidos adecuadamente. Es muy conveniente realizar la misma tarea de planeación y trabajo en el aula con todas las secciones temáticas o unidades existentes de una asignatura dada, ya que así se podrán abordar todos los temas en las mismas condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALUCEMA, M. A. "Evaluación de las organizaciones conceptuales de estudiantes de biología referidas al concepto de evolución", en M. A. Campos y R. Ruiz, *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM, 1996, pp. 93-111.

AMIGUES, R. "Peer interaction and conceptual change", en H. Mandl, E. DeCorte, N. Bennett y H. Friedrich, *Learning and instruction*, Oxford, Pergamon, 1992, pp. 27-43.

AUSBEL, D. "Aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento", en S. Elam, *Educación y estructura del conocimiento*, Buenos Aires, Ateneo, 1973, pp. 211.238.

BALDERAS, P. "Representación y razonamiento visual en la enseñanza de la matemática", Tesis doctoral, México, UNAM, 1998.

BLOOME, D. "Interacción e intertextualidad en el estudio de la lecto-escritura en las aulas: el microanálisis como una tarea teórica", en M. Rueda y M. A. Campos, *Investigación etnográfica en educación*, México, UNAM, 1992, pp. 123-180.

BUNGE, M. *Teoría y Realidad*, Barcelona, Ariel, 1975.

CAMPOS, M. A. "Estrategias docentes con base en la organización lógico-conceptual del conocimiento en sistemas de educación virtual", en M. A. Campos, *Construcción de conocimiento y educación virtual*, México, UNAM, 2000, pp. 129-143.

CAMPOS, M. A., M. A. Alucema y A. Barahona, "Análisis lógico-epistemológico de la conceptualización de teoría evolutiva moderna de estudiantes de licenciatura", en *Memoria Electrónica del Área II: Currículum, didácticas, procesos y prácticas educativas*, V Congreso Nacional de Investigación Educativa, Aguascalientes, 2000.

CAMPOS, M. A. y L. Cortés. "Conversar, argumentar, explicar: una estrategia para la construcción de conocimiento abstracto", en *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, vol. xxii, núm. 4, 2002a, pp. 113-153.

———. "Interacción y construcción de conocimiento. Proyecto de Investigación", CESU, UNAM, Documento Interno, 2002b.

CAMPOS, M. A., L. Cortés y S. Gaspar. "Organización conceptual de estudiantes de secundaria sobre el concepto de biomoléculas", en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 3, núm. 7, 1999, pp. 27-77.

CAMPOS, M. A., L. Cortés y A. Rossi. "Dinámica de la construcción de conocimiento científico sobre la teoría sintética de la evolución en el aula universitaria", en *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, vol. 4, núm. 2, 2002a

———. "La interacción escolar y la construcción de conocimiento abstract", CESU, UNAM, documento Interno (2002b).

CAMPOS M. A., R. García e I. Galicia. "Contenido lógico-epistemológico de la conceptualización aprendida por estudiantes de licenciatura en Relaciones Comerciales", en *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, vol. 2, núm. 1, 2000a, pp. 36-53.

CAMPOS, M. A. y S. Gaspar. "El Modelo de Análisis Proposicional: un método para el estudio de la organización lógico-conceptual del conocimiento", en M. A. Campos y R. Ruiz, *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM, 1996, pp. 51-92.

———. "Estrategia didáctica para la construcción de conocimiento", en S. Castañeda, *Psicología Educativa*, México, UAG/El Manual Moderno, 2003 (en prensa).

CAMPOS M. A., S. Gaspar y M. A. Alucema. "Análisis de discurso de la conceptualización de estudiantes de biología de nivel universitario", en *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 10, núm. 1, 2000b, pp. 31-71.

CAMPOS, M. A. y M. Rodríguez. "Estrategia de planeación del conocimiento en matemáticas", CESU/UNAM, documento interno, 2003.

CAMPOS, M. A., R. Ruiz y A. Alucema. "Estructuras conceptuales graduadas en el conocimiento aprendido", en M. A. Campos y R. Ruiz, *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM, 1996, pp. 93-111.

CAMPOS, M. A. y C. Salazar. "El aporte escolar a la construcción de sexualidad", en *Revista internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. XIII, núm. 1, 2003 (en prensa).

CAMPOS M. A., C. Sánchez, S. Gaspar y V. Paz. "La organización conceptual de alumnos de sexto grado de educación básica acerca del concepto de evolución", en *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, vol. 1, núm. 1-2, 1999, pp. 39-55.

CORDERO, A. "La inteligibilidad racional y las ciencias", en L. Olivé, *Racionalidad epistémica*, Madrid, Trota, 1992, pp. 123-146.

CORTÉS, L. "Evaluación de la calidad conceptual de estudiantes de secundaria sobre el tema de célula", en M. A. Campos, *Construcción de conocimiento y educación virtual*, México, UNAM, 2000, pp. 35-73.

CULIOLI, A. "Representaciones, procesos referenciales y regulación", en J. Montangero y A. Tryphon, *Lenguaje y cognición*, Guadalajara, UAG/Gamma, 1994, pp. 179-227.

CROWTHER, D. "Here we grow again: applications of research and model inquiry lessons", en *Electronic Journal of Science Education*, vol. 3, no. 3, 1999, <<http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev3n3.html>>

DIJKSTRA, S. H. Leemkuil y J. Rainzijn. "Instruction for learning natural concepts", en H. Mandl, E. DeCorte, N. Bennett y H. Friedrich, *op.cit.*, 1992, pp. 247-260.

DUCHSL, R. "Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual", en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 13, núm. 1, 1995, pp. 3-14.

DUFRESNE, R., W. Leonard y W. Gerace. *Model of knowledge, cognition and learning*, Universidad de Massachussetts, 1995, <<http://umperg.physics.umass.edu>>

FREDERIKSEN, C. "Inference in preschool children's conversations-a cognitive perspective", en J. Green y C. Wallat. *Ethnography and language in educational settings*, Norwood, Ablex, 1981, pp. 303-350.

GAGNON, G. y M. Collay. "Constructivist learning design", 2000, <<http://www.prainbow.com/cld/cldp.html>>

GALICIA, I. "La organización conceptual y la estrategia didáctica del profesor y su relación con el cambio conceptual del alumno", tesis doctoral, UAS, Culiacán, 2002.

GARCÍA, R. "La memoria del educando de nivel superior en dos teorías cognitivas del aprendizaje", en *Paedagogium*, vol. 2, núm. 9, 2002, pp. 24-28.

GARTON, A. *Interacción social y desarrollo del lenguaje y la cognición*, Buenos Aires, Piadós, 1994.

GIERE, D. 1992. *Explaining science. A cognitive approach*, Chicago, The University of Chicago Press.

GONZÁLEZ, P. "El Taller de desarrollo de Habilidades Científicas", ENP/UNAM, documento interno, 2000.

GUILLÉN, F. "¿Qué saben los estudiantes de secundaria sobre evolución?", en M. A. Campos y R. Ruiz, *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM, 1996, pp. 181-207.

HATANO, G. y K. Inagaki. "Desituating cognition through the construction of conceptual knowledge", en P. Light y G. Butterworth, *Context and cognition*, Hillsdale, Lawrence Erlbaum, 1993, pp. 115-133.

HERNÁNDEZ, M. C. "La historia en la enseñanza de la teoría de la selección natural", tesis doctoral, UNAM, México, 2002.

JACOB, E. "Context and cognition: implications for educational innovators and anthropologists", en *Anthropology and Education Quarterly*, vol. 28, núm. 1, 1997, pp. 3-21.

JIMÉNEZ, M.P. "Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers", en *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 31, núm. 5, 1994, pp. 519-536.

KAMEN, M., et al. "A multiple perspective analysis of the role of language in inquiry science learning", en *Electronic Journal of Science Education*, vol. 2, núm. 1, 1997. <<http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev2n1.html>>

KUHN, T. *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1971.

LAKATOS, I. "La falsación y la metodología de los programas de investigación científica", en I. Lakatos y A. Musgrave, *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona, Grijalbo, 1970, pp. 203-343.

LECOURT, D. *Para una crítica de la epistemología*, México, Siglo XXI, 1973.

LEDERMAN, N. "The state of science education: subject matter without a context", en *Electronic Journal of Science Education*, vol. 3, núm. 2, 1998. <<http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev3n3.html>>

LEMKE, J. *Talking science*, Norwood, Ablex, 1992.

MEDIN, C. y W. Wattenmaker. "Category cohesiveness, theories and cognitive archeology", en U. Neisser, *Concepts and conceptual development*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989, pp. 25-62.

MULDER, D. "Explanation, understanding and subjectivity", en *Paideia*, 2002 <<http://www.bu.edu/wcp/Papers/TKno/TKnoMuld.htm>>

NEISSER, U. "From direct perception to conceptual structure", en U. Neisser, *op. cit.*, pp. 11-23.

NELSON, L. "Recent trends in economics education", 1997 <<http://www.indiana.edu/%7Essdc/econodig.htm>>

NOVAK, J. y J. Gowin. *Learning how to learn*, Nueva York, Cambridge University Press, 1984.

PATRICK, J. "Global trends in civic education for democracy", 1997 <<http://www.indiana.edu/%7Essdc/lotrdig.htm>>

PATRÓN, R. y M. A. Campos. "Estructuración conceptual sobre investigación educativa de estudiantes de Pedagogía en México (Universidad Intercontinental) y España (Universidad de Salamanca)", en *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, vol. 4, núm. 1, 2002, pp. 75-89.

PERELMAN, Ch. y L. Olbrechts-Tyteca. 1989. *Tratado de la argumentación*, Madrid, Gredos.

PINKERTON, K. "Enhancing conceptual learning by understanding levels of language-rich teaching", en *Electronic Journal of Science Education*, vol. 3, núm. 1, 1998 <<http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev3n1.html>>

PONTECORVO, C. "Social context, semiotic mediation and forms of discourse in constructing knowledge at school", en H. Mandl, E. DeCorte, N. Bennett y H. Friedrich, *op. cit.*, 1992, pp. 1-26.

POPPER, K. *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecno, 1962.

ROHWER, W. y J. Thomas. "Domain-specific knowledge metacognition and the promise of instructional reform", en C. McCormick, G. Miller y M. Pressley, *Cognitive strategy research*, Nueva York, Springer-Verlag, 1989, pp. 3-32.

SYMONS, S. et al., "Why be optimistic about cognitive strategy instruction?", en C. McCormick, G. Miller y M. Pressley, *op.cit.*, 1989, pp. 104-132.

SÁNCHEZ, M. C. "La enseñanza de las ciencias en el contexto del cambio conceptual", en M. A. Campos, *Construcción de conocimiento y educación virtual*, México, UNAM, 2000, pp. 75-112.

SCARDAMALIA, M. y C. Bereiter. "Computer support for knowledge-building communities", en *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 3, núm. 3, 1994, pp. 265-283.

SCHULMAN, L y N. Carey. "Psychology and the limitations of the individual rationality", en *Review of Educational Research*, vol. 54, núm. 4, 1984, pp. 501-524.

SOLSONA, N. "Un modelo para la instrumentación didáctica del enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad", en *Pensamiento Educativo*, vol. 24, 2000, pp. 57-76.

STERNBERG, R. "The psychology of verbal comprehension", en R. Glaser, *Advances in instructional psychology*, vol. III, Hillsdale, LEA, 1987, pp. 97-150.

VAN DIJK, T. *Critical discourse analysis*, en D. Tannen, D. Schiffrin y H. Hamilton. *Handbook of Discourse Analysis*, 1998 <www.let.uva.nl/~teun>

_____. *Teoría del Contexto*, 2000 <www.let.uva.nl/~teun>.

VAN DIJK, T. y T. Kintsch. *Strategies of discourse comprehension*, Orlando, Academic Press, 1983.

VOSS, J. "Reasoning by argumentation", en H. Mandl, E. DeCorte, N. Bennett y H. Friedrich, *op.cit.*, 1992, pp. 305-319.

WILSON, B. y P. Cole. "Cognitive teaching models", en D. Jonassen, *Handbook of research in instructional technology*, Nueva York, Scholastic Press, 1996 <<http://carbon.cudenver.edu/~bwilson/hndbkch.html>>

Educación Básica. Secundaria. Planes y programas de estudio, México, SEP, 1993.

Science/Technology/Society: a new effort for providing appropriate science for all, National Science Teachers Association, Washington, 1990.

Science and Technology for Children, National Science Resource Center, Washington, 1990.