

ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL DE ESTUDIANTES DE BIOLOGÍA DE NIVEL UNIVERSITARIO

MIGUEL
ANGEL CAMPOS
HERNÁNDEZ*,
MARÍA ANGÉLICA
ALUCEMA
MOLINA**
SARA GASPAR
HERNÁNDEZ***

Resumen

Se presenta aquí un estudio metodológico basado en el discurso, en la modalidad proposicional del contenido lógico y epistemológico de la conceptualización que construyen estudiantes del primer semestre de la carrera universitaria de biología, sobre los aspectos básicos de la *teoría evolutiva moderna*. Se da respuesta a las preguntas de investigación: ¿cuáles son las características lógico-conceptuales del conocimiento previo de los estudiantes?, ¿qué aspectos epistemológicos contiene?, ¿qué tanto asimilan de este tema en condiciones áulicas regulares?

Palabras clave: análisis del discurso, conceptualización, teoría evolutiva moderna, habilidades cognitivas

Abstract

A methodological study is presented based on discourse, in the propositional modality of logical and epistemological content of concepts prepared by students of the first semester of biology at the university on basic aspects of the *modern evolution theory*. Research questions are answered: What are previous logical –conceptual characteristics of student knowledge? How well do they learn the subject under regular classroom conditions?

Key words: analysis of discourse, conceptualization, modern evolution theory, cognitive skills

* Investigador, Centro de Estudios sobre la Universidad, Universidad Nacional Autónoma de México.
Correo e: campos@servidor.unam.mx
** Investigadora en el Proyecto de Diseño, Evaluación y Seguimiento Curricular, Universidad Intercontinental.
*** Profesora, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.

Presentación y problemática

Este es un estudio metodológico, con base en análisis de discurso en la modalidad proposicional, del contenido lógico y epistemológico de la conceptualización que construyen estudiantes del primer semestre de la carrera universitaria de biología sobre los aspectos básicos de la *teoría evolutiva moderna* (TEM).

El análisis de discurso se ha utilizado para estudiar diversos aspectos áulicos, como la interacción escolar, el manejo temático del contenido y las concepciones científicas (*v.g.*, Candela, 1991; Kelly Crawford, 1997). Además de tomar en cuenta estos aspectos, Lemke (1990) ha explorado el contenido epistemológico implícito en el manejo de conocimiento científico, mientras que Campos y Gaspar (1996) han explorado esto último en forma explícita, así como su contenido lógico. El discurso representa diversos significados (van Dijk y Kintsch, 1983), entre los cuales se encuentran las estructuras de conocimiento que construyen y poseen las personas (Frederiksen, 1983). Dichas estructuras están conformadas por categorías o conceptos, su configuración lógica y enfoque epistemológico (todo lo cual a su vez contiene o presenta una noción de ciencia). Por lo anterior, el análisis de discurso es un instrumento teórico-metodológico muy importante en el estudio de la conceptualización que producen los estudiantes en el contexto escolar.

Por su parte, la teoría evolutiva moderna es central en la biología, ya que explica los complejos procesos de la vida y su ambiente (Dobzhansky, 1973; Ayala, 1994). Su comprensión no es trivial, como lo muestran las dificultades de construcción lógico-conceptual en el nivel explicativo para los escolares desde la educación básica (Campos, Sánchez, Gaspar y Paz, 1999; Paz, 1999) hasta el nivel universitario, en la propia carrera de biología (Alucema, 1996). Esta situación se muestra en sus concepciones, alternas a las aceptadas por la ciencia (Guillén, 1996; Sánchez, 2000; Bishop y Anderson, 1990; Desmastes, 1992; Trowbridge y Wandersee,

1994), y en la comprensión de otros temas de la biología desde la perspectiva evolutiva (Campos, Gaspar y Alucema, 2000).

Una de las razones principales de estas dificultades es la doble causación en la biología, que la diferencia de otras ciencias naturales (Mayr, 1961, 1982; Sober, 1993): se explica el desarrollo de los organismos (causas próximas) y su desarrollo como especie (causas últimas). Entender esta doble causación requiere una base conceptual muy amplia, en particular de genética (Zuzovsky, 1992); Bishop y Anderson (1990), Cummins y Remsen (1992), Desmastes (1992), así como Alucema y Campos (2004), han reportado problemas de aprendizaje al respecto. Otra razón tiene que ver con creencias esencialistas (asumir caracteres invariables en los grupos naturales), mecanicistas (interpretar los procesos naturales como fundamentalmente predecibles) o teleológicas (interpretar los procesos naturales como dirigidos a una meta) (Mayr, 1961). Por otro lado, se ha observado mejoría a este respecto cuando se utilizan estrategias didácticas adecuadas (educación media básica: Guillén, *id.*; Campos y Cortés, 2002; educación media superior: Guillén, *id.*; Sánchez, *id.*, Campos, Cortés y Rossi, 2002).

Por lo anterior, es muy importante identificar los problemas conceptuales que presentan los estudiantes en este tema, ya que inciden en la estructuración conceptual, el desarrollo y uso de habilidades cognitivas, y las estrategias de razonamiento, todos ellos procesos fundamentales en la construcción de conocimiento. Estos problemas también son parte de diversos contextos educativos importantes, desde el nivel de estrategias de enseñanza y aprendizaje, durante el proceso interactivo de la construcción de conocimiento en el aula, hasta el nivel del contenido curricular, y el del establecimiento de estándares de calidad educativa, entre otros.

Así, en este trabajo se abordan las siguientes preguntas de investigación: (a) ¿cuáles son las características lógico-conceptuales del conocimiento previo de los estudiantes? (b) ¿qué

aspectos epistemológicos contiene? y (c) ¿qué tanto asimilan de este tema en condiciones áulicas regulares? Para abordar estas preguntas y conocer las características lógico-conceptuales de los estudiantes, se aplicó un examen tipo ensayo que incluye aspectos descriptivos, explicativos y ejemplificativos de la teoría evolutiva moderna, antes y después de que se revisó el tema en clase con el profesor, y se determinó la correspondencia semántica que tienen las respuestas de los estudiantes con el conocimiento científico, mediante el Modelo de Análisis Proposicional (Campos y Gaspar, 1996).

Aspectos contextuales

El estudio se realizó en la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, en un grupo de la asignatura Filosofía e Historia de la Biología, obligatoria, ubicada en el primer semestre de la carrera. Esta asignatura pertenece al plan de estudios vigente, que sustituyó en 1996 al que se tenía desde 1966. La inclusión de esta asignatura es uno de los cambios importantes, ya que trata la problemática de la evolución desde el inicio de la carrera, proporciona el marco conceptual de la biología y una visión general de la disciplina. La mayoría de los profesores de esta asignatura, como la maestra del grupo escolar estudiado en este trabajo, cuentan con doctorado en biología y realizan investigación en diversos aspectos históricos y filosóficos de la evolución.

La asignatura de Filosofía e Historia de la Biología tiene el propósito de proporcionar al alumno “una concepción sobre el carácter histórico y social de la Biología y [de] fomentar una actitud ética ante la sociedad” (*Nuevo Plan de Estudios...*, pág. 2), y se plantean los siguientes objetivos: “Introducir al estudiante al estudio de la filosofía de la ciencia; que entienda el carácter histórico-social de la biología y sus métodos; y que conozca y maneje el origen y transformación de los conceptos y teorías más generales de la biología, en particular los relacionados

con la evolución” (*id.*, pág. 27). Para ello, se proporcionan elementos conceptuales sobre los orígenes de la teoría evolutiva moderna de la evolución y la comprensión del evolucionismo moderno, como la síntesis del pensamiento biológico. Aunque en niveles escolares previos (6°-12°) se revisan algunos aspectos de la evolución, en esta asignatura se inicia el estudio formal de la teoría evolutiva y se plantean las bases teórico-conceptuales para todo el plan de estudios; en particular es un apoyo directo a las asignaturas Evolución I y II, que se imparte en sexto y séptimo semestres con carácter obligatorio, y para las optativas agrupadas en las áreas de Genética y evolución, y Sistemática; en general, en tanto que base lógico-conceptual de la disciplina, apoya indirectamente a las asignaturas obligatorias con una perspectiva evolutiva explícita.

La asignatura está conformada por 10 temas, entre ellos *La Revolución darwiniana* y *Mendel, mendelismo y la revolución darwiniana* (esta incluye el subtema *Síntesis del darwinismo y el mendelismo*). Se organiza mediante sesiones teóricas impartidas por los profesores titulares, sesiones de discusión con ayudantes de profesor, con base en lecturas y videos, y sesiones de conferencias sobre temas relevantes del programa, impartidas por profesores titulares y especialistas invitados. La escuela cuenta con personal académico, instalaciones, equipamiento y recursos bibliotecarios adecuados. Por otra parte, el nivel socioeconómico de los estudiantes es medio y medio-alto.

Consideraciones teóricas

Exigencias epistemológicas. La teoría moderna de la evolución (TEM) relaciona cambios ambientales y cambios del programa genético de los organismos a través del tiempo (Mayr, 1982; Stebbins y Ayala, 1985), lo que explica el estado actual de un organismo y sus características derivadas de un ancestro, adquiridas debido a que representan una ventaja evolutiva. Este proceso evolutivo se estructura a partir de cuatro ideas fundamentales (Mayr, 1978; Gould,

1982): el mundo y las especies cambian, los cambios son *puntuados* (súbitos y graduales) y existe descendencia común (número limitado de tipos morfológicos), todo mediante selección natural, variación y adaptación al medio. 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 mayor adaptación al medio se multiplican y las que no, se eliminan, 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.

Estas ideas son muy complejas debido a que cada una representa grandes categorías con las que se describe en forma articulada una gran cantidad de procesos para entender las variaciones y modificaciones de los seres vivos, desde los organismos unicelulares hasta los pluricelulares de gran complejidad, incluyendo al ser humano. Así, los aspectos epistemológicos fundamentales de esta explicación, de acuerdo con Barahona (1990), se refieren a: (a) la importancia de la diversidad genética, ya que habiéndose originado por mutaciones y recombinación de genes, sobre ella actúa la selección natural, lo cual tiene como resultado una evolución gradual, (b) las especies como poblaciones aisladas reproductivamente de otras, y (c) el fenómeno evolutivo, presente en los mecanismos genéticos y en el efecto de los factores ecológicos (nicho, competencia, radiación adaptativa) en la diversidad y en el origen de nuevas *taxas*. Estos elementos establecen las *exigencias teóricas que los estudiantes requieren comprender acerca del tema*.

Construcción de categorías y análisis de discurso. El aprendizaje de conocimiento es un proceso constructivo de representaciones lógico-categoriales y semióticas, lo cual modifica el conocimiento previo de alguna forma. En el caso del conocimiento científico, se puede hacer referencia a algunos de sus niveles epistemológicos, como

la descripción, la explicación y la ejemplificación. Esta referencia es deseable, y es crucial para determinar mínimos de 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, 1983), y el contexto temático-situacional. Con ello se produce una nueva organización conceptual, una *versión* propia del conocimiento por parte de cada estudiante, con conceptos, conexiones lógicas y otras representaciones, articulados semántica y epistemológicamente.

Además de ser un proceso de construcción activo (Piaget) y significativo (Ausubel), el aprendizaje es social (Vigotsky). En particular, la interacción en el aula permite expresar los significados temáticos de los participantes en forma de textos, y tiene efectos directos en el proceso constructivo mencionado (Bloome, 1992; Campos y Cortés, *id.*). De este modo, el conocimiento lógico-conceptual se reconstituye y comunica discursivamente (van Dijk, 1983; Sternberg, 1987). Los componentes discursivos tienen funciones semánticas y sintácticas específicas (Lemke, 1992), por lo que el acceso lexical, o selección de formas gramaticales que comunican un significado deseado (Levelt, 1992), genera determinados enunciados proposicionales (Frederiksen, *id.*; LoCascio, 1998). A pesar de las diferencias semánticas y lógicas que produce cada participante en un contexto dado, como el conversacional en clase o en un examen, se presentan similitudes categoriales que permiten la comunicación y el proceso intertextual: cada palabra que se encuentra en el discurso de cada uno, de entre las varios posibles para un solo significado e incorporada durante la interacción en clase, proviene de sus procesos selectivos, dependientes de la organización conceptual a que hace referencia (Sternberg,

id.; Prawat, 1989). Estos elementos constituyen el nivel de demanda cognitiva que se espera puedan manejar los estudiantes.

El Modelo de Análisis Proposicional. Con base en estos elementos epistemológicos, cognoscitivos y sociolingüísticos, en este trabajo se analiza el discurso en su configuración proposicional, mediante el Modelo de Análisis Proposicional, o MAP (Campos y Gaspar, 1996). Con el MAP se identifican *componentes semánticos* conceptuales, relacionales y proposicionales, a partir de los cuales se establece la *correspondencia* que dicho contenido tiene con los requerimientos epistemológicos del conocimiento científico, del tema bajo estudio (teoría evolutiva moderna).

El *análisis de componentes* en el MAP consiste en identificar proposiciones (P) y unidades semánticas conceptuales (denominadas *conceptos*, C) y relacionales (denominadas *relaciones lógicas*, R). La proposición se define como un enunciado con significados específicos y contextuales (temáticos o situacionales) de acuerdo con condiciones históricas y sociales, formado por dos C como mínimo y por lo menos una R que los une, conformando encadenamientos discursivos en forma de estructuras CRC. Además de C y R, dichos enunciados contienen otros componentes gramaticales (O) que pueden darles fluidez y matiz. Los conceptos se enuncian de diversas formas en el discurso. Por razones analíticas, se toma a los sustantivos, por ser el componente gramatical que denomina o define los objetos de los que se habla y sobre los que se especifica algo en particular (ver una definición similar en van Dijk y Kintsch, *id.*, y LoCascio, *id.*). Las relaciones lógicas también se expresan de muchas formas, ya sea en formas estándares de la lógica formal, formas verbales u otras. Un

concepto que se encuentra en dos o más proposiciones representa un organizador de bloques de conocimiento y constituye un *núcleo conceptual* (C-núcleo); es decir, es un concepto organizador en la *estructura discursiva* sobre el tema bajo estudio (en este caso, la teoría evolutiva moderna). El conjunto de núcleos conceptuales forma el *núcleo* de un texto dado.

El *análisis de correspondencia* consiste en identificar la similitud semántico-contextual del texto producido por cada estudiante respecto de los requerimientos lógico-conceptuales del conocimiento científico. Para ello se genera un texto temático específico llamado *referente-criterio* (o *criterio*), epistemológicamente válido y adecuado al nivel escolar, con base en preguntas formuladas en los niveles descriptivo, explicativo y ejemplificativo.¹ Se determina *correspondencia* en tres dimensiones: (a) *conceptual*, entre expresiones discursivas del estudiante y los C del criterio; 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 C específicos* que se encuentran en la zona de correspondencia; representa asimilación de la configuración lógica del contenido temático identificado anteriormente; y (c) *con el núcleo*: entre expresiones discursivas del estudiante y C-núcleo del criterio; representa asimilación de conceptos organizadores.² Este abordaje interpretativo puede analizarse cuantitativamente, de acuerdo con las definiciones del propio MAP (ver Anexo).

Metodología

Se aplicó un examen a un grupo escolar de 20 estudiantes de la asignatura de Filosofía e Histo-

¹ El criterio puede provenir de diversas fuentes: experto(s) o textos especializados.

² Aunque en sentido estricto toda correspondencia es equivalente, se respeta la sinonimia a nivel terminológico en las tres formas de correspondencia, debido al uso contextual del lenguaje (*correspondencia idéntica*: igual terminología que el criterio), se aprecia su vaguedad (*correspondencia alusiva*: referencias periféricas al significado del criterio), así como la correspondencia intermedia entre estos extremos de significado (*correspondencia equivalente*: términos o expresiones diferentes pero con significado similar al contenido del criterio).

ria de la Biología, del primer semestre de la carrera de Biología (UNAM), antes y después de revisar los temas de *La Revolución darwiniana*, y *Mendel, mendelismo y la revolución darwiniana* (que incluye el subtema *Síntesis del darwinismo y el mendelismo*), en los que se discuten los conceptos fundamentales de la teoría evolutiva moderna. El examen contiene las siguientes preguntas:

¿En qué consiste la teoría evolutiva moderna? ¿Cómo esta teoría explica la adaptación y la diversidad? Explica por qué algunas especies de bacterias son inmunes a ciertos antibióticos.

La demanda cognitiva de este tipo de examen es de tipo argumentativo, integrando los tres niveles epistemológicos mencionados: descriptivo (¿*En qué consiste...?*), explicativo (¿*Cómo esta teoría explica...?*) y ejemplificativo (*... algunas especies...*).

El grupo trabajó con su profesora durante dos sesiones semanales de dos horas cada una, integrándose a todos los grupos escolares del mismo semestre en una tercera sesión semanal de tres horas, en la que se presentan conferencias sobre los temas estudiados por parte del cuerpo docente e invitados. Los temas que dan base al examen se enseñaron durante catorce sesiones semanales de clase (en siete semanas). No se hicieron indicaciones específicas sobre la forma de enseñanza. Dos semanas después de haber terminado la revisión de dichos temas, se aplicó la posprueba.³ Ambas pruebas se aplicaron en clases regulares, sin previo aviso; se informó a los estudiantes que el examen no tenía efecto en su calificación, que era voluntario responderlo, y que disponían de veinte minutos para hacerlo. Todos respondieron y el promedio de tiempo efectivo de respuesta fue de aproximadamente trece minutos. Se analizó la respuesta de cada estudiante en ambas pruebas de acuerdo con el procedimiento establecido en el MAP. El análisis que se presenta en este trabajo se basa

en una muestra aleatoria de diez estudiantes del grupo.

Análisis de resultados y discusión

A continuación se presenta el análisis de componentes del criterio. En seguida se presenta, por razones de espacio, sólo un ejemplo del análisis completo practicado a la respuesta de cada uno de los estudiantes, en ambas pruebas, desde el análisis de componentes hasta el análisis de correspondencia y el análisis cuantitativo respectivo. Sin embargo, se presentan ejemplos de respuestas de otros estudiantes, aspectos cualitativos relacionados con sus componentes semánticos y la correspondencia, y el análisis cuantitativo respectivo.

El criterio. Es el siguiente, ya organizado en proposiciones (P), unidades semánticas conceptuales (C, en negritas), unidades semánticas relacionales (R, en itálicas) y otros componentes (O):⁴

P1: La Teoría Evolutiva Moderna (TEM) *consiste en* la idea de que la selección natural *es* el principal mecanismo causal de cambio en el tiempo, que *opera sobre* la variación que *aparece por* mutación y recombinación, y que *se hereda de* manera mendeliana *intra o* interpoblacional *generando* un patrón generalmente gradual y continuo.

P2: La TEM *reúne* bajo su marco conceptual a la teoría de la evolución de Darwin, la Genética de Poblaciones, la Paleontología, la Ecología, Citología, Embriología, la Biogeografía y la Sistemática, *convirtiéndose en* la teoría más general y más importante de la Biología.

P3: La adaptación *según* la TEM *es* el resultado de la selección natural *actuando sobre* la variación individual, que *permite* que en la lucha *por* la existencia, los individuos *cuyas* características les *sean* ventajosas *sobrevivan y dejen* descendencia.

³ Este procedimiento minimiza los efectos de la repetición (*memorización*) y exige al estudiante organizar su respuesta a pesar de que en ese momento ya se encuentra revisando temas subsecuentes.

⁴ Este criterio fue elaborado por la Dra. Ana Barahona (Facultad de Ciencias, UNAM), experta en el tema.

P4: La adaptación *entonces es* el resultado del poder creativo *de* la selección natural.

P5: La diversidad biológica *es explicada como* el resultado *de* la divergencia de caracteres, *en donde* las poblaciones *van constituyéndose en* especies *separadas* reproductivamente de otras.

P6: Algunas especies de bacterias *son* inmunes genéticamente, *es decir, poseen* los genes que *les confieren* la resistencia.

P7: Estos genes *podieron haberse transferido* horizontalmente *de* una bacteria *a* otra.

P8: *Al ser* individuos *favorecidos* selectivamente *ante* la presencia del antibiótico (factor selectivo) *sobreviven y dejan* descendencia.

P9: *Con* el tiempo *se forman* especies *con* esas características *de* inmunidad.

El componente descriptivo se encuentra en las proposiciones P1 y P2: se plantea en qué consiste la teoría (la selección natural como mecanismo generador de cambios en el tiempo, que actúa sobre la variación de los seres vivos, así como los factores genéticos involucrados) y los campos relacionados. El componente explicativo, en las P3-P5: se plantea el mecanismo adaptativo, la función de la selección natural en el proceso de lucha por la existencia, la herencia y la diversidad biológica como resultado de divergencia de caracteres y especiación. El componente ejemplificativo, en P6-P9, que ilustra lo anterior en el caso de las bacterias. Con ello se cumple con las exigencias epistemológicas mencionadas (Mayr, 1978, 1982; Stebbins y Ayala, *id.*; Gould, *id.*). Los conceptos núcleo son: TEM (P1-P3), selección natural (P2 y P3), tiempo (P1, P9), adaptación (P3-P4), resultado (P3-P4), individuos (P3, P8), características (P3, P9), descendencia (P3, P8), especies (P5-P6, P9), bacterias (P6-P8) y genes (P6 y P7). El mapa proposicional de este texto se muestra en la figura 1.

El ejemplo del criterio, uno de los muchos que se presentan en clase, es sólo una referencia para el análisis. Sin embargo, en este estudio interesa que los estudiantes reconoz-

can el mecanismo evolutivo con un ejemplo clásico y claro al respecto, y la prueba diseñada así lo exige. Por lo tanto, el análisis de correspondencia que se presenta a continuación se basa completamente en el criterio, incluido el ejemplo planteado. Por supuesto, la respuesta del profesor no es idéntica a la forma en que se enseñó durante la discusión regular del tema, sino que sintetiza sus aspectos centrales. Por su parte, las respuestas de los estudiantes sintetizan, a su manera, la explicación a la que estuvieron expuestos durante la presentación del tema.

El caso del estudiante MGV en la pre-prueba. El resultado del análisis de componentes (P, C, R, O) de su respuesta es el siguiente:

P1: La teoría evolutiva [moderna] *nos dice* que los cambios evolutivos *en* los organismos *se dan* principalmente *por* dos factores: la relación *de* los individuos *con* el medio ambiente que *les rodea, puede provocar* cambios *para adaptarse al* clima, [como] el mimetismo; la selección natural, que *escoge* los organismos mejor desarrollados *para sobrevivir* y así *mejoren* la especie.

P2: [La TEM] *explica* la diversidad *como* un proceso *de* cambio *entre* individuos que *al encontrarse con* un medio ambiente diferente y cambiante *llega al* equilibrio.

P3: La adaptación [es explicada por La TEM] *son* cambios que el individuo *genera para lograr* un mayor desarrollo y adecuación.

P4: [Los individuos] *transmiten* ciertas características hereditarias *a su* descendencia, lo que *provoca* una mayor complejidad.

P5: Las bacterias, *para sobrevivir, son* [organismos] *capaces de desarrollar* inmunidad, *es decir, pueden vivir en* un medio que antes les era tóxico.

P6: Para ello [desarrollan inmunidad] *pueden variar sus* costumbres alimenticias, de degradación *de* materiales *y logran hacerse* [organismos] *resistentes a ellos* [antibióticos].

Una revisión general muestra que en esta respuesta ambientalista se presentan elementos

requeridos del tema, de acuerdo con el criterio: nociones generales sobre la adaptación, la diversidad y la herencia, sin entrar en detalles conceptuales sobre la selección natural y su relación con procesos genéticos (P1, P8), ni de estos con la especiación (P5).

Más específicamente, el *análisis de correspondencia* muestra los siguientes resultados: en el caso de la *correspondencia conceptual*, se observa que MGCV hace las siguientes referencias a unidades semánticas conceptuales del criterio: TEM, selección natural, mecanismo causal (alusiva, con su expresión Factor, en su P1), cambio, adaptación, resultado (alusiva, con su expresión Cambios Que Se Generan, P3), variación individual (alusiva, con su expresión Individuos

Mejor Desarrollados, P1), individuos, características, descendencia, diversidad biológica, especie, bacterias, inmunes genéticamente (alusiva, con su expresión Inmunidad, P5), resistencia (con su expresión Resistentes, P6), inmunidad, antibiótico e, implícitamente, presencia (del antibiótico). Algunos de ellos son C-núcleos, por lo que en el texto de MGCV se tiene la siguiente *correspondencia con el núcleo*: TEM, selección natural, adaptación, resultado, individuos, características, descendencia, especie y bacterias.

Estos conceptos están conectados lógicamente de forma específica en el criterio, por lo que la *correspondencia relacional* nos permite ver si el estudiante MGCV construye una organización conceptual similar:

R requeridas entre c del criterio	R en correspondencia por mgv
P1: TEM R(inclusión): <i>consiste en</i> selección natural; selección natural R(identidad): <i>es</i> mecanismo causal.	TEM R(genérica): <i>nos dice</i> selección natural; selección natural, R(causal): <i>se da [como]</i> factor.
P3: Adaptación R(genérica): <i>según</i> TEM; Adaptación R(identidad): <i>es</i> resultado; resultado R(secuencial): <i>de</i> selección natural; selección natural R(genérica): <i>actuando</i> R(genérica): <i>sobre</i> variación individual; selección natural R(causal): <i>permite</i> individuos; individuos R(inclusión): <i>cuyas</i> características; individuos R(secuencial): <i>sobrevivan</i> R(conjunción): <i>y</i> R(secuencial): <i>dejen</i> descendencia.	Adaptación R(causal): <i>explicada por</i> TEM; Adaptación R(identidad): <i>son</i> cambios; ----- selección natural R(genérica): <i>escoge</i> individuos mejor desarrollados; selección natural R(causal): <i>para que</i> individuos; individuos R(inclusión): <i>[con]</i> ciertas características; individuos R(secuencial): <i>sobreviven [y] transmiten</i> características a descendencia.
P4: Adaptación R(identidad): <i>es</i> resultado; resultado R(secuencial): <i>de</i> selección natural.	Adaptación R(identidad): <i>son</i> cambios; -----
P5: Diversidad biológica R(causal): <i>es explicada</i> R(equivalencia): <i>como</i> resultado; Diversidad biológica [hace que] R(secuencia): <i>van constituyéndose</i> especies; especies R(diferencia): <i>separadas</i> unas de otras especies.	Diversidad biológica R(causal): <i>es explicada</i> R(equivalencia): <i>como</i> cambio. ----- -----

P6: bacterias R(identidad): <i>son</i> inmunes genéticamente; [genes] + R(genérica): <i>les confieren</i> resistencia.	bacterias R(identidad): <i>desarrollan</i> inmunidad; - - - -
P8: Bacterias R(genérica): <i>ante</i> la presencia del antibiótico; Bacterias R(secuencial): <i>sobrevivan</i> R(conjunción): y R(secuencial): <i>dejen</i> descendencia.	Bacterias R(genérica): <i>logran hacerse</i> resistentes al [ante la <i>presencia</i> del] antibiótico; Bacterias R(secuencial): <i>sobrevivan</i> ...
P9: especies R(inclusión): <i>con</i> características.	- - -

A los elementos conceptuales ausentes se agrega la falta de encadenamiento lógico respecto de la selección natural, la adaptación (P3, P4), la diversidad biológica y la especiación (P5), y la función de los genes en la inmunidad y la especiación (P6, P9). El criterio se leería de la siguiente manera, a partir de la correspondencia identificada en la respuesta de MGv:

P1: La Teoría Evolutiva Moderna (TEM) nos *dice* que... la selección natural *se da* [como] factor de cambios evolutivos...

P3: La adaptación *es explicada por* la TEM [que] *son* cambios...; [la] selección natural, *escoge* individuos [con] ciertas características... *para sobrevivir* [y las] *transmiten a* [la] descendencia.

P4: La adaptación *es* [un] cambio... selección natural.

P5: La diversidad biológica *es explicada como* cambios... especies.

P6: Algunas especies de bacterias *desarrollan* inmunidad..., resistencia.

P8: Bacterias... *logran hacerse* resistentes a [ante la presencia del] antibiótico, *sobreviven*... descendencia.

P9: Especies... características.

Se observa claramente una respuesta incompleta, en todos los niveles epistemológicos, en particular en el nivel explicativo (P3-P5), en el que no se definen adecuadamente adaptación y diversidad biológica, la relación de estos con la selección natural y la especiación, ni el factor de competencia en la supervivencia. Además, no

plantea otros factores importantes como la función de los genes en la inmunidad (P6-P7) y su relación con la selección natural (P8). Sin embargo, hace referencia a casi todos los C-núcleos. Así, su organización conceptual representa una idea general, pobre en nociones conceptuales pero bien estructurados lógicamente, de la conceptualización requerida. El mapa proposicional de correspondencia (figura 2) ilustra esta situación.

El análisis cuantitativo de estos resultados muestra los siguientes valores de correspondencia conceptual (cc), relacional (cr) y con el núcleo (c) (tabla 1; ver definiciones en el Anexo y el mapa proposicional de correspondencia). Dado que el criterio contiene 49 unidades semánticas conceptuales (C), y MGv hace referencia a 18 de ellos, tenemos: $cc = 18/49 = 0.367$ (37% del nivel esperado). Esos 18 C a que se refiere MGv, es decir, que están en correspondencia con el criterio, se conectan en éste mediante 25 relaciones lógicas (R); MGv establece las mismas conexiones en 17 de esos casos, por lo que: $cr = 17/25 = 0.680$ (68%). Además, MGv hace correspondencia con 9 de los 11 C-núcleos, por lo que: $c = 9/11 = 0.818$ (82%). Por tanto, los índices de calidad lógico-conceptual y de correspondencia son, respectivamente (ver definiciones en el Anexo): $q = (cc)(cr) = 0.250$ (25%) y $q_{corr} = q + c = 1.068$ (53%). Estos valores, que representan un abordaje pobre en unidades semánticas conceptuales, bien estructuradas lógicamente, y buen manejo de conceptos organizadores,

equivalen a una organización conceptual de tipo *Marco Referencial* (ver definiciones en el Anexo). Esta caracterización coincide, por supuesto, con la presentada anteriormente a nivel cualitativo.

El caso del mismo estudiante, MGv, en la posprueba. El resultado del análisis de componentes (P, C, R, O) de su respuesta, una vez revisado el tema en clase, es el siguiente:

P1: La teoría evolutiva moderna *consiste en la síntesis de las teorías anteriores, que eran consideradas como ajenas.*

P2: [La TEM] *explica la diversidad como un proceso de diferenciación de los individuos que les permite un mejor desarrollo dentro de su habitat y así mantener una constancia en su especie.*

P3: La adaptación *está dada por el contacto con dicho medio ambiente y por la necesidad de subsistir dentro de él o buscar un medio mejor.*

P4: En las bacterias es relativamente fácil *observar una repentina inmunidad a ciertos antibióticos, ya que el continuo contacto con estos les obliga a hacerlo [un cambio].*

P5: Estos cambios *pueden ser superficiales como una capa de la membrana o ser profundos*

como alterar una estructura que es dañada en el antibiótico.

En cuanto a la *correspondencia conceptual*, en esta ocasión MGv hace las siguientes referencias al criterio: TEM, adaptación, variación individual (alusiva, con sus expresiones Proceso de Diferenciación de los Individuos, en su P1), lucha (alusiva, con su expresión Necesidad de Subsistir, P3), existencia (alusiva, con su expresión Necesidad de Subsistir, P3), individuos, diversidad biológica, divergencia (equivalente, con sus expresiones Proceso de Diferenciación de los Individuos, P1), especie, bacterias, resistencia (con su expresión Repentina Inmunidad, P4), inmunidad, presencia (con su expresión Continuo Contacto, P4) y antibiótico. Entre ellas, se encuentran los C-núcleo con los que MGv hace *correspondencia con el núcleo*: TEM, adaptación, individuos, especie y bacterias.

Las conexiones lógicas (R) requeridas en el criterio para estos conceptos, y la *correspondencia relacional* identificada en la respuesta de MGv son las siguientes:

R requeridas entre c del criterio	R en correspondencia por mgv
<p>P3: Adaptación R(genérica):<i>según</i> TEM; adaptación... R(genérica):<i>actuando</i> R(genérica): <i>sobre</i> variación individual; variación individual R(genérica):<i>permite</i> lucha; lucha R(propósito): <i>por</i> existencia.</p>	<p>Adaptación [R(genérica):<i>está dada por</i> la TEM; ---- ---- lucha R(propósito):<i>en la necesidad de subsistir</i> [por la existencia].</p>
<p>P5: Diversidad biológica R(causal):<i>es explicada</i> R(equivalencia):<i>como</i> divergencia; divergencia... R(secuencial):<i>van constituyéndose</i> especies. especies R(diferencia):<i>separada</i> unas de otras especie</p>	<p>Diversidad biológica R(causal):<i>explica la</i> divergencia; divergencia R(genérica):<i>mantener</i> especie; ----</p>
<p>P6: Bacterias R(identidad):<i>son [=tienen]</i> resistencia.</p>	<p>[En] bacterias R(inclusión):<i>se observa</i> resistencia.</p>

P8: resistencia R(genérica): <i>ante</i> presencia del anti- biótico.	inmunidad R(genérica): <i>a</i> ciertos antibióticos.
P9: Especies R(inclusión): <i>con</i> inmunidad.	- - -

Las referencias de MGv a C y C-núcleo son menores que en la pre-prueba. También lo son las relaciones lógicas en correspondencia, respecto de la adaptación, la variación individual y la competencia (P3), y la especiación (P5), además de otros encadenamientos faltantes en el nivel ejemplificativo. Ahora el criterio se leería de la siguiente manera, de acuerdo con la correspondencia identificada (el *mapa proposicional de correspondencia* respectivo se muestra en la figura 3):

P3: La adaptación, *dada por* la TEM... lucha en la *necesidad de subsistir*...

P5: La diversidad biológica *explica* la divergencia,... *mantiene* especies.

P6: [En] algunas bacterias... *se observa* resistencia.

P8: Individuos *ante* el continuo contacto con el antibiótico.

Extrañamente, la respuesta de MGv es mucho más pobre que en la pre-prueba, tanto en aspectos conceptuales como relacionales y con el núcleo. Probablemente se confundió ante la complejidad de la teoría, no pudo integrar aspectos nuevos o se olvidó de aspectos importantes que ya sabía. Sin embargo, se observa que el manejo lógico de los conceptos es más o menos adecuado. Su respuesta se enfoca a aspectos ambientales, deja totalmente fuera los pocos aspectos descriptivos a que había hecho referencia en la pre-prueba, y el nivel explicativo requerido es prácticamente nulo (P3-P5). Su ejemplo carece de la relación con la selección natural y los factores genéticos (P6, P8).

El análisis cuantitativo de la correspondencia conceptual (c), relacional (cr) y con el núcleo (c) de estos resultados cualitativos muestra los siguientes valores (tabla 2): $c = 0.286$ (29%),

$cr = 0.454$ (45%), $c = 0.454$ (45%), $q = 0.130$ (13%) y $q_{corr} = 0.584$ (29%). La disminución es clara: MGv olvidó el material o se confundió con él. Se observa un manejo lógico, aunque bajo, todavía más alto que su manejo conceptual. Su organización conceptual es todavía de tipo *Marco Referencial*, aunque claramente más débil.

Resultados grupales en la pre-prueba. La mayoría de los otros estudiantes del grupo no producen mejores respuestas que MGv. Además de muy incompletas, tienen dificultades para construir explicaciones sobre el tema, y también dejan importantes elementos conceptuales como la variación y la supervivencia. Al no conectar adecuadamente algunos de ellos, se observa una falta de noción procesual al respecto. Es decir, presentan una comprensión poco clara del contenido requerido. Los siguientes segmentos explicativos de las respuestas de algunos estudiantes ilustran esta situación:

AGR: La teoría evolutiva dice que a través del tiempo, los seres vivos han ido cambiando gradualmente; con base en estos cambios se origina la adaptación al ambiente, y la diversidad. Los seres vivos de una misma especie son o no resistentes a algo, sobreviven y transmiten ya que son inmunes, así ir evolucionando de generación en generación.

JZN: Los organismos vivos cambian para adaptarse al medio ambiente y sobrevivir. Estos cambios se dan a través de varias generaciones. La diversidad ocurre por que siguen existiendo algunos de los organismos originales y los que cambiaron.

JCRO: La adaptación y la diversidad se explican a partir de cambios, que pueden manifestarse a nivel hereditario, es decir, que se adquieren de

los padres. A partir de estos cambios los organismos deben adaptarse al medio para lograr su supervivencia y hacer que perdure su especie.

YOC: [La adaptación y la diversidad] consisten en cambios a nivel genético, de tal forma que los organismos al heredar ciertas características que los hicieron mejores harán un organismo mejor en cierto grado de evolución; y si éste se cruza con otro con características que le ayudaron en su desempeño, el siguiente tendrá un verdadero cambio evolutivo. El medio ambiente provoca que algunos genes que permanecían dormidos se manifestaron.

En conjunto, se observan referencias a nociones científicas como adaptación, diversidad, descendencia (precisamente en el nivel explicativo del criterio (P3, P5), así como procesos específicos de supervivencia e inmunidad genética (nivel ejemplificativo del criterio: P7-P9).

En términos específicos, por ejemplo la explicación de la estudiante AGR, se presenta la siguiente correspondencia con los requerimientos explicativos científicos (además de referirse a los cambios evolutivos, incluidos en el nivel descriptivo del criterio: P1: La TEM *dice* que [hay] cambios en el tiempo):

(P3): [A través del tiempo los seres vivos han ido cambiando]... *con* adaptación,... *sobreviven* de generación *en* generación.

(P5) La diversidad biológica,... especies.⁵

Como se ve, esta respuesta es más incompleta que la del estudiante MG. Los resultados cuantitativos representan dichas diferencias (tabla 1): $\alpha = 0.347$ (35%), $cr = 0.688$ (69%), $c = 0.818$ (82%), $q = 0.239$ (24%) y $q_{corr} = 1.057$ (53%).

En conjunto, el análisis cuantitativo de los resultados del grupo muestra los siguientes valores promedio de correspondencia conceptual (cc), relacional (cr) y con el núcleo (c) (tabla 1): $\alpha = 0.335$ (33% del nivel esperado), $cr = 0.621$

(63%), $c = 0.736$ (74%), $q = 0.204$ (20%) y $q_{corr} = 0.940$ (47%), por lo que el tipo de organización conceptual del grupo también es *Marco Referencial*. Sólo la estudiante YOC obtuvo valores altos, equivalentes a un *Marco Conceptual*.

Resultados grupales en la posprueba. Como ejemplo, los estudiantes AGR, JZN, JRCO y YOC ya mencionados, respondieron de la forma siguiente al nivel explicativo (P3 y P5):

AGR: La adaptación es la capacidad de un individuo de sobrevivir a ciertas circunstancias. La explicación de esto se debe a que los individuos más fuertes sobreviven, se reproducen y por tanto pasan capacidades de adaptación [a sus descendientes]. La diversidad se debe a si un individuo se reproduce con otro y el producto de ese entrecruzamiento se cruza con otro y así consecutivamente, llega un momento en que las características, muchísimas, están tan revueltas, con algunas dominantes, se verán representadas en cada individuo.

JZN: Los cambios que aparecen en ciertas poblaciones a través de generaciones se explica con mecanismos como la selección natural[:] que los cambios se dan por selección natural y el medio selecciona a los organismos que estén mejor adaptados.

JRCO: La variación es el resultado de pequeñas mutaciones en el genotipo de los organismos que se reflejan en el fenotipo que vemos. Por lo tanto, el fenotipo cambia y pueden adaptarse al medio. Al heredar sus caracteres, sólo pueden heredar los genes del genotipo y no los cambios que sufrió en fenotipo en el trayecto de su vida.

YOC: La adaptación se explica en términos de la selección natural y las modificaciones o especiación producidas por cambios en el genoma se manifiestan fenotípicamente. Cuando surja algún cambio en el medio, el organismo que tenga las mejores condiciones es el que va

⁵ La diversidad de referencias conceptuales y relacionales entre estudiantes, con diferente nivel de precisión lógico-conceptual y contenido epistemológico respecto al contenido establecido en el criterio, constituye *familias proposicionales* respecto de dicho criterio (Campos y Gaspar, 1997). Estas familias muestran el contenido aprendido en conjunto, en un contexto dado.

a sobrevivir. Debido a esto va a poder reproducirse más que otras especies y va a dejar mayor descendencia.

Como ellos, la mayoría de los estudiantes dio respuestas ligeramente más amplias que en la pre-prueba, en algunos casos con mayor contenido epistemológico. En general, se hace referencia a adaptación, diversidad, aspectos causales (tanto genéticos como selectivos), y otros aspectos específicos como sobrevivencia y transmisión hereditaria de caracteres evolutivamente ventajosos; estas nociones se conservan en el nivel ejemplificativo. Sin embargo, existe mucha diversidad en el contenido de las respuestas.

En el caso particular de la estudiante AGR, su explicación corresponde al requerimiento explicativo de la siguiente forma:

P3: La adaptación *se debe* [al resultado *de*] la selección natural,... la diversidad individual,... los individuos [por *cuyas*] características... *dejan* descendencia.

P4: La adaptación *entonces es* el resultado... *de* la selección natural.

P5: La diversidad biológica *se debe a* [es el resultado] *de* la diferencias individuales [con] características *del* entrecruzamiento [genético] tan revueltas, con algunas dominantes.

Se observa mayor correspondencia, *i.e.*, mayor contenido científico, respecto de la pre-prueba. Los valores cuantitativos del análisis completo de la correspondencia de AGR con el criterio son los siguientes (tabla 2): $\alpha = 0.333$ (33%), $\alpha_r = 0.700$ (70%), $\alpha_c = 0.727$ (73%), $q = 0.233$ (23%) y $q_{\text{corr}} = 0.960$ (48%). Como se puede observar, las diferencias de AGR en la posprueba son casi iguales que en la pre-prueba. Es decir, la mejoría es precisamente en el nivel explicativo, con ideas incompletas en los niveles descriptivo y ejemplificativo.

En el conjunto grupal, los resultados cualitativos obtenidos en el análisis respectivo de la respuesta de cada estudiante, también se observan cuantitativamente: los valores promedio de cada índice muestran una ligera mejoría respecto

de la pre-prueba, excepto en α (tabla 2): $\alpha = 0.346$ (35%), $\alpha_r = 0.730$ (73%), $\alpha_c = 0.672$ (67%), $q = 0.243$ (24%) y $q_{\text{corr}} = 0.913$ (45%). Como en la pre-prueba, sólo la estudiante YOC produjo un *Marco Conceptual*. Las diferencias observadas entre pruebas no son significativas en ninguno de los índices ($p > 0.17$ en cada índice). Es decir, *el grupo tuvo un desempeño similar antes y después de revisar el tema, por lo que la mejoría en su asimilación del contenido no es sustancial*. Es interesante notar que existe una correlación positiva, aunque baja ($r = 0.32$), entre la referencia que hacen a los C-núcleo en la pre-prueba y el valor de correspondencia conceptual en la posprueba. De hecho, de los estudiantes que hicieron referencia a más de la mitad de los C-núcleo en la pre-prueba, cinco de ellos mejoraron en el índice de correspondencia conceptual en la posprueba; es decir, en estos casos *saber de los conceptos organizadores favorece la estructuración conceptual de la respuesta requerida*.

Estos resultados son más bajos que los reportados en otros temas de la misma disciplina en el nivel universitario (Alucema, 1996), aparentemente por la dificultad del tema bajo estudio en este trabajo; también lo son respecto a los reportados sobre el mismo tema, con la misma metodología, en educación básica (Campos *et al.*, 1999; Paz, 1999), media básica (Campos y Cortés, 2002) y media superior (Campos, Cortés y Rossi, 2002). Es decir, el tema es menos accesible en este nivel escolar, por su complejidad teórica, y otros factores como la organización y conducción de la clase. Las dificultades observadas para construir conocimiento de nivel explicativo, y la concentración de las respuestas en los niveles descriptivo y ejemplificativo, concuerdan con las reportadas en los estudios mencionados. En particular, se tienen problemas para diferenciar la variabilidad poblacional de la individual, y la contribución de los procesos genéticos a dicha variabilidad, en el contexto de la selección natural. Sin embargo, muestran conocimiento de conceptos organizadores (de acuerdo con la estructura discursiva del criterio, respecto del

tema bajo estudio), que establecen un potencial adecuado para futuros aprendizajes (Ausubel, 1973), con mejor entendimiento y mayor profundización.

Se puede observar que cada estudiante produce su propia estructura u organización conceptual de un mismo contenido temático (Ausubel, *id.*), de acuerdo con su propio nivel de comprensión (Sternberg, 1987), con aspectos comunes importantes (ver nota 5), debido al proceso sociolingüístico (van Dijk y Kintsch, 1983), *i.e.*, por el uso de lenguaje específico en condiciones interactivas (Bloome, 1992). Esta situación muestra claramente que el análisis proposicional practicado no se reduce a un problema de presencia de palabras, ya que expresiones de los estudiantes como *proceso de diferenciación individual*, *necesidad de subsistir* o *repentina inmunidad*, tienen una función semántica similar, aunque imprecisa, a nociones expresadas en encadenamientos proposicionales del criterio como *diversidad biológica*, *lucha por la existencia* e *inmunidad*, respectivamente, todo en el contexto disciplinar y áulico en que se dio el proceso de construcción bajo estudio en este trabajo. Conviene recordar que el análisis de discurso se basa en uno de los posibles textos que se pueden producir (*texto base*, Frederiksen, *id.*), a partir del conocimiento efectivo o *mensaje base* (*ib.*), de acuerdo con el contexto específico en que se produce dicho texto. Por ello este análisis, aunque no agota el conocimiento efectivo, sí permite analizar la construcción del conocimiento mediante tres diferentes niveles de operación epistemológica, básicos en el conocimiento científico: descripción, explicación y ejemplificación.

Consideraciones finales

De los resultados anteriores, y de acuerdo con las preguntas de investigación, se concluye que:

- (a) los estudiantes construyen conocimiento incompleto conceptualmente, y con simi-

litud semántica imprecisa en sus aspectos lógicos y conceptuales; a pesar de este bajo nivel constructivo, los estudiantes logran producir conceptos que coinciden con los organizadores del tema;

- (b) en los aspectos epistemológicos, las dificultades anteriores impiden construir una configuración sólida, dejando fuera importantes elementos explicativos respecto de la variación, la adaptación y la selección natural;
- (c) de acuerdo con el análisis cuantitativo de la correspondencia, practicado al texto de cada estudiante, a nivel grupal se presenta un promedio de sólo alrededor de 30% de las unidades semánticas conceptuales requeridas; sin embargo, el nivel de correspondencia relacional alcanzado, de más del 60% de las relaciones lógicas requeridas (*i.e.*, que conectan dichas unidades conceptuales requeridas, en forma específica), representa una buena estructuración lógica;
- (d) el análisis cuantitativo no hace sino representar la caracterización cualitativa de la organización lógico-conceptual de los estudiantes: se observan valores bajos en el índice de masa conceptual (α), pero altos en los índices de estructuración lógica (α_r) y de correspondencia con el núcleo (ϵ), con lo cual se determinan índices de calidad bajos y un tipo de organización conceptual intermedio; la gran diferencia entre los valores de α y α_r , ilustra el hecho de que los estudiantes tienen habilidades de relacionamiento lógico, pero la dificultad en el manejo conceptual específico de la teoría les impide producir descripciones, explicaciones y ejemplificaciones fuertes; (ϵ) los valores de cada índice, excepto en el de correspondencia con el núcleo, son más altos en la pos-prueba, como era de esperarse, después de revisar el tema regularmente en clase; sin embargo, los cambios no son sustanciales: los estudiantes lograron ampliar un poco su masa conceptual sobre el tema y estructurarlo un poco mejor, pero no integraron

diversos conceptos y sus encadenamientos explicativos, lo cual describe las dificultades epistemológicas mencionadas.

Esta situación implica la necesidad de dar cuidadosa atención a la organización conceptual que se presenta en clase, partiendo de ideas básicas que tienen los estudiantes, separando los conceptos fundamentales y los subordinados, relacionando los primeros entre sí y estos con los demás, y con fases adecuadas de presentación, de manera que se activen habilidades analíticas e inferenciales de los estudiantes. Por supuesto, siendo tan abstracto este tipo de categorizaciones, es necesario ofrecerla en un contexto de aprendizaje activo y grupal, de manera que se comprenda adecuadamente y en forma interesante.

Estos cambios deseables tienen incidencia directa en el establecimiento de estándares de calidad respecto al conocimiento que se desea construir los estudiantes. La noción de criterio utilizado en este estudio puede ser muy útil para ese propósito. Por otra parte, la superación de una situación como la reportada implica repensar el currículo, de manera que se ubiquen mejor los temas bajo estudio, tanto en una asignatura dada como en el plan de estudios. Finalmente, es importante señalar que la metodología de análisis de discurso aplicada en este estudio permite analizar sistemáticamente, y evaluar la organización lógico-conceptual producida por los estudiantes en el contexto educativo, y puede ampliarse a disciplinas sociales con el mismo propósito.

Agradecimiento. Los autores desean agradecer a la Dra. Ana Barahona, profesora del grupo escolar estudiado, su amplia colaboración en el desarrollo de este estudio.

Referencias

- ALUCEMA, M.A. (1996). 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, 113-136.
- ALUCEMA, M. A. y M. A. Campos (2004, en prensa). Calidad del aprendizaje de las explicaciones causales en biología en estudiantes de nivel universitario, *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*.
- AUSUBEL, D. (1973). Aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento, en S. Elam, *Educación y estructura del conocimiento*, Buenos Aires, Ateneo, 211-231.
- AYALA, F. (1994). *La Teoría de la Evolución*, Madrid, Ediciones Temas de Hoy.
- BARAHONA, A. (1990). Continuidad y discontinuidad en la teoría de la evolución, *Ciencia y Desarrollo*, vol. XV, no. 90, 39-47.
- BISHOP, B. A. y C. W. Anderson (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, no. 5, 415-427.
- BLOOME, D. (1992). 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, 123-180.
- CAMPOS, M. A. y L. Cortés (2002). Conversar, argumentar, explicar: una estrategia para construir conocimiento abstracto, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, vol. XXXII, no. 4, 115-156.

CAMPOS, M. A. y S. Gaspar (1996). 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.*, 51-92.

CAMPOS, M. A., L. Cortés y S. Gaspar (1999). Análisis de discurso de la organización lógico-conceptual de estudiantes de biología de nivel secundaria, *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. IV, no. 7, 22-77.

CAMPOS, M. A., L. Cortés, y A. Rossi (2002). Dinámica de la construcción de conocimiento científico sobre la teoría sintética de la evolución en el aula pre-universitaria, *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, vol. IV, no. 2, 21-33.

CAMPOS, M. A., S. Gaspar y A. Alucema (2000). Análisis de discurso de la conceptualización de estudiantes de biología de nivel universitario, *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. X, no. 1: 31-71.

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

CANDELA, A. (1991). Investigación etnográfica en el aula: el razonamiento de los alumnos en una clase de ciencias naturales en la escuela primaria, *Documentos*, DIE, no. 21.

CUMMINS, C. L. y Rensen, J. V. (1992). Research suggestions for studying student conceptions of ultimate and proximate causation, *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*, Baton Rouge, Louisiana State University, 89-92.

DESMASTES, S. S. (1992). In favor of maintaining a broad perspective of evolution education. *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*, Baton Rouge, Louisiana State University, 96-98.

DOBZHANSKY, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution, *American Biology Teacher*, vol. 35, no. 3, 125-129.

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

GOULD, J. (1982). Darwinism and the expansion of evolutionary theory, *Science*, vol. 216, no. 4544, 380-387.

GUILLÉN, R. F. (1996). ¿Qué saben los estudiantes de secundaria sobre el tema de evolución?, en M. A. Campos y R. Ruiz, *op. cit.*, 181-207.

KELLY, G. y Crawford, T. (1997). An ethnographic investigation of the discourse processes of school science, *Science Education*, vol. 81, no. 5, 533-559.

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

LEVELT, W. (1992). Accessing words in speech production: stages, processes and representations, *Cognition*, no. 42, 1-22.

LOCASCIO, V. (1998). *Gramática de la argumentación*, Madrid, Alianza Editorial.

MAYR, E. (1961). Cause and effect in biology, *Science*, no. 134, 1501-1506.

MAYR, E. (1978). La evolución, *Scientific American*, no. 239, 46-55.

MAYR, E. (1982). *The growth of biological thought*, Cambridge, Harvard University Press, 57-59.

MEDIN, C. y W. Wattenmaker (1983). Category cohesiveness, theories and cognitive archeology, en U. Neisser, *Concepts and conceptual development*, Cambridge, Cambridge University Press, 25-62.

PAZ, V. (1999). Evaluación de la enseñanza de la biología en la educación primaria, Tesis de Maestría, México, UNAM.

PRAWAT, R. (1989). Promoting access to knowledge, strategy, and disposition in students: a research synthesis, *Review of Educational Research*, vol. 59, no. 1, 1-41.

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

SOBER, E. (1993). *Philosophy of biology*, San Francisco, Westview Press.

STEBBINS, L. y F. Ayala (1985). La evolución del darwinismo, *Investigación y Ciencia*, no. 108, 42-53.

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

TROWBRIDGE, J. E. y Wandersee, J. H. (1994). Identifying critical junctures in a college course on evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 31, no. 5, 459-473.

VAN DIJK, T. y W. Kintsch (1983). *Strategies of discourse comprehension*, Orlando, American Press.

ZUZOVSKY, R. (1992). Conceptualizing a teaching experience on the development of the ideas of evolution: an epistemological approach to the education science teachers, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 31, no. 5, 557-57.

■
ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL DE ESTUDIANTES DE BIOLOGÍA

Nuevo Plan de Estudios de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, 1996.

ANEXO

DEFINICIONES DE ÍNDICES DE CORRESPONDENCIA Y TIPOS DE ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL (MAP, CAMPOS Y GASPAR, 1996).

Índices de correspondencia

Correspondencia conceptual (cc): proporción del número de conceptos en correspondencia (Cstc), respecto del total de conceptos en la organización conceptual criterio (Ct).

Correspondencia relacional (cr): proporción del número de relaciones lógicas que el estudiante usa (Rstc) en la zona de correspondencia, respecto de las relaciones requeridas en dicha zona (Rzc).

Correspondencia con el núcleo (c): proporción del número de conceptos en correspondencia (Cstc), respecto de los que se encuentran en el núcleo del criterio (Ctc).

Calidad lógico-conceptual (q): integración de la correspondencia conceptual y relacional: $q = (cc)(cr)$.

Calidad de la correspondencia (q_{corr}): asociación de la calidad lógico-conceptual y la correspondencia con el núcleo $q_{corr} = q + c$.

Tipos de organización conceptual

Marco Nocional. Configuración conceptual débil, conformada por: $cc, c < 0.250$.

Marco Referencial. Configuración conceptual intermedia, conformada por: $0.250 \leq cc, c < 0.500$.

Marco Conceptual. Configuración conceptual fuerte, conformada por $cc, c \geq 0.500$.

En caso de que uno de los dos índices sea mayor al rango establecido, se toma el valor más bajo. Cuando los valores están en los rangos extremos, se toman criterios específicos (ver Campos y Gaspar, 1996).

Tabla 1

Índices y clasificación de la organización conceptual de los estudiantes en la pre-prueba

Estudiante	cc	cr	c	q	q_{corr}	TOC
1. AGR	0.347	0.688	0.818	0.239	1.057	MR
2. MGV	0.367	0.680	0.818	0.250	1.068	MR
3. JZN	0.306	0.500	0.637	0.153	0.790	MR
4. JRO	0.327	0.611	0.727	0.200	0.927	MR
5. MEE	0.265	0.750	0.818	0.199	1.017	MR
6. KZJ	0.306	0.462	0.545	0.141	0.686	MR
7. RLG	0.286	0.667	0.545	0.190	0.735	MR
8. GCT	0.449	0.625	0.818	0.281	1.099	MR
9. YOC	0.510	0.481	0.909	0.246	1.155	MC
10. EGT	0.185	0.750	0.727	0.138	0.865	MR
Promedio	0.335	0.621	0.736	0.204	0.940	MR

Figura 3

Mapa proposicional de correspondencia del estudiante MGv en la posprueba.
 Claves: Los rectángulos denotan correspondencia equivalente. Ver otras claves en las figuras 1 y 2

