

Conversar, argumentar, explicar: una estrategia para construir conocimiento abstracto

Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), vol. XXXII, núm. 4, pp. 115-156

Miguel Ángel Campos Hernández*

Instituto de Investigaciones en Matemáticas
Aplicadas y en Sistemas, UNAM

Leticia Cortés Ríos**

Dirección General de Educación Normal
y Actualización del Magisterio, SEP

Profesora: ... ¿Alguno de ustedes puede decirme por qué los organismos se adaptan a diferentes ambientes?

Alumna: Porque necesitan evolucionar para así sobrevivir en un ambiente determinado, para sobrevivir y dejar descendencia y morir dejando nuevas especies.

P: ¿Cómo explican que haya tanta diversidad de especies biológicas?

Alo: ... por lo mismo de que algunos seres vivos diferentes dejan descendencia y se forman nuevas especies, por eso hay tanta variabilidad.

P: La variación puede favorecer a los organismos que la presentan, produciendo una mayor cantidad de descendientes. ¿Qué es lo que se hereda?

Alo: Los genes que permiten la supervivencia y lo preservan.

INTRODUCCIÓN

Este diálogo es parte de una sesión de la asignatura Biología I de séptimo grado (primer grado de la Educación Media Básica), en la que se realizó este estudio. Para la estudiante que responde a la primera pregunta, la adapta-

* campos@servidor.unam.mx

** Deseamos agradecer a la profesora Patricia Ordóñez y a la profesora Graciela Carreño, Directora de la escuela, su disposición y apoyo para la realización de este estudio.

ción es una necesidad de los organismos para evolucionar, y no hace una clara diferencia entre adaptación y diversidad biológica. Ante la aclaración de la profesora sobre cómo incide la variación en ese proceso, un estudiante acota correctamente sobre la herencia, a lo que sigue una discusión sobre aspectos genéticos. Este breve segmento ilustra los problemas de conceptualización durante el proceso de construcción de conocimiento formal, en particular en este nivel escolar. Diversos factores convergen en esta problemática: la complejidad del conocimiento científico, estrategias didácticas y estrategias de aprendizaje inadecuadas, todo en un contexto curricular, escolar y social que no favorece el fortalecimiento de dicha conceptualización.

El conocimiento científico es un sistema socialmente construido de ideas, suposiciones, definiciones, conceptos y procedimientos compartidos por una particular comunidad científica (Giere, 1992) que se desea enseñar en el aula. Existen importantes esfuerzos orientados a este propósito en diversos niveles escolares, con objetivos integrativos, por ejemplo, ciencia, tecnología y sociedad (CTS) o ciencia y tecnología para niños (CTN) o basados en disciplinas. Sin embargo, no se ha trabajado adecuadamente sobre el proceso de conceptualización, ya que en el mejor de los casos se reflexiona sobre la importancia del conocimiento o sus aplicaciones, sin establecer relaciones entre las ideas involucradas ni analizar el andamiaje epistemológico en que están ubicadas. Se requiere proveer ambientes de aprendizaje que permitan a los estudiantes asimilar y reconstruir la estructura lógico-conceptual, epistemológica y metodológica del conocimiento científico, y habilidades cognitivas que le dan soporte, en un contexto reflexivo que incluya actividades prácticas y significativas y adecuadas al nivel escolar.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El trabajo que se reporta es parte de un proyecto mayor en que se estudia *el proceso de construcción de conocimiento y la organización conceptual resultante de los estudiantes*, con base en una estrategia didáctica orientada a dicha construcción de conocimiento (EDCC) (Campos y Gaspar, 2002). En este caso se trata de la asignatura de Biología I de séptimo grado, en particular el tema de evolución, seleccionado por su importancia disciplinaria y curricular. La EDCC parte de las propias características lógico-conceptuales y epistemológicas del conocimiento que se desea enseñar, y se fundamenta en teorías de carácter epistemológico, cognitivo, sociolingüístico, sociocultural, de comprensión y de construcción de categorías (véase el apartado III: Marco teórico); sus características metodológicas se resumen más adelante (véase el apartado IV, A: La estrategia didáctica). Se centra en el nivel explicativo,

ya que es el ámbito epistemológico en el que se asienta la conceptualización científica y el ámbito cognitivo de los procesos de razonamiento, y en el cual se han observado problemas importantes (Campos, Cortés y Gaspar, 1999; Cortés, 2000). Las experiencias preliminares con la EDCC han mostrado resultados alentadores (Campos, 2000; Campos *et al.*, 2001). Las preguntas de investigación son las siguientes: ¿Qué características tiene el conocimiento científico que se reconstruye cotidianamente en el aula, y qué formato interactivo e intertextual le subyace?, ¿qué dificultades presentan los estudiantes en el proceso de formalización del conocimiento al pasar de la conversación a la argumentación y a la explicación?, ¿se mejora la calidad de la organización conceptual con esta estrategia didáctica?

El proceso áulico se estudia mediante análisis de la interacción y el contenido de enseñanza con base en registros videograbados. La organización conceptual producida por los estudiantes se estudia mediante análisis proposicional basado en exámenes tipo ensayo aplicados antes y después de la aplicación de la EDCC. Los resultados podrían aportar elementos para comprender problemas específicos de conceptualización en el plano lógico y epistemológico, y sugerir alternativas didácticas para superarlos.

II. ASPECTOS CONTEXTUALES

Los programas oficiales para la educación media básica (*Plan y Programa de Estudio*, 1993) pretenden que los estudiantes “adquieran los elementos básicos de una cultura científica que les permita enriquecer su visión del mundo y valorar los beneficios que aporta la ciencia a la humanidad”, y plantean una estrecha relación entre la enseñanza de la ciencia y el ámbito social y personal de los estudiantes, con un enfoque constructivista, de manera que se logren aprendizajes significativos. Para ello, los contenidos de enseñanza tratan de facilitar las explicaciones integradoras, la comprensión de la actividad científica como herramienta que favorezca el conocimiento de la naturaleza, y el desarrollo de habilidades para resolver problemas. En el caso de las ciencias naturales, se tiene el propósito general de conocer el mundo viviente, y en particular: a) estimular el interés por la actividad científica para conocer el mundo vivo, b) desarrollar actitudes responsables en el cuidado de la salud y el ambiente y c) propiciar habilidades metodológicas para resolver problemas.

Los contenidos de biología se presentan en los grados séptimo y octavo, en cinco unidades en cada uno, durante dos meses cada una, en tres horas semanales en el primero y dos en el segundo. El tema de *Evolución: cambio de los seres vivos en el tiempo* es la segunda unidad del séptimo grado,

en la que se analiza el desarrollo histórico de la teoría evolutiva, la importancia del trabajo de Darwin y la síntesis evolutiva moderna (*Libro para el Maestro*, 1995: 13-27). Le precede la unidad *El mundo vivo y la ciencia que lo estudia*, que trata la distinción entre seres vivos y materia inerte, y el panorama histórico de la biología y su metodología, con laboratorio y prácticas de campo. Se continúa con la unidad *Los seres vivos en el planeta*, que incluye el origen de la vida, eras geológicas, cambios anatómicos, fisiológicos y conductuales de los seres vivos y en el hombre en particular, biodiversidad y el contexto nacional, y sistemas de clasificación. El programa anual del séptimo grado termina con las unidades de *Ecología: los seres vivos y su ambiente* y *Genética: la ciencia de la herencia*.¹

Aprender estos temas no es fácil, ya que además de entender el carácter descriptivo (clasificaciones y nomenclatura) y experimental de la biología, se requiere comprender una gran cantidad de conceptos muy abstractos, por ejemplo, funciones celulares (alimentación y transporte celular, transformación de energía), procesos de transcripción (transferencia de información genética), Leyes de Mendel y recombinación genética y mecanismos evolutivos, todo ello desde la perspectiva evolucionista actual. Se trata de modelos de procesos naturales que no corresponden al lenguaje cotidiano de los estudiantes, ni al mundo que pueden percibir con los sentidos (Fisher, 1992). Rudolph y Stewart (1998) muestran dificultades en la comprensión de conceptos fundamentales del darwinismo. Bishop y Anderson (1990) y Desmastes (1992) señalan las dificultades para establecer relaciones entre el pensamiento evolutivo y las concepciones de los estudiantes al respecto. De hecho, los estudiantes presentan explicaciones que difieren del pensamiento científico actual (Settlage, 1994; Trowbridge y Wandersee, 1994), o concepciones alternativas, como intentos de comprender el mundo natural, y que se deben a conflictos entre el conocimiento científico y la religión (Desmastes, 1992; Bishop y Anderson, 1990), o a perspectivas *esencialistas* (atribuir caracteres estrictos e invariables a los seres vivos), *mecanicistas* (considerar mecánicos y predecibles a los procesos naturales), o *teleológicas* (creer que los procesos naturales se dirigen a una meta prefijada) (Mayr, 1961).

En los niveles escolares equivalentes a la educación media básica (grados séptimo-noveno), desde los estudios de Jungwirth (1975) y Deadman y Kelly (1978), se reporta que los estudiantes seleccionan afirmaciones teleo-

¹ En el 8o. grado se revisan las unidades: Niveles de organización, La célula, Funciones biológicas vegetales y animales, Reproducción humana, y La salud. Todo el 9o. grado está dedicado a educación ambiental.

lógicas (por ejemplo, las plantas se adaptan a su entorno para sobrevivir), factuales (por ejemplo, las plantas se adaptan a su entorno) o antropomórficas (por ejemplo, las plantas se adaptan a su entorno porque quieren hacerlo), cuando se les proponen explicaciones sobre los procesos de evolución. En nuestro contexto se ha mostrado que los estudiantes confunden conceptos claves de la evolución (Guillén, 1996; Cortés, 2000) y presentan imprecisión conceptual e inadecuado tratamiento de explicaciones (Campos, Cortés y Gaspar, 1999). En otros niveles escolares se han observado dificultades similares, lo que sugiere una problemática general (por ejemplo, Campos *et al.*, 1999, en sexto grado; Sánchez, 2000 y Campos *et al.*, 2001, en grados décimo-duodécimo; Alucema, 1996 y Campos, Gaspar y Alucema, 2000, en grados décimo tercero en adelante, estudiantes de la carrera de biología).

Este estudio se realizó en una escuela secundaria federal, integrada por 29 grupos (matutinos y vespertinos), en la que se propicia la experimentación pedagógica. La mayoría de sus 98 profesores provienen de la Escuela Normal Superior de México. La escuela cuenta con cooperativa escolar, programas de difusión cultural y psicopedagogía, sala de lectura para alumnos y para profesores, talleres pedagógicos, control escolar y servicios (médico y dental, idiomas, mapoteca, fotocopiadora). Los estudiantes ingresan a los 12 o 13 años y son de nivel socioeconómico medio bajo.

III. MARCO TEÓRICO

A. La teoría evolutiva²

La evolución es el elemento integrador de la biología (Dobzhansky, 1973; Sober, 1993). De acuerdo con la teoría de la evolución, ésta es un *hecho*, ya que los organismos existen por un proceso natural de descendencia reproductiva desde organismos muy diferentes a sí mismos; además es una *trayectoria* (filogenia), que los organismos presentan a través del tiempo (Ruse, 1996).

En la actualidad, la teoría sintética de la evolución consolida los principios fundamentales del darwinismo (Stebbins y Ayala, 1985): la evolución tiene lugar por selección natural de las diferencias hereditarias que surgen aleatoriamente en cada generación, en respuesta a las exigencias del medio, de manera que aquellas diferencias que confieren a sus portadores una

² Esta sección se basa en el aporte de Angélica Alucema sobre el tema al proyecto general en que se inscribe este estudio.

mayor adaptación al medio se multiplicarán y las que no, se eliminarán, todo en un proceso gradual; a estos principios se integran los avances de la genética moderna, la paleontología y la dinámica de poblaciones, así como las nociones de adaptación y diversidad de los seres vivos. La diversidad genética es muy importante, ya que habiéndose originado por mutaciones y recombinación de genes, sobre ella actúa la selección natural, lo cual tiene como resultado una evolución gradual (Barahona, 1995).

A esta amplitud categorial hay que agregar los diferentes métodos de producción del conocimiento (Suárez, 1996) y los múltiples niveles de causación al respecto (Mayr, 1961, 1982; Sober, 1993); éstos se sintetizan en *causas próximas* (funciones de un organismo y sus partes, así como su desarrollo, desde la morfología funcional hasta la bioquímica de acuerdo con su programa genético) y *causas últimas* (evolutivas, o cambios en el programa genético a través del tiempo). Lo anterior da una idea de la complejidad de la teoría evolutiva moderna, y que constituye la *demanda epistemológica que los estudiantes enfrentan en la clase escolar*.

B. La construcción del conocimiento

El aprendizaje del conocimiento científico es un proceso constructivo de representaciones semióticas y lógico-categoriales. Inicialmente son incompletas e imprecisas y mejoran conforme se articulan nuevos conocimientos, siempre como una *versión* propia de cada estudiante. Debido a que se genera a partir del encuentro con conocimiento científico, hace referencia a sus características lógico-conceptuales en por lo menos tres niveles epistemológicos: descripción, explicación y ejemplificación. Esta referencia es crucial para determinar la validez científica del conocimiento construido. Los conceptos en cada nivel se construyen jerárquicamente, de acuerdo con el propio conocimiento previo (Ausubel, 1973), las relaciones con otros conceptos (Sternberg, 1987), las formas de interacción que se tiene con objetos a que dichos conceptos se refieren (Medin y Wattenmaker, 1989), y el contexto temático-situacional. De ahí la dificultad de asimilar conceptos abstractos, especialmente en estudiantes de educación media básica.

Además de ser un proceso de construcción activo (Piaget) y significativo (Ausubel), el aprendizaje es social (Vigotsky). Desde una perspectiva sociolingüística, cada miembro del grupo escolar participa de manera estratégica en la dinámica grupal, decidiendo qué y cómo hacer o decir (o no hacerlo), reaccionando a participaciones de otros (individuales o en secuencias completas), y en simultaneidad con otros (Bloome, 1992). Este *proceso de interacción* involucra lenguaje gestual y verbal. Este último expresa los significados temáticos de los participantes en forma de textos, que se

yuxtaponen para compartirlos significativamente (*ibid.*). Su contenido semiótico se configura a partir de claves de contextualización (*ibid.*), que los participantes se presentan entre sí, sobre la posibilidad o necesidad de participar, cómo y respecto a qué contenidos, en la secuencia de acciones y reacciones del proceso interactivo. Cuando estas claves son compartidas, los textos yuxtapuestos generan un *proceso intertextual*, es decir, las bases materiales del *proceso social de construcción de conocimiento*. Un *formato intertextual* (Campos y Gaspar, 2002) contiene los modos de interacción predominantes en una situación dada, a partir de los cuales se producen acciones, su secuencia (preguntas, comentarios, turnos), así como las articulaciones temáticas y cambios temáticos (lógico-categoriales) y semánticos.

La interacción permite a los estudiantes hacer modificaciones a su conocimiento. En ese caso se reorganiza activamente algún patrón de significado existente (Novak y Gowin, 1984), se logra una mejor comprensión del tema (Sternberg, 1987; King, 1994) y se desarrollan las estructuras cognoscitivas (Ausubel, 1973). Se trata de la construcción de conocimiento como proceso y como producto, ya que al aprender significativamente se modifica la cantidad de información que se tiene sobre un tema, su calidad, la capacidad de usarlo en diversos contextos teóricos y empíricos, y las posibilidades de seguir aprendiendo.

El profesor incide directamente en este proceso áulico, al mediar entre la experiencia histórica científica y la experiencia cognoscitiva diferenciada de sus estudiantes, introduciendo una conceptualización y una terminología particulares a la clase. La interacción con el profesor, sus compañeros y otras fuentes, ofrece el potencial para producir conocimiento propio que tendrá contenidos y características en común respecto al de ellos. La organización conceptual se reconstituye y se comunica en contextos interactivos (van Dijk y Kintsch, 1983; Sternberg, 1987), en forma de discurso. Los componentes discursivos tienen funciones semánticas y sintácticas específicas (Lemke, 1992 o 1990), ya que mediante el acceso lexical (Levelt, 1992) se seleccionan formas gramaticales que comunicarán un significado deseado, generando enunciados proposicionales (Frederiksen, 1983). A pesar de las diferencias semánticas y lógicas que produce cada participante en dicho contexto, se presentan similitudes categoriales que permiten la comunicación y el proceso intertextual.

C. El Modelo de Análisis Proposicional

La organización conceptual que se va comunicando en forma de textos, se estudia mediante análisis proposicional. Existen diversas modalidades sociolingüísticas de análisis de discurso y sólo algunas abordan contenidos científicos en términos generales (Lemke, 1990; Candela, 2001; Kelly y Crawford,

1997). El Modelo de Análisis Proposicional (MAP) (Campos y Gaspar, 1996; 2001) aborda explícitamente las dimensiones lógica y epistemológica del discurso desde una perspectiva interpretativa y constructivista (van Dijk, 1983). A continuación se presenta un apretado resumen.

Se parte de proposiciones (P) o enunciados conformados por componentes semánticos con referencias conceptuales al conocimiento, y relacionales (sus estructurantes lógicos), denominados conceptos (C) y relaciones lógicas (R), respectivamente. En general se presentan otros componentes (O) muy importantes, que dan matiz o fluidez al discurso. Con ello, las P tienen estructura sujeto/predicado, están asociadas a una zona de conocimiento, comunican significado temático y contextual, y las forman por lo menos dos C y una R que los conectan, en forma de estructuras CRC (por lo general con varios C, R, O). Por razones analíticas, los sustantivos (simples o compuestos, o expresiones sustantivadas) enuncian C, ya que sintácticamente denominan o definen objetos y procesos. Las formas estándares de la lógica, las formas verbales, y otras expresiones gramaticales enuncian R. Un concepto que se encuentra en dos o más P se llama concepto núcleo, y representa un referente lógico-cognitivo que organiza segmentos particulares de conocimiento. Esta estructura se ilustra en un mapa proposicional, siguiendo directamente la forma del discurso.

El análisis de correspondencia subsecuente permite estudiar la organización conceptual producida por cada estudiante. Consiste en identificar la similitud semántica entre el discurso de cada estudiante y uno epistemológicamente válido y adecuado al nivel escolar, llamado referente-criterio, con base en el contexto temático (conocimiento científico) y situacional (aula, escuela y otros factores externos). El criterio se elabora con base en los niveles epistemológicos descriptivo, explicativo y ejemplificativo. Con ello se determinan las características lógico-conceptuales y epistemológicas del texto de cada estudiante, que mostrará parcial o totalmente el contenido del criterio si tiene o ha aprendido el conocimiento bajo análisis. Se determina correspondencia en tres dimensiones: a) conceptual, entre expresiones discursivas del estudiante y los C del criterio y representa asimilación temática y conforma la zona de correspondencia, sobre la cual se elabora el mapa proposicional de correspondencia; b) relacional, entre expresiones discursivas del estudiante y las R del criterio requeridas para conectar los C en correspondencia y representa asimilación de la configuración lógica del contenido temático identificado anteriormente; y c) con el núcleo: entre expresiones discursivas del estudiante y conceptos núcleo del criterio y repre-

senta asimilación de conceptos organizadores.³ Para apreciar la precisión lógico-conceptual, se determina el tipo de correspondencia en cada caso: idéntica (igual terminología que el criterio), equivalente (términos diferentes pero con significado similar al del criterio) y alusiva (referencias periféricas al significado del criterio).⁴ Esta aproximación cualitativa se puede completar cuantitativamente (véase anexo 1).

IV. METODOLOGÍA

A. La estrategia didáctica y el criterio

Con base en la EDCC (Campos y Gaspar, 2002), se realizó el diseño didáctico sobre la teoría evolutiva moderna, seleccionada por su importancia curricular y disciplinaria. La EDCC está configurada por: a) Base Lógico-Conceptual del conocimiento que se desea enseñar, estructurada por el referente-criterio mencionado; b), Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas, configurada por los niveles epistemológicos descriptivo, explicativo y ejemplificativo, y los niveles estratégicos de conversación, argumentación y explicación;⁵ y c) Unidades Didácticas, constituidas por unidades temáticas (temas estructurados con base en segmentos proposicionales del criterio), preguntas-guía, actividades específicas, recurso didáctico, ficha de contenido (que amplía los aspectos temáticos sintetizados en el criterio), y tiempos. Para este estudio se preparó el siguiente criterio (analizado por componentes semánticos (Pi, C, R, O), en respuesta a las siguientes preguntas: ¿qué entiendes por teoría sintética de la evolución?, ¿cómo se explica el origen y la diversidad de las especies de acuerdo con la TSE? Da un ejemplo de evolución de acuerdo con la TSE:⁶

³ La correspondencia así identificada representa el conocimiento que posee el estudiante de acuerdo con los estrictos requisitos sintéticos del criterio; los elementos de su texto sin correspondencia pueden ser correctos, pero no pertinentes con dichos requisitos, o incorrectos.

⁴ En sentido estricto, toda correspondencia es equivalente. Sin embargo, existen grados de precisión. La correspondencia idéntica se basa en el uso interactivo de ciertos términos en clase.

⁵ Se reserva la *argumentación* para el razonamiento con conocimiento informal, y la *explicación* para razonamiento con conocimiento científico.

⁶ Este criterio fue estructurado con base en uno para el nivel de educación superior, elaborado por Ana Barahona, bióloga experta en evolución e historia de la biología, como base conceptual en el área de biología del proyecto general en que se inscribe este estudio.

- 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, el cual 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 efectuar esta adaptación si su genética se lo 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.

Este criterio contiene los tres niveles epistemológicos: descriptivo (P1, P6 y P7), en el que se establece la selección natural como teoría base y las aportaciones de otras ciencias para constituir la teoría sintética de la evolución (TSE); explicativo (P2-P5), en el que se explica el origen y la diversidad de las especies biológicas por mutación y la acción de la selección natural sobre ciertas características que favorecen la adaptación al medio y sus

consecuentes posibilidades de sobrevivencia y transmisión hereditaria; y ejemplificativo (P8-P10), en el que se ilustra lo anterior. Sus conceptos núcleo son: teoría sintética de la evolución (en P1-P3 y P5), selección natural (P1-P2, P5), especie (P2-P3, P7), mutación (P2-P3), variabilidad (P3, P7), cambio (P3, P6, P8), gene (P3-P4), organismo (P4-P6), y ambiente/condiciones ambientales, (P4, P6-P7). La figura 1 muestra el mapa proposicional del criterio. Éste es el nivel de demanda cognitiva que se espera que cumplan los estudiantes. A partir de la Base Lógico-Conceptual se elabora la Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas:

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

Las celdas del cuadro anterior contienen las unidades temáticas (el anexo 2 muestra la forma sintética de las nueve Unidades Didácticas planeadas para este trabajo; por razones de espacio no se incluye la ficha de contenido de cada una). La secuencia prevista en la estrategia didáctica es la siguiente: a) se parte del nivel conversacional y descriptivo por parte de los estudiantes (celda superior izquierda) con base en preguntas guía, con el propósito de iniciar y abrir el diálogo, que expresen sus ideas en cualquier nivel de complejidad y formalidad, y de detectar conocimiento previo; b) se transita por un nivel argumentativo sobre las descripciones presentadas (celda superior intermedia), con el propósito de detectar el nivel de explicación (formal o informal) que utilizan los estudiantes respecto de su propio conocimiento; c) se continúa con el nivel explicativo, iniciándolo informalmente (plano conversacional, celda intermedia izquierda) e indagando sus razones (plano argumentativo, celda intermedia); d) se pasa a las explicaciones científicas (plano explicativo, celda intermedia derecha). El nivel de ejemplificación en los tres planos estratégicos sirve como soporte de toda la experiencia. Si bien los estudiantes pueden moverse en diferentes niveles libremente, el docente se centra en un plano estratégico y epistemológico a la vez; lleva a los estudiantes del conocimiento informal al formal; modula el abordaje concreto y abstracto, en forma reflexiva, crítica, organizada, y permite que los alumnos construyan su propia organización conceptual.

B. Procedimiento

La EDCC se trabajó en un grupo escolar del séptimo grado, formado por 30 estudiantes, en el tema de la teoría de la evolución, cambio de los seres en el tiempo, de la asignatura de Biología I, en una de las tres sesiones semanales, de una hora, durante siete semanas. Se videograbó la experiencia en su totalidad. Se analizó la interacción y la intertextualidad con base en una matriz en la que se registra la participación de profesores y estudiantes, su contenido, referencia al criterio, formas lógicas y de interacción (véanse ejemplos de algunos segmentos en el apartado siguiente).

Con el propósito de detectar conocimiento previo y sus transformaciones conceptuales en detalle, y de evaluar los resultados de la estrategia didáctica, se aplicó un examen con las mismas preguntas que se responden en el criterio, antes de la experiencia y dos semanas después de haberla terminado, en 20 minutos en ambas ocasiones:⁷

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

Con propósitos comparativos y para fortalecer la evaluación de la estrategia, se aplicó el mismo examen, en las mismas condiciones (indicaciones, duración y fechas) a un segundo grupo (B). Éste estaba formado por 33 estudiantes, en el que no se hizo ninguna indicación didáctica ni de contenido a la profesora:⁸ siguió su procedimiento regular con base en cuadros sinópticos y palabras clave, que los estudiantes registran en sus cuadernos. Sólo 25 de cada grupo respondieron ambas pruebas, las cuales se analizaron con el Modelo de Análisis Proposicional.

⁷ Por estar planteado en un nivel de demanda cognoscitiva de tipo argumentativo, se reduce la posibilidad de que se produzcan respuestas memorizadas, repetitivas, efecto que se fortalece con este periodo posterior de dos semanas para su aplicación.

⁸ La profesora Patricia Ordóñez, titular de ambos grupos de este estudio, tiene 19 años de experiencia como docente de biología en este nivel escolar. En este estudio se autorizó a uno de los autores, con 27 años de experiencia docente, y colaboradora de esta secundaria desde hace varios años, a enseñar el tema de evolución en el grupo A.

V. ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN INTERTEXTUAL DEL CONOCIMIENTO

A. El proceso de construcción

La EDCC se inició con intercambio de ideas en el nivel conversacional, con base en las preguntas guía (véase unidad didáctica 1, sesión 1 en el anexo 2):

<i>Evento</i>	<i>Referencia al criterio</i>	<i>FL</i>	<i>FI</i>
1P: /La maestra inicia el abordaje de la sesión y de la TSE:/ ¿De dónde proviene el ser humano?	P2: La TSE explica el origen... de las especies.	Sec	InCI, InT, IndP, Preg
2AI: De los microorganismos que existieron en el mar.	P2: ... origen...	Sec	Resp
3P: /Gestualmente solicita otra respuesta/	P2: La TSE explica el origen... de las especies	Sec	IndP
4AI: Según lo que he leído y según lo que pienso, todos los demás seres vivos provienen de un ancestro común.	P2: ... origen...	Sec, Gral	Resp, ReIT

La interacción es informal en el nivel descriptivo del tema, expresando ideas y conocimientos sin entrar a una discusión formal, ni explicaciones de la profesora. Ella (1P) inicia la clase (InCI) y el tema (InT) con referencia parcial a la descripción general establecida en el criterio, sobre lo cual se realizará el abordaje argumentativo y explicativo formal en las fases de interacción subsecuentes: en términos de los conceptos *origen* y *hombre* (como ejemplo de *especie*), con base en un formato lógico de secuencia (FL: Sec) y en las forma interactivas de indicación para participar (IndP) y pregunta (Preg). Esto invita a los estudiantes a responder (2AI y 4AI), quienes muestran conocimientos generales (microorganismos, seres vivos, ancestro común) con referencia al *origen* de las especies en la estructura criterio, y con base en el mismo formato lógico (FL: Sec), expresado en dos momentos: de microorganismos a *hombre* (2AI) y de ancestro común a seres vivos (4AI); en el segundo caso, planteado como generalización (Gral). Las participaciones de ambos estudiantes en la incipiente interacción se da en forma de respuesta (Resp) a la pregunta planteada.

Se observa aquí que la profesora usa una clave de contextualización (1P) con contenido temático (pregunta *sobre* el origen del hombre) y semiótico (pregunta *para* solicitar respuesta); un estudiante responde temáticamente, yuxtaponiendo su texto al de la profesora; ella busca más respuestas con un gesto (3P), a lo que un segundo estudiante (4AI) responde diferenciando su texto respecto al del primero, haciendo referencia a lecturas previas. Debido a que no hay discusión, conclusión o evaluación sobre estas preguntas, mientras que se está generando la conversación, sólo se están sentando las bases de la intertextualidad. Con este pequeño segmento se aborda 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. A través de una fase argumentativa, se llegará a plantear de manera cuidadosa el andamiaje epistemológico, conceptual y relacional, de la teoría evolutiva.

En el mismo plano conversacional, la profesora continúa con otra pregunta para introducir la idea de evolución, que se conectará más adelante con el concepto de origen de las especies:

<i>Evento</i>	<i>Referencia al criterio</i>	<i>FLC</i>	<i>FI</i>
5P: ¿Qué entiendes por evolución?	P5: Según la TSE, la evolución es el resultado de la selección natural.	Eq	CaT, Preg
6AI: Es el proceso de cambio de un ser vivo por medio de la adaptación.	P5-P4:... la evolución... [permite]... la adaptación.	Eq, Sec, Mediac	Resp
7AI: Es el proceso por medio de la adaptación, por el cual los seres humanos han existido y permitido que nazcan otros.	P5:... la evolución... [permite]... que los individuos... dejen descendencia.	Eq, Sec, Mediac, Caus, Exist,	Resp, Compl
8AI: Es la forma en que un organismo se adapta, por el cual los seres vivos se crean.	P5-P4:... la evolución... [permite]... la adaptación.	Eq, Caus	Resp, Compl.
9AI: Es un proceso de adaptación que permite sobrevivir.	P5-P4-P5:... la evolución... [permite]... la adaptación... que se sobreviva.	Eq, Caus	Resp, Compl.
10AI: Es un proceso de cambio que duró varios millones de años.	—	Sec, Exist	Resp, Compl

Con ello, la profesora cambia de tema (CaT), con indicación de participación (IndP) en forma de pregunta (Preg), solicitando algún significado equivalente (FL: Eq) al concepto de evolución. Todavía no menciona ni pregunta por las causas. Nuevamente algunos estudiantes responden a esta invitación (Resp), mostrando conocimientos diversos (basados en conceptos como proceso, cambio, adaptación, transmisión entre generaciones, sobrevivencia, tiempo). Además de dar ideas equivalentes a la noción de evolución, los estudiantes las articulan lógicamente en forma importante: causalidad (Caus), mediación entre eventos o procesos (Mediac), y secuencia (Sec). Cada participante agrega (Compl) nuevas ideas, por lo que la intertextualidad se va enriqueciendo poco a poco.

Como se puede notar, la sesión ha iniciado informalmente, en un plano conversacional dirigido a partir de preguntas base, antes de entrar al plano argumentativo y explicativo formal de acuerdo con la teoría sintética de la evolución. Además, se detectó conocimiento previo. Este segundo segmento es similar al anterior en cuanto a la interacción y la intertextualidad, aunque más extendido: la profesora usa la misma clave (en esta ocasión *sobre* la evolución), y los estudiantes entienden que pueden participar libremente, tomando la decisión de hacerlo (5AI-9AI), yuxtaponiendo sus textos y complementándose. Debido a que tampoco hay discusión, conclusión o evaluación sobre los contenidos presentados, se fortalecen las bases de la intertextualidad sin establecerse plenamente. Integrando estos segmentos se observa un formato pre-intertextual de preguntas y respuestas con estructuras conceptual-relacionales compartidas.

Después de comentar brevemente las razones sobre sus respuestas (nivel argumentativo), en las siguientes cuatro sesiones se abordaron los temas de adaptación (organismos, ambiente, supervivencia) y diversidad y origen de las especies (especiación, evolución, cambio, extinción, selección natural, genética, mutaciones; Unidades Didácticas 2-5, anexo 2), haciendo una integración al final (sesión 6, unidad didáctica 9, anexo 2). En esta parte de la experiencia didáctica se dio el diálogo presentado al inicio de este trabajo, en plena discusión sobre el origen y la diversidad de las especies, en el nivel explicativo formal, de acuerdo con la teoría evolutiva, y que ahora analizaremos con más detalle:

<i>Evento</i>	<i>Referencia al criterio</i>	<i>FL</i>	<i>FI</i>
15P ...¿Alguno de ustedes puede decirme por qué los organismos se adaptan a diferentes ambientes?	P4, P6: La selección natural establece que... los organismos... se adapten al ambiente. La adaptación es un proceso mediante el cual los organismos se adaptan al ambiente.	Caus, Incl	Preg
16Aa: Porque necesitan evolucionar para así sobrevivir en un ambiente determinado, para sobrevivir y dejar descendencia y morir dejando nuevas especies.	P5: ...los individuos... sobreviven y dejan descendencia.	Caus, Sec, Incl	Resp
17P: ¿Cómo explican que haya tanta diversidad de especies biológicas?	P2: La TSE explica el origen y la diversidad de las especies...	Expl, Dif	Preg, Prec
18Aa ... por lo mismo que algunos seres vivos diferentes dejan descendencia y se forman nuevas especies, por eso hay tanta variabilidad.	P5: ... los individuos... sobreviven y dejan descendencia.	Caus, Sec	Resp

Se abre una nueva discusión en el plano argumentativo con una pregunta (15P, Preg), solicitando una explicación causal (Caus), y en referencia a la proposición P4, apoyada en P6, en el contexto de la discusión que transita del origen y diversidad de las especies a los procesos moleculares involucrados. Una estudiante responde con la necesidad del cambio en los organismos para sobrevivir y dejar descendencia, aludiendo al proceso de especiación al final de su participación. Si bien se ubica en el plano causal solicitado (FL: Caus) respecto del ambiente (FL: Incl, de los organismos *en* el ambiente), e introduce correctamente una noción secuencial (FL: Sec), su respuesta no considera el aspecto aleatorio de la selección natural ante la diversidad de las especies, planteando en su lugar una postura teleológica que establece una necesidad orgánica y un propósito evolutivo, ideas contrarias al planteamiento científico sobre la adaptación. Ante esta respuesta, la profesora hace una segunda pregunta (17P) en la que introduce la idea de diversidad para enfocar el problema de la adaptación desde esta perspectiva (en referencia a un tema ya revisado, representado en la P2 del criterio), solicitando una explicación (Expl) que considere la diferenciación (Dif) en las especies. La misma estudiante insiste en su respuesta anterior, para explicar la adaptación como un efecto (reforzando la idea de especiación), sin mencionar el proceso adaptativo en términos de diversidad y selección natural.

La sección anterior muestra dificultades por parte de los estudiantes para abordar con precisión el concepto de adaptación. Ante eso, como se observa en el segmento siguiente, la profesora aclara la noción de variación (19P) y procede a ubicar la discusión en el plano genético. En las líneas 20AI- 28AIs se da un intercambio de información puntual sin dificultades lógico-conceptuales o epistemológicas, que prepara la discusión sobre procesos moleculares involucrados en la herencia:

<i>Evento</i>	<i>Referencia al criterio</i>	<i>FL</i>	<i>FI</i>
19P: La variación puede favorecer a los organismos que la presentan produciendo una mayor cantidad de descendientes ¿Qué es lo que se hereda?	P5: La evolución... [actúa] sobre la variación individual permitiendo que... los individuos cuyas características les sean ventajosas sobrevivan y dejen descendencia.	Posib, Caus, Sec	Resp, Prec, Preg,
20AI: Los genes que permiten la supervivencia y lo preservan.	P7: ... información hereditaria...	Id	Resp
21P: /Pregunta al mismo alumno:/ ¿Qué es lo que se preserva?	P4, P7: los genes se seleccionan... información hereditaria.	Id	IndP, Preg, Prec
22AI: /El mismo alumno responde:/ La herencia	—	Id	Resp
23P: ¿Cómo se transmite esa herencia?	P7: ... información hereditaria...	Descr	IndP, Preg, Prec
24AI: /El mismo alumno sigue respondiendo:/ A través de la molécula de la herencia.	P7: ... información hereditaria...	Descr	Resp
25P: ¿Saben cuál es esa molécula?	P4, P7:... los genes se seleccionan... información hereditaria...	Id	Preg
26AI: El ADN.	P7: ... información hereditaria...	Id	Resp
27P: ¿Qué significa ADN?	—	Eq	Preg
28AIs: Ácido desoxirribonucleico.	—	Eq	Resp

Las formas lógicas utilizadas son elementales: identificación de un elemento en particular (Id) y de sus componentes (inclusión, Incl). Se hace referencia a proposiciones explicativas del criterio, P4, P5 (apoyadas en P7) en un formato intertextual de preguntas y respuestas con nociones puntuales compartidas. Entonces se abordan la mutación y la recombinación genética: los estudiantes las definen (36A1-42A1), con aclaraciones de la profesora (37P-43P):

<i>Evento</i>	<i>Correspondencia con criterio</i>	<i>FL</i>	<i>FI</i>
29P: ¿Por qué está constituido el ADN?	P4, P7:... los genes se seleccionan... información hereditaria...	Incl	P reg
30A1s: Por genes.	P4, P7:... los genes... información hereditaria...	Incl	Resp
31P: /Presenta una transparencia con definiciones del ADN, que lee a los alumnos, y muestra un modelo de ADN/ En el ADN se pueden producir cambios en su constitución química ¿cuales podrían ser estos cambios?	P7, P2, P6: Para que una especie biológica sobreviva, debe tener en su información hereditaria suficiente variabilidad... La TSE explica el origen de las especies y la diversidad de las especies a través de la selección natural... los organismos se adecuan al ambiente.	Expl, Incl, Dif, Clas, Sec, Caus	CaT, UbT, Resp, Integr
32A1: En las bases.	P7:... información hereditaria...	Incl	Resp
33P: Muy bien, en las bases que componen el ácido, y a estos cambios ¿cómo se les llama?	P7-P2 ... información hereditaria... La TSE explica el origen de las especies a través de las mutaciones.	Incl, Id	Ac, Compl, P reg
34A1s: Mutaciones.	P7-P2:... información hereditaria... mutaciones	Id	Resp
35P: ¿Quién me puede decir qué entiende por mutación?	P2: La TSE explica el origen de las especies a través de las mutaciones.	Descr	P reg
36A1a: Las mutaciones son cambios en los genes.	P3:... mutaciones, es decir, cambios en los genes.	Descr, Incl	Resp
37P: Correcto, las mutaciones son fuente de nuevos genes y por lo tanto de las variaciones en las especies biológicas. Ahora, recordemos la actividad que realizamos la sesión anterior con los limpia pipas ¿recuerdan? El ejercicio fue con el objeto de simular un proceso muy importante dentro de los principios de la evolución ¿recuerdan a cuál concepto me refiero?	P2,P7: La TSE explica el origen y la diversidad de las especies a través de las mutaciones... información hereditaria...	Caus, Id	Ac, Compl, RefCl, P reg
38A1a: A la recombinación genética.	—	Id	Resp
39P: Exacto, ¿Qué es la recombinación genética?	P7: ... información hereditaria...	Descr	Ac, P reg
40A1: La recombinación genética ocurre cuando las células se dividen.	—	Descr	Resp
41P: Muy bien, pero en qué tipo de células se realiza la recombinación genética?	P7: ... información hereditaria...	Incl, Clas	Ac, P reg, Prec
42A1: En las células germinales a través del proceso denominado meiosis.	—	Incl, Clas, Mediac	Resp
43P: Excelente, así es, la meiosis es un proceso de división celular que ocurre en las células germinales ¿y qué pasa, como hecho muy sobresaliente?	—	Incl, Clas, Descr	Ac, P reg, Acot

En estos tres breves segmentos del nivel explicativo (sesión 6) se observan tres momentos: uno inicial con formato pre-intertextual de pregunta y respuesta (15P-18A1a), en el que, debido a las dificultades conceptuales planteadas por una estudiante (16A1a, 18A1a), ésta no detecta la clave de contextualización de precisión emitida por la profesora con su pregunta sobre la diversidad (17P), por lo que los textos no son plenamente compartidos; un segundo momento (19P-28A1s), con formato intertextual de preguntas y respuestas, textos y claves de contextualización compartidos (indicaciones de participación y precisiones solicitadas), lo que genera un tránsito relativamente fácil sobre elementos puntuales en preparación para abordar aspectos genéticos; un tercer momento (29P-44A1s) con formato intertextual de preguntas y respuestas, textos compartidos y claves mínimas de contextualización basadas en indicación a participar y evaluación de las respuestas (en casi todas las participaciones de la profesora desde 33P). Así, la interacción con preguntas, precisiones, aclaraciones y respuestas permite que los estudiantes vayan abordando los conocimientos requeridos, manejando conceptos articulados con formas lógicas específicas. La transcripción completa de la experiencia didáctica ilustra procesos similares de interacción e intertextualidad.

B. Conocimiento previo y conocimiento construido

Preprueba. Los estudiantes tuvieron respuestas como las siguientes (analizadas por componentes Pi, C, R y O; componentes implícitos entre corchetes):

Nadia (RRN, grupo A):

- P1: La TSE es [=trata de que] sólo evolucionan las [especies] que se pueden adaptar.
- P2: Por medio de la selección natural las especies se van transformando conforme su adaptación.
- P3: [Un ejemplo de evolución es] un mamut que evoluciona hasta convertirse en elefante.

Juliana (OVJ, grupo A):

- P1: [Según la TSE] La evolución ha sido la capacidad de todo ser vivo por mejorar su modo de vida.
- P2: [Un ejemplo de evolución es] La clonación.

Erick (HJE, grupo B):

- P1: La TSE es la teoría que está sin comprobarse, o sólo una parte.
- P2: [La TSE explica el origen y la diversidad de las especies] Que de seres sencillos, que evolucionaron a seres complejos.
- P3: [Ejemplos de evolución son:] Pez, anfibio, ave con dientes o dentada.

Nadia inicia con una explicación del proceso evolutivo en sus proposiciones P1 y P2, sin una descripción de lo que es la TSE, y termina con un ejemplo incorrecto. Juliana, por su parte, describe en términos muy generales lo que es la evolución en la proposición P1, no contiene nivel explicativo, y pasa inmediatamente en términos nada claros al nivel ejemplificativo en P2. Erick produjo un texto más amplio, en cuyo nivel descriptivo define qué es la TSE (P1); en su nivel explicativo aborda en forma ambigua el origen y los cambios de los seres vivos, y da ejemplos. ¿Son adecuadas, válidas conceptual, lógica y epistemológicamente, estas respuestas? Abordaremos esta pregunta con base en el análisis de correspondencia. Por razones de espacio, sólo presentamos un ejemplo de este análisis (de Nadia, grupo A).

Correspondencia conceptual. Nadia se refiere al concepto denominativo de TSE que se requiere en el nivel descriptivo, de acuerdo con el criterio (P1, figura 1), en su proposición P1. Esta referencia literal se toma como correspondencia idéntica. También hace referencia idéntica a los conceptos selección natural (P1), adaptación (P6) y especie (P7), todo en su P2. No hace otras referencias al nivel descriptivo requerido (P1, P6-P7). En el nivel explicativo (P2-P5) se refiere en forma idéntica a los conceptos TSE (P2-P3, P5), implícitamente en su P1, selección natural (P2, P4-P5), en su P2, especie (P2-P3), implícitamente en su P2; una referencia equivalente al concepto cambio (P3), con sus expresiones “se van transformando” (P2) y “evoluciona hasta” (P3); y referencia idéntica (implícita) al concepto evolución (P5), además de hacerlo explícitamente con su expresión “evoluciona” (en ambos casos en su P3). Con su ejemplo (P3) hace referencia al concepto evolución (P5), en particular con su expresión “evoluciona”. Estas pocas referencias semánticas representan la correspondencia conceptual respecto del criterio, y constituyen su zona de correspondencia (figura 2), es decir, los componentes semánticos sobre las que se puede establecer una conceptualización adecuada y válida de la TSE. Con el análisis relacional que se presenta a continuación, se determina si lo logra, articulando adecuadamente dichos conceptos.

Correspondencia relacional. Los conceptos en correspondencia así identificados en el caso de Nadia, se conectan en forma específica en el criterio. En el nivel descriptivo, TSE y selección natural (P1, nivel descriptivo) se conectan con una relación lógica de inclusión: dar (La TSE... da = incluye en un lugar importante a la selección natural), conexión a la cual no hace referencia en su texto; asimismo, los conceptos adaptación y cambio (P6) se conectan indirectamente con la relación genérica: adecuar (La adaptación es... adecuarse... a cambios constantes del ambiente), los cuales tampoco conectan como es requerido (ya que sólo menciona cambios de las especies conforme se da su adaptación, sin referirse a los cambios en el ambiente). No

hace otras referencias a subestructuras lógico-conceptuales en el nivel descriptivo.

En el nivel explicativo (P2-P5), los conceptos TSE y especie (P2) se conectan con una relación genérica: explicar (La TSE explica... de las especies), a la cual Nadia hace una referencia alusiva al conectar dichos conceptos con su expresión "es" (\cong trata de) en su P2; los conceptos especie y selección natural (P2) están conectados con una relación de mediación: a través de los cuales conecta en forma idéntica con su expresión "por medio de" en su P2. Los conceptos TSE y especie (P3) se conectan indirectamente con una relación genérica: establecer (La TSE establece que... las especies...) a lo que hace referencia alusiva con su expresión "es" (trata de) en su P1. Los conceptos especie y cambio (P3) se conectan con la relación genérica (existencia): se da (... de las especies se da por... cambios...), a lo que hace referencia alusiva con su expresión "se van transformando" en su P2. Los conceptos TSE y evolución (P5) se conectan con la relación jerárquica: según (Según la TSE, la evolución...), a la cual hace referencia equivalente con su expresión "es" (\cong trata de) en su P1. Los conceptos evolución y selección natural (P5) se conectan con la relación causal: [resultado] de (la evolución es el resultado de la selección natural), a la cual hace referencia alusiva con su expresión "por medio de" en el contexto de sus P1 y P2. Éste es su nivel de correspondencia relacional en el momento del primer examen (figura 2): amplia, dada la pequeña zona de correspondencia, pero periférica, alusiva.

Correspondencia con el núcleo. De los seis conceptos con los que establece correspondencia, cuatro son conceptos núcleo: TSE (P1-P3, P5), selección natural (P1-P2, P4-P5), especie (P2-P3, P7) y cambios (P3, P6). Estas tres dimensiones de la correspondencia muestran que Nadia no cuenta con una base conceptual adecuada, aunque la puede relacionar regularmente, como se puede apreciar en el siguiente cuadro (correspondencia relacional entre diagonales):

- P1: La teoría sintética de la evolución (TSE)... selección natural...
- P2: La TSE explica / \cong es que/... las especies (evolucionan) a través de/ \cong por medio de/... la selección natural.
- P3: La TSE establece / \cong es que/ las especies... se da por ... cambios / \cong se van transformando/...
- P4: La selección natural...
- P5: Según / \cong es que/ la TSE, la evolución es el resultado de / \cong por medio de/ la selección natural...
- P6: La adaptación... cambio.
- P7: ... especie biológica...

El nivel descriptivo es muy incompleto (P1, P6-P7), con todos los conceptos desconectados. En el nivel explicativo (P2-P5) logra hacer correspondencia con conceptos y relaciones lógicas relevantes, dejando fuera otros muy importantes. El mapa proposicional de correspondencia (figura 2) ilustra esta estructura lógico-conceptual: es muy incompleta y deja fuera importantes conceptos (globos en blanco); con excepción de las dos *R* sin referenciar ya mencionadas (*i.e.*, conceptos no relacionados), con lo cual uno de los *C* quedó desconectado (globo aislado), los demás están articulados (véanse líneas entre globos); tiene pocos conceptos organizadores (véanse conceptos núcleo sin correspondencia). Por tanto, su organización conceptual es epistemológicamente débil.

Las respuestas de los estudiantes en ambos grupos son muy variables, breves, con ideas interesantes, algunas con poca precisión, como las de Nadia, Erick y Juliana. Por ejemplo: *La TSE es cuando una especie se adapta al clima de esa región; Las especies han evolucionado de acuerdo con su adaptación* (grupo A); *La naturaleza selecciona a los seres vivos quienes pasan por un periodo de adaptación que los obliga a evolucionar, Por medio de la selección natural las especies se van transformando conforme a su adaptación* (grupo B). La mayoría toca brevemente y, en general, aspectos explicativos.

Posprueba. A continuación se presenta la respuesta de Nadia (analizadas por componentes *P_i*, *C*, *R*, *O*) y el análisis respectivo:

- P1: La TSE es la teoría que sintetiza varias teorías que son: la de las mutaciones, selección natural y la recombinación genética y explica la gran diversidad de especies en el mundo.
- P2: [La TSE explica que] cuando los individuos sobreviven y se reproducen, heredan a sus hijos sus características y éstos a su vez pueden sobrevivir por medio de la genética.
- P3: Por ejemplo [de evolución], las mariposas que pueden camuflajearse tienen más posibilidad de sobrevivir que las que no pueden.
- P4: Las [mariposas] que no pueden camuflajearse podían ser devoradas por los depredadores más fácilmente y las que podían camuflajearse evolucionaron y tendrían nuevas características.

Correspondencia conceptual. Se refiere en forma idéntica a los siguientes *C* en el nivel descriptivo del criterio (P1, P6-P7): TSE, selección natural y especie biológica, con las mismas expresiones en su proposición P1; hace referencia equivalente a información hereditaria (P7) con su expresión "genética" en

su P2; referencia alusiva a adaptación (P6) con su expresión “camuflajear” en sus P3 y P4; y otra referencia alusiva a ambiente (P6-P7) con sus expresiones “camuflajear” y “mundo” en sus P3-P4 y P1.

En el nivel explicativo (P2-P5) hace referencia a los conceptos TSE, diversidad, especie, mutación, selección natural, individuos y características, con las mismas expresiones en sus proposiciones P1, P2 y P4; otra referencia idéntica a evolución (P5) con su expresión “evoluciona” en su P5 (además de hacerlo en forma implícita en su P3); y una referencia equivalente a descendencia (P5) con su expresión “sus hijos” en su P2; y referencia alusiva a ambiente (P5) con sus expresiones “camuflajear” y “mundo” en sus P3-P4 y P1. El mapa proposicional de correspondencia muestra estos componentes conceptuales (figura 3).

Correspondencia relacional. Como vimos anteriormente, los conceptos en el criterio están conectados en forma específica. En el nivel descriptivo, TSE y selección natural (P1) se conectan con una relación lógica de inclusión: dar (\cong incluye en lugar importante: La TSE... da un lugar importante a la... selección natural), conexión que no establece. Los conceptos adaptación y ambiente (P6) se conectan indirectamente con la relación genérica: adecuar (La adaptación es... adecuarse al ambiente), a la que Nadia hace referencia alusiva con su expresión “camuflajearse” (P3-P4). Los conceptos especie biológica e información hereditaria (P7) están conectados por las relaciones: sobrevivir (secuencial) y tener (inclusiva), a las que hace referencia idéntica con las expresiones “sobrevivir” (en sus P2 y P3) y La [\cong su \cong tener], respectivamente; los conceptos información hereditaria y condiciones ambientales (P7) se conectan con una relación cargada conceptualmente: adaptar (... una especie biológica... se adapta a... condiciones ambientales), a la que hace referencia alusiva con su expresión “Las mariposas se camuflajean” (P3-P4).

En el nivel explicativo (P2-P5), los conceptos TSE y diversidad (P2) se conectan con una R (genérica): explica, a la que hace referencia idéntica con la misma expresión en su P1; diversidad y especie (P2) se conectan con una R (inclusión): de, a la que también hace referencia idéntica, con la misma expresión, en su P1; no hace las siguientes conexiones: R (mediación): a través de, que conectan especie y mutación (P2); R (conjunción): y, que conecta mutación y selección natural (P2); R (genérica): establece, que conecta TSE y especie (P3); R (causal): se da por, que conecta en esta ocasión especie y mutación (P3); y R (genérica): establece, que conecta indirectamente selección natural y ambiente (P4). Sí establece correspondencia con las siguientes relaciones lógicas: R (jerárquica): según, que conecta TSE y evolución (P5), en forma equivalente con su expresión “explica” en su P2. No lo hace

con la R (causal): permite, que conecta evolución e individuo (P5). Sí lo hace con las siguientes: R (inclusión): cuyas, que conecta individuo y características ventajosas (P5), en forma equivalente con sus expresiones “sus” y “camuflajearse”, en sus P2 y P3-P4, respectivamente; y con las R (genérica): sobrevivir, R (conjunción): y, y R (secuencia): dejar, que conectan individuo y descendencia (P5), con las expresiones “sobreviven” (P2-P3), “heredan” (P2) e “y” en forma implícita (P2). Ésta es la correspondencia relacional de Nadia. La figura 3 muestra el mapa proposicional respectivo.

Correspondencia con el núcleo. De los conceptos con los que Nadia establece correspondencia, cinco son conceptos núcleo (TSE, selección natural, especie, mutación y ambiente), dejando fuera otros de estos importantes conceptos. Así, su correspondencia con el criterio es la siguiente:

- P1: La teoría sintética de la evolución (TSE)... selección natural...
- P2: La TSE explica... la diversidad de las especies... mutaciones... selección natural.
- P3: La TSE... especies... mutaciones...
- P4: La selección natural... ambiente /su mundo/...
- P5: Según la TSE, /explica [que]/ la evolución... selección natural... individuos cuyas /[con] sus/ características, sobrevivan y dejen /[las] heredan a/ descendencia /sus hijos/.
- P6: La adaptación... [es] se adecuan al /camuflajearse [en el]/ ambiente /su mundo/...
- P7: ... una especie biológica [que] sobrevive, tiene [por medio de la ≡su] información hereditaria... se adapta a /se camuflajea en/ condiciones ambientales... /su mundo/.

A pesar de no lograr todos los conceptos y conexiones requeridos, se aprecia transformación lógico-conceptual respecto de la preprueba (figura 2): más unidades semánticas conceptuales, mejor relacionados, y mayor referencia a conceptos núcleo requeridos, mayor precisión conceptual. Ahora presenta contenidos relacionados en el nivel descriptivo, y una ligera mejora en el nivel explicativo; en esta ocasión no hace uso del concepto de cambio (requerido en el contexto de la mutación y el ambiente, en P3 y P7 del criterio), que había presentado en la preprueba, debido probablemente a que no supo hacer las conexiones adecuadas, o no consideró pertinente introducirlo en la nueva estructura. De todas formas logra una mejor organización conceptual que en la preprueba.

En ambos grupos se observan respuestas más amplias, con contenido mejor relacionado, más referencias a componentes conceptuales del criterio, e integrando aspectos descriptivos, explicativos y ejemplificativos, especialmente en el grupo A. En el grupo B también hubo avances importantes, como el de una estudiante que no había respondido nada en la preprueba, aunque Erick no logró integrar una respuesta adecuada.

Análisis cuantitativo. El análisis anterior se puede apreciar de acuerdo con índices de correspondencia: conceptual (cc), relacional (cr) y con el núcleo (c), con los cuales se puede evaluar la calidad lógica conceptual (q) y de la correspondencia (q_{corr}) (véanse definiciones en el anexo 1). En el caso de Nadia los valores de estos índices de correspondencia en la preprueba son los siguientes (cuadro 1): $cc = 6/31 = 0.194$ (19% de C requeridos); $cr = 6/8 = 0.750$ (75% de R requeridas para conectar los C en correspondencia); $c = 4/9 = 0.444$ (44% de conceptos núcleo requeridos); $q = 0.145$ (15% de la calidad lógico-conceptual), $q_{corr} = 0.589$ (30% de calidad de correspondencia);⁹ claramente representan una organización conceptual débil, lo cual concuerda con el análisis cualitativo presentado. Así, esta organización conceptual es de tipo Marco Nocional (véase definición en el anexo 1).

Los valores que obtiene Nadia son de los más altos del grupo A (el más alto en q). Los promedios del grupo (cuadro 1) representan una organización conceptual de tipo Marco Nocional, como lo presentan 22 de los estudiantes (tres presentan Marco Referencial). En el grupo B los promedios (cuadro 1) representan una organización conceptual de tipo Marco Nocional también, que presentan todos los estudiantes. Los promedios del grupo A son mayores en todos los índices.

⁹ En el caso de q_{corr} el valor obtenido corresponde a una escala del 200% (por estar definido en los conjuntos de q y c con sus respectivas escalas; Campos y Gaspar, 1996), por lo que hay que ajustar dividiendo dicho valor a la mitad.

CUADRO 1
Estudiantes con valores extremos en q , promedios de índices de correspondencia y tipo de organización conceptual

Valores	cc	cr	c	q	q_{corr}	TOC
<i>Grupo A</i>						
<i>Pre-prueba</i>						
Más bajo	0.064	0.333	0.222	0.021	0.243	MN
Más alto (Nadia)	0.194	0.750	0.444	0.145	0.589	MN
Promedio	0.133	0.379	0.231	0.060	0.286	MN
<i>Post-prueba</i>						
Más bajo	0.096	0.333	0.111	0.031	0.142	MN
Más alto	0.419	1.000	0.444	0.419	0.859	MR
Promedio	0.290	0.559	0.511	0.168	0.679	MR
<i>Grupo B</i>						
<i>Pre-prueba</i>						
Más bajo	0.032	0.400	0.111	0.012	0.123	MN
Más alto	0.193	0.533	0.333	0.102	0.435	MN
Promedio	0.095	0.267	0.138	0.037	0.172	MN
<i>Post-prueba</i>						
Más bajo	0.096	0.166	0.333	0.015	0.348	MN
Más alto	0.129	0.833	0.222	0.268	0.490	MN
Promedio	0.136	0.459	0.293	0.083	0.375	MN

Clave: cc: correspondencia conceptual; cr: correspondencia relacional; c: correspondencia con el núcleo; q : calidad lógico-conceptual; q_{corr} calidad de la correspondencia; TOC: tipo de organización conceptual.

Las diferencias entre grupo son significativas en todos los índices ($p_t < 0.05$ en c y q_{corr} , $p_t < 0.10$ en cr y q), excepto en cc ($p_t < 0.16$ solamente). Es decir, *con excepción de la base conceptual, los estudiantes de ambos grupos muestran conocimiento previo sustancialmente diferente respecto a las nociones conceptuales involucradas en el tema de la teoría sintética de la evolución, por lo que el grupo A inicia mejor la experiencia bajo estudio.*

Se encontraron diferencias significativas entre la preprueba de cada grupo y las hipótesis planteadas en el MAP (Campos y Gaspar, 1996) respecto de la correspondencia conceptual (*i.e.*, que los estudiantes muestran menos de la mitad del contenido conceptual esperado, $cc \leq 0.500$, con $t = -3.31$ en el

grupo A, y $t = -8.80$ en el grupo B), y con el núcleo (*i.e.*, que los estudiantes muestran menos del 60% de los conceptos núcleos requeridos, $c \leq 0.600$, con $t = -1.34$ en el grupo A, y $t = -3.28$ en el grupo B), pero no respecto a la correspondencia relacional (*i.e.*, que los estudiantes muestran menos del 60% de las relaciones lógicas requeridas en la zona de correspondencia, $cr = c \leq 0.600$); es decir, que *los estudiantes de ambos grupos no cuentan con las nociones conceptuales formales adecuadas al inicio del tema.*

En la posprueba, Nadia obtuvo el valor más alto en *c*. Sus valores son: $cc = 0.387$ (39% de conceptos requeridos), $cr = 0.611$ (61% de relaciones requeridas), $c = 0.556$ (56% de conceptos núcleo requeridos), $q = 0.237$ (24%) y $q_{corr} = 0.793$ (39%), y su organización conceptual se mejora a Marco Referencial, apoyada en el doble de las unidades semánticas conceptuales requeridas respecto de la preprueba. Las mejoras de otros estudiantes del grupo A (21 en *cc*, 17 en *cry* y 22 en *c*) hacen que prácticamente se dupliquen los promedios, respecto de la preprueba (cuadro 1), lo que representa una mejora global en la organización conceptual, ubicándose como una de tipo Marco Referencial (ahora 15 lo presentan, mientras que tres presentan Marco Conceptual y sólo ocho presentan Marco Nocial).

En el caso del grupo B, varios estudiantes también mejoran (16 en *cc*, 18 en *cry* y 15 en *c*), elevando los promedios, de una pequeña diferencia en *cc*, a valores que duplican la preprueba (cuadro 1). Estos valores representan una organización conceptual global, aunque mejor, de tipo Marco Nocial todavía (la cual presentan todos, excepto uno, que presenta Marco Referencial), debido a dificultades con los conceptos-núcleo.

Las diferencias observadas entre pruebas en el grupo A son significativas ($p_t < 0.05$, excepto en *cc*: $p_t < 0.16$ solamente). Es decir, *el grupo A mejoró sustancialmente en su organización conceptual respecto de la preprueba, excepto en correspondencia conceptual.* En el caso del grupo B, las diferencias observadas también son significativas ($p_t \leq 0.05$, y $p_t \leq 0.10$ en *cc*), es decir, también *el grupo B mejoró sustancialmente en su organización conceptual, incluida la correspondencia conceptual, respecto de la preprueba.*

Por otra parte, las diferencias observadas entre grupos en la posprueba son significativas ($p_t < 0.05$ en *cc*, *c* y *q*; $p_t < 0.10$ en *cry* y q_{corr}), es decir, a pesar de que ambos grupos mejoraron con respecto a sus resultados en la preprueba, *el grupo A es sustancialmente mejor en todos los aspectos lógico-conceptuales estudiados.* A pesar de que el grupo A inició la experiencia didáctica mejor que el grupo B (preprueba), su mejoría fue de 118%, en *cc*, 47% en *cr*, 121% en *c*, 180% en *q*, y 141% en q_{corr} , por 43%, 71%, 112%, 124% y 54%, respectivamente, del grupo B. De estos resultados se puede inferir que, si bien el esfuerzo realizado por el grupo B es notable, *la estrategia*

didáctica con la que el grupo A trabajó durante el abordaje a dicho tema tiene un efecto favorable en la organización conceptual tanto individualmente como del grupo en general.

Lo anterior se refuerza con el hecho de que no se encontraron diferencias significativas entre los resultados del grupo A y las hipótesis del MAP ya mencionadas respecto a los tipos de correspondencia; mientras que sí hay diferencia significativa en el caso de la correspondencia conceptual en el caso del grupo B (*i.e.*, los estudiantes muestran menos de la mitad del contenido conceptual esperado, $cc \leq 0.500$, con $t = -7.31$; sin diferencias significativas en los otros índices).

El análisis presentado muestra que la interacción transcurre con base en la decisión de participar por parte de cada uno de los estudiantes y la profesora, quien modula el proceso de acuerdo con la estructura temático-proposicional del contenido de enseñanza y las variaciones lógico-conceptuales de aquéllos. Son decisiones estratégicas (Bloome, 1992), de acuerdo con la invitación o indicación de la profesora, cuyas preguntas abren la discusión, la enfocan o la precisan. Cada participación introduce significados semióticos, o claves de contextualización (*íbid.*), las cuales, cuando se interpretan adecuadamente, facilitan la interacción; asimismo, introduce significados temáticos en forma de textos verbales que se yuxtaponen secuencialmente y establecen entendimiento en los participantes, es decir, se produce la intertextualidad (*íbid.*). Este contenido muestra que los estudiantes asimilan y operan con elaboraciones lógico-conceptuales que responden a las preguntas de la profesora, complementan las participaciones de sus compañeros, aportando con este conocimiento comprendido (Sternberg, 1987) a la construcción interactiva del conocimiento. Este conocimiento elemental se asienta en los exigentes componentes categoriales de la teoría evolutiva (Stebbins y Ayala, 1985). No es un conocimiento sólido, puesto que se está abordando esta problemática de manera formal por primera vez, después de revisar generalidades en el grado escolar anterior. De hecho, los estudiantes iniciaron el abordaje del tema con conocimientos generales adecuados, a juzgar por los resultados de la preprueba y la sesión conversacional; sin embargo, lo tenían poco estructurado de acuerdo con los componentes de la teoría evolutiva, según lo muestra el análisis de texto practicado en la preprueba. Ahí se observan dificultades en el nivel explicativo, el cual se fue adecuando poco a poco durante el proceso interactivo, de manera que en la posprueba prácticamente todos mejoran su organización conceptual con base en mayor masa conceptual, mejor relacionada, una ligera mejoría en el nivel explicativo, y mayor referencia a conceptos organizadores. Esta nueva producción de conocimiento se dio dos semanas después de haber terminado de revisar el tema, por lo que claramente existe una reconstrucción lógico-conceptual.

Es decir, su organización conceptual previa, activada durante la interacción y sustentada en una discusión estratégica, escalonada, organizada, cada vez más integrativa y abstracta, se modifica sustancialmente (Ausubel, 1973; Novak y Gowin, 1984). En el caso del grupo B, aunque la mejoría es notable, el nivel y la forma de discusión no fue propicia para una construcción adecuada de conocimiento nuevo con los requerimientos epistemológicos mencionados, ni en nivel ni en contenido.

VI. CONCLUSIONES

Se estudió el proceso interactivo de construcción del conocimiento mediante el análisis de la intertextualidad de lo cual sólo se presentaron unos breves segmentos por razones de espacio y con fines ilustrativos. Asimismo, se estudiaron las características de la organización conceptual de cada estudiante, y los grupos en general, antes y después de la experiencia didáctica propuesta, mediante análisis proposicional, todo desde una perspectiva constructivista y con enfoque en el cambio conceptual. Por lo tanto, se pueden presentar las siguientes conclusiones sobre las diversas preguntas de investigación:

Características del conocimiento que se construye día a día en el aula: los estudiantes construyen y reconstruyen conceptos, relacionándolos poco a poco entre sí, llegando a elaboraciones conforme los requerimientos epistemológicos en un nivel básico.

Formato intertextual subyacente: se estructura a partir del diálogo pregunta-respuesta, con complemento de profesora y algunos estudiantes, y aclaraciones o precisiones por parte de la profesora; con base en esta interacción, la conducción modulada de la clase con referencia directa a la estructura teórica requerida por parte de la profesora establece las referencias conceptuales sobre los cuales los estudiantes yuxtaponen sus respuestas, integrándolas al discurso global.

Dificultades de formalización del conocimiento al pasar de la conversación a la argumentación y a la explicación: no muestran ninguna dificultad para pasar de la conversación a la argumentación; aceptan precisiones y comentan los ejemplos sin mayores contratiempos; sin embargo, existen problemas como el que se mostró en el análisis, en la operación del nivel explicativo, situación que fue superándose poco a poco por la mayoría.

Características de la organización conceptual: los estudiantes del grupo escolar en que se trabajó con la estrategia didáctica (EDCC) construyen conocimiento incompleto (i.e. zonas de conocimiento pequeñas), con componentes conceptuales y relacionales importantes, y un buen manejo del nivel explicativo en el proceso interactivo y en la posprueba; los estudiantes del

otro grupo produjeron zonas de conocimiento más pequeñas con menos conexiones válidas, y presentan mayores dificultades en el nivel explicativo en la posprueba.

Transformaciones lógico-conceptuales: se observa transformación entre pruebas en las tres dimensiones de correspondencia (*cc*, *cr*, *c*), en ambos grupos, con marcadas diferencias en cantidad y calidad en el grupo en que se realizó la experiencia didáctica EDCC.

Efecto de la estrategia didáctica en la organización conceptual: debido a las diferencias sustanciales entre grupos en la posprueba en todos los aspectos estudiados, a pesar de que el grupo A inició mejor que el grupo B y éste también mejoró en la posprueba, se puede concluir que sí existe un efecto favorable en la construcción organizada y abstracta del conocimiento al trabajar con la estrategia EDCC.

En suma, con una estrategia didáctica concreta, orientada explícita y directamente a la construcción de conocimiento abstracto, modulando las formas interactivas de abordaje (conversación, argumentación, explicación), en niveles epistemológicos específicos (descripción explicación y ejemplos), con referencia directa a estructuras proposicionales cuidadosamente planteadas y moduladas durante la discusión del tema, y dando atención al trabajo en equipo, se obtienen resultados alentadores. Esta conclusión se fortalece con los resultados obtenidos en experiencias simultáneas en otros temas y niveles escolares que se reportan en otra parte. Si bien es necesario realizar ajustes en muchos aspectos, es posible pensar en generalizar la experiencia a todo un ciclo escolar, con las adecuaciones temáticas y pedagógicas pertinentes, aportando así a la construcción de un currículo más significativo y mejor fundamentado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALUCEMA, M. A. "Evaluación de las Estructuras 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. 113-136.

AUSUBEL, D. "Aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento", en S. Elam, *Educación y estructura del conocimiento*, Buenos Aires, Ateneo, 1973, pp. 211-283.

BARAHONA, A., "David Hull: Cambio Conceptual y Evolución Biológica", en *Universidad de México*, núm. 532, 1995, pp. 61-63.

BISHOP, B. y C. Anderson. "Student Conceptions of Natural Selection and its Role in Evolution", en *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, núm. 5, 1990, pp. 415-427.

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.

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

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, *op. cit.*, 1996, pp. 51-92.

_____. "El diferencial epistemológico en el discurso escolar", en *Discurso y Sociedad*, vol. 3, núm. 3, 2001, pp. 39-59.

_____. "Estrategia didáctica para la construcción de conocimiento", en S. Castañeda, *Psicología Educativa*, México, El Manual Universitario/UAG, 2002 (en prensa).

CAMPOS, M. A., L. Cortés y S. Gaspar. "Análisis de discurso de la organización lógico-conceptual de estudiantes de biología de nivel secundaria", en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. IV, núm. 7, 1999, pp. 27-77.

CAMPOS M. A., S. Gaspar y M. A. Alucema. "Análisis de discurso de la conceptualización de estudiantes de biología de nivel universitario", en *Sociotam, Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 10, núm. 2, 2000, pp. 31-71.

CAMPOS M. A., V. Jiménez, S. Gaspar y R. Ruiz. "Transformaciones conceptuales de estudiantes pre-universitarios sobre el origen de la vida", en *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, vol. III, núm. 2, 2001, pp. 19-30.

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 (nueva época), núms. 1-2, 1999, pp. 39-55.

CANDELA, A. “Corrientes teóricas sobre discurso en el aula”, en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. VI, núm. 12, 2001, pp. 317-333.

CARRETERO, M. *Constructivismo y Educación*, Madrid, L. Vives, 1993.

CORTÉS, L. “Evaluación de la calidad conceptual de estudiantes de secundaria sobre el tema de célula”, en M. A. Campos, *op. cit.*, 2000, pp. 35-73.

DEADMAN, J. y P. Kelly. “What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics”, en *Journal of Biological Education*, vol. 12, 1978, pp. 7-15.

DESMASTES, S. “In Favor of Maintaining a Broad Perspective of Evolution Education”, en *Proceedings of the Evolution Education Research Conference*, Baton Rouge, Louisiana State University, 1992, pp. 96-98.

DOBZHANSKY, T. “Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution”, en *American Biology Teacher*, vol. 35, núm. 3, 1973, pp. 125-129.

FISHER, K. M. “Teaching of Evolution”, en *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*, Baton Rouge: Louisiana State University, 1992, pp. 103-108.

FREDERIKSEN, C. “Inference in pre-school children’s conversations: a cognitive perspective”, en J. Green y C. Wallat, *Ethnography and language in educational settings*, Norwood, Ablex, 1983, pp. 303-350.

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

GUILLÉN, F. “¿Qué saben los Estudiantes de Secundaria sobre el Tema de Evolución?”, en M. A. Campos y R. Ruiz, *op. cit.*, 1996, pp. 181-207.

JUNGWIRTH, E. “Preconceived adaptation and inverted evolution”, en *Australian Science Teachers’ Journal*, núm. 21, 1975, pp. 105-113.

KELLY, G. y T. Crawford. “An ethnographic investigation of the discourse processes of school science”, en *Science Education*, vol. 81, núm. 5, 1997, pp. 533-559.

KING, A. "Guiding knowledge construction in the classroom: effects of teaching children how to question and how to explain", en *American Educational Research Journal*, vol. 31, núm. 2, 1994, pp. 338-368.

LEMKE, J. *Talking science*, Norwood, Ablex, 1990.

LEVELT, W. "Accesing words in speech production: stages, processes and representations", en *Cognition*, núm. 42, 1992, pp. 1-22.

Libro para el Maestro, Educación Secundaria, Biología, México, Secretaría de Educación Pública, 1995.

MAYR, E. "Cause and Effect in Biology", en *Science*, núm. 134, 1961, pp. 1501-1506.

_____. *The Growth of Biological Thought*, Cambridge, Harvard University Press, 1982, pp. 57-59.

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.

NOVAK, J. y D. Gowin. *Learning to learn*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984.

Plan y Programa de Estudio, México, Secretaría de Educación Pública, 1993.

RUDOLPH, J y J. Stewart. "Evolution and the nature of science: on the historical discord and its implications", en *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 35, núm. 10, 1998, pp. 1069-1089.

RUSE, M. *Monad to man*, Harvard University Press, 1996.

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.

SETTLAGE, J. "Conceptions of Natural Selection: A Snapshot of the Sense-Making Process", en *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 31, núm. 5, 1994, pp. 449-457.

SOBER, E. *Philosophy of Biology*, San Francisco, Westview Press, 1993.

STEBBINS, L. y F. Ayala. "La Evolución del Darwinismo", en *Investigación y Ciencia*, núm. 108, 1985, pp. 42-53.

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

SUÁREZ, E. "El Origen de las Disciplinas como Integración de Tradiciones: El Caso de la Evolución Molecular", tesis para optar por el grado de Doctor, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1996.

TROWBRIDGE, J. E. y J. H. Wandersee. "Identifying Critical Junctures in a College Course on Evolution", en *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 31, núm. 5, 1994, pp. 459-473.

VAN DIJK, T. y W. Kintsch, *Strategies of Discourse Comprehension*, Orlando, American Press, 1983.

ANEXO 1

**Índices y clasificación de la organización conceptual en el MAP
(Campos y Gaspar, 1996)***1. Índices*

De correspondencia conceptual (cc): proporción entre el número de elementos textuales del estudiante que se encuentran en correspondencia con los conceptos del criterio (E_c) y el número total de conceptos del criterio (C_c): $cc = E_c/C_c$.

De correspondencia relacional (cr): $cr = E_r/R_z$, i.e. número de elementos textuales del estudiante que se encuentran en correspondencia con las relaciones lógicas del criterio en la zona de correspondencia (E_r), dividido entre el número de las relaciones requeridas en el criterio en dicha zona (R_z).

De correspondencia con el núcleo (c): número de elementos textuales del estudiante que se encuentran en correspondencia con los conceptos núcleo del criterio (E_n), dividido por el total de conceptos núcleo del criterio (n_c); es decir, $n = E_n/n_c$.

De calidad lógico-conceptual, q: integración de correspondencia conceptual y relacional, i.e., $q = (cc)(cr)$.

De calidad de la correspondencia, q_{corr} : integración de la calidad lógico-conceptual y la correspondencia con el núcleo, es decir, $q_{corr} = q + c$.

2. Clasificación

Marco Conceptual: representa asimilación de un buen número de conceptos con una fuerte conexión entre ellos, en una configuración cercana a una explicación científica formal; i.e., contiene 50% o más del total de C del criterio, de las R requeridas en la zona de correspondencia y de los conceptos núcleo.

Marco Referencial: representa asimilación de un número intermedio de conceptos, con menos relaciones entre ellos, en una configuración menos cercana a una explicación científica formal: i.e., contiene entre 25% y menos del 50% del total de C del criterio, de las R requeridas en la zona de correspondencia, y de los conceptos núcleo.

Marco Nocional: representa asimilación de un bajo número de conceptos, con pocas relaciones entre ellos, en una configuración muy pobre respecto a una explicación científica formal: i.e., contiene menos del 25% del total de C del criterio, de las R requeridas en la zona de correspondencia, y de los conceptos núcleo.

ANEXO 2

Unidades Didácticas

1. *Unidad Didáctica*: Introducción/Sesión núm. 1

Unidad temática: P1

Actividades específicas. Iniciar el estudio del tema invitando a los estudiantes a comentar sobre el concepto de evolución, enfatizar la ideas fundamentales y los desaciertos de las teorías de Lamarck y Darwin. Ubicar en línea del tiempo. Introducir anécdotas de la vida y viaje de Darwin para enfatizar que estuvo influido por diversas personas en el planteamiento de su teoría sobre la evolución de las especies.

Preguntas guía

¿Qué responderían si alguien les preguntara de dónde proviene el ser humano (origen del hombre)? ¿Hemos cambiado como especie a lo largo de muchos años? ¿Qué entienden por evolución (concepto de evolución)? ¿Por qué hay tanta diversidad de especies biológicas (diversidad biológica)? ¿Quién fue Lamarck? ¿Quién fue Darwin? ¿Cuál es la naturaleza del mundo vivo que nos rodea? ¿Cuáles ciencias han favorecido el desarrollo de la biología?

Recursos didáctico

Transparencia sobre el recorrido del viaje de Darwin.

2. *Unidad didáctica*: Adaptación /Sesión 1/ Sesión núm. 2

Unidad temática: P6

Actividades específicas. Conversar informalmente sobre las relaciones entre organismos, adaptación, ambiente y supervivencia, invitando a los estudiantes a comentar al respecto; contar con definiciones breves e informales, pero estructuradas:

Preguntas guía

¿Qué me pueden platicar acerca de la extinción de los dinosaurios? ¿Existen posibilidades de vida fuera del planeta Tierra? ¿Cómo y cuándo se formaron los vegetales?

Recurso didáctico

Transparencia con las diferentes especies de polillas.

3. *Unidad didáctica*: Diversidad /Sesión 1/ Sesión núm. 2

Unidad temática: P7

Actividades específicas. Conversar informalmente sobre las relaciones entre especies, condiciones ambientales, adaptación y supervivencia.

Recurso didáctico

Transparencia del ejemplo de las jirafas de acuerdo con la teoría de la selección natural de Darwin en comparación con los postulados de Lamarck.

Transparencia con el siguiente texto: “Las aportaciones de Darwin y muchos otros científicos han permitido generar la actual *teoría sintética de la evolución*”.

4. *Unidad didáctica*: Origen y diversidad de las especies /Sesión 2/ Sesión núm. 3

Unidad temática: P2 (C1-C3)

Actividades específicas. Pasar a un nivel de argumentación: Discusión abierta y síntesis.

Preguntas para los estudiantes

¿Por qué los organismos se adaptan a ambientes diversos? ¿Te has preguntado a qué se debe que hayan surgido tantas especies de seres vivos en la Tierra? ¿A qué se debe que hayan surgido tantas especies de seres vivos en la Tierra?

Recurso didáctico

Diapositiva sobre características generales de la evolución, con el siguiente texto: “1) El mundo no es estático, sino que está en constante cambio; los organismos cambian continuamente: se originan unas especies y otras desaparecen. 2) El proceso de evolución es gradual y continuo. 3) Los organismos semejantes están emparentados y descienden de un antepasado común. 4) El cambio evolutivo es el resultado de la variedad y la selección natural (esta última actúa sobre la primera)”.

Transparencia para ejemplificar diferentes ambientes (biomasa).

5. *Unidad didáctica*: Origen y diversidad de las especies/Sesión núm. 3

Unidad temática: P2 (C1-C3)

Actividades específicas. Pasar a un nivel de argumentación. Discusión abierta y síntesis. Plantear la explicación científica. Retomar la síntesis de los niveles conversacional y argumentativo. Establecer la relación formal entre origen, mutaciones y selección natural. Realizar la experiencia de aprendizaje sobre selección natural "Captación de unidades de alimento".

Preguntas guía

¿Por qué? Según los propios estudiantes se originan las especies y ¿por qué son diversas?

Recurso didáctico

Material de trabajo para la experiencia de aprendizaje: "Captación de unidades de alimento", por equipos.

6. *Unidad didáctica*: Origen y diversidad de las especies/Sesión núm. 4

Unidad temática: P2-P3

Actividades específicas. Plantear la explicación científica; retomar síntesis de los niveles conversacional y argumentativo. Establecer una relación formal entre/origen y/diversidad de las especies, y mutaciones (cambios en genes). Introducir ejemplos formalmente. Realizar una experiencia de aprendizaje sobre mutaciones: "Mutaciones puntuales".

Recurso didáctico

Transparencia de la molécula de ADN, cromosoma y gene.

Diapositiva con el siguiente texto: "La mutación son los cambios que sufren los genes y es fuente fundamental de nuevos genes".

Material de trabajo para la experiencia de aprendizaje "Mutaciones puntuales", por equipos.

7. *Unidad didáctica*: Origen y diversidad de las especies/Sesión núm. 5

Unidad temática: P2-P4

Actividades específicas. Plantear la explicación científica. Retomar síntesis de los niveles conversacional y argumentativo y de las unidades temáticas anteriores de nivel explicativo. Establecer una relación formal entre origen, mutaciones, evolución, diversidad y selección natural. Realizar la experiencia de aprendizaje "Recombinación genética".

Recurso didáctico

Material de trabajo para la experiencia de aprendizaje: "Recombinación genética", por equipos.

8. *Unidad Didáctica*: Origen y diversidad de las especies/Cierre/Sesión núm. 6

Unidad temática: P2-P4

Actividades específicas. Plantear la explicación científica. Retomar síntesis de los niveles conversacional y argumentativo. Establecer una relación formal entre origen, diversidad y selección natural.

Recurso didáctico

Transparencias con diferentes especies de polillas.

9. *Unidad didáctica*: Origen y diversidad de las especies/Cierre/Sesión núm. 7.

ANEXO 3

Figura 1. MAPA PROPOSICIONAL DEL REFERENTE-CRITERIO

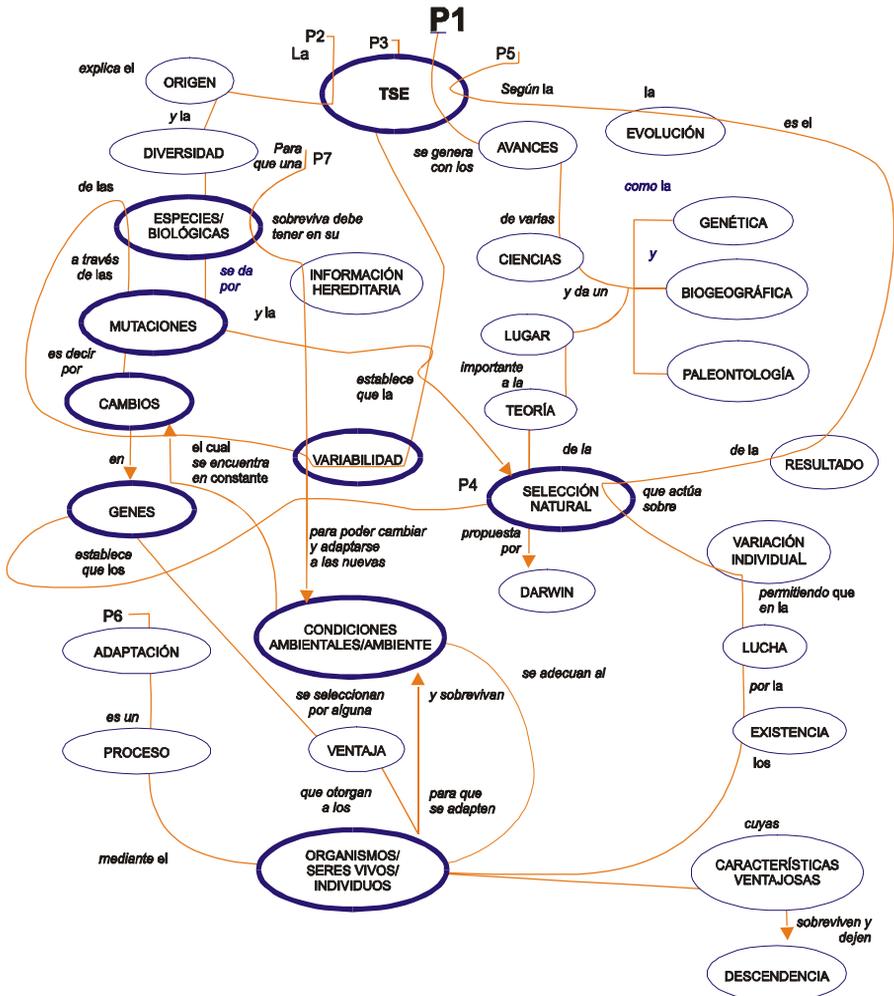


Figura 2. MAPA PROPOSICIONAL DE CORRESPONDENCIA DE NADIA EN LA PRE-PRUEBA

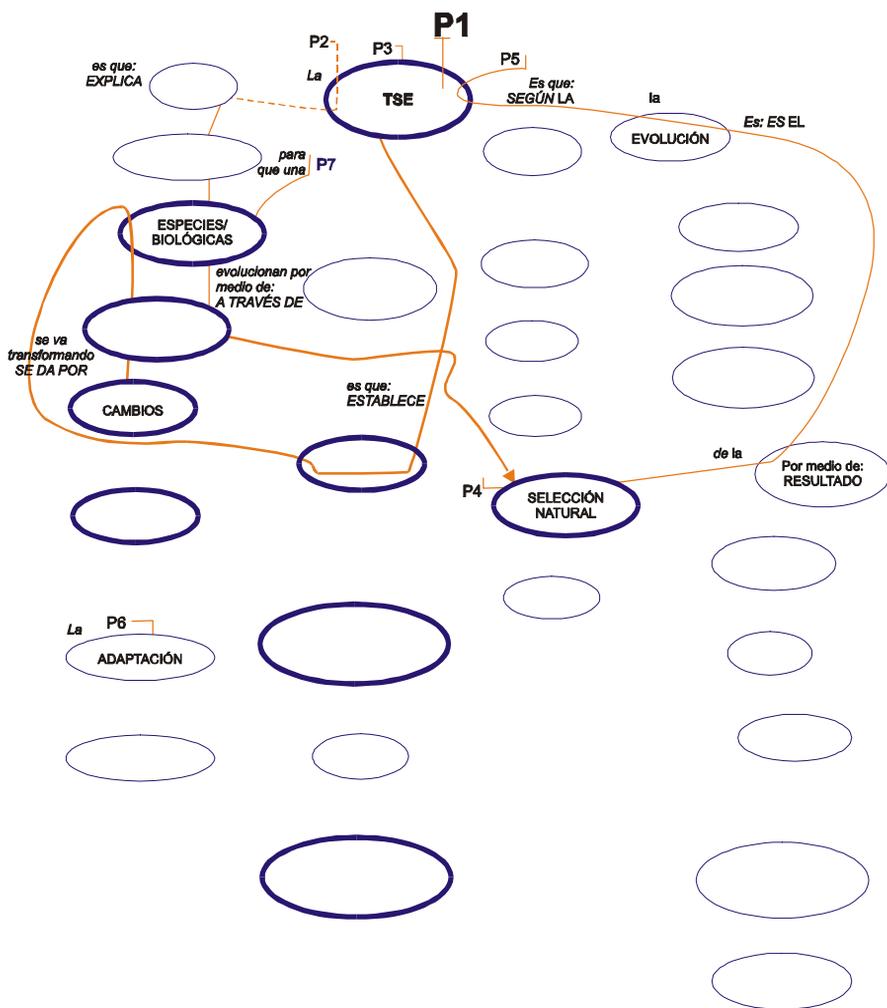


Figura 3. MAPA PROPOSICIONAL DE NADIA EN LA POST-PRUEBA

