

00361

2  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTRUCTURACION COGNOSCITIVA DE  
ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE BIOLOGIA  
REFERIDA AL CONCEPTO DE EVOLUCION

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
**MAESTRIA EN CIENCIAS**  
(BIOLOGIA)  
**P R E S E N T A**

**MARIA ANGELICA ALUCEMA MOLINA**

DIRECTOR DE TESIS  
DR. MIGUEL ANGEL CAMPOS HERNANDEZ

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D.F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

	Página
<b>Agradecimientos</b>	
<b>Introducción</b> .....	1
<b>Propósitos del estudio</b> .....	5
<b>Capítulo I</b>	
<b>Problemática</b> .....	6
- <i>Problema empírico</i> .....	6
- <i>Problema teórico</i> .....	8
<b>Capítulo II</b>	
<b>Bases teóricas para la investigación</b> .....	11
- <i>Constructivismo social en el aprendizaje</i> .....	11
- <i>Aprendizaje cognoscitivo</i> .....	12
- <i>Diferentes concepciones sobre cambio conceptual</i> .....	14
- <i>La representación gráfica del conocimiento</i> .....	17
- <i>El concepto de evolución como un organizador conceptual</i> .....	18
<b>Capítulo III</b>	
<b>Bases metodológicas: Modelo de Análisis Proposicional</b> .....	22
- <i>Fundamentos teóricos del Modelo</i> .....	22
- <i>Fundamentos metodológicos del Modelo</i> .....	24
- <i>Método</i> .....	30
- Análisis Proposicional .....	35
- Análisis grupal .....	40
- Métodos combinados y comparación .....	41
<b>Capítulo IV</b>	
<b>Análisis de resultados</b> .....	42
<b>Análisis individual</b> .....	42
- Primer semestre .....	48
- Segundo semestre .....	61
- Tercer semestre .....	68

- Cuarto semestre -----	71
- Quinto semestre -----	92
- Sexto semestre -----	102
- Séptimo semestre -----	111
<b>Análisis grupal por semestre -----</b>	<b>122</b>
- Correspondencia conceptual -----	124
- Correspondencia relacional -----	126
- Correspondencia con el núcleo -----	129
- Coherencia del discurso -----	131
- Calidad general de la correspondencia lógico-conceptual -----	133
- Calidad de la organización conceptual -----	136
<b>Análisis e interpretación de los resultados desde la Biología -----</b>	<b>140</b>
<b>Discusión -----</b>	<b>157</b>
<b>Conclusiones -----</b>	<b>163</b>
<b>Referencias -----</b>	<b>167</b>
<b>Apéndice I -----</b>	<b>173</b>

## AGRADECIMIENTOS

Un trabajo de investigación es una actividad intelectual laboriosa y creativa cuya producción, aunque individual, lo es también colectiva. Para hacer posible el logro de este trabajo, se requirió de la cooperación de muchas personas. Para quienes me ayudaron de diversas formas para llevar a cabo este proyecto, les doy infinitas gracias.

También hubo obstáculos en el desarrollo de este trabajo. Al superar con éxito las barreras, descubrí que la fuerza interior y la voluntad de vencer obstáculos siguen estando presentes en mí y hacerlo consciente me hace profundamente feliz.

En forma especial, quiero expresar un profundo agradecimiento al Dr. Miguel Ángel Campos Hernández, porque mi formación en el campo de los procesos cognoscitivos, se debe en gran medida a su conocimiento, a la dedicación y a la paciencia mostrada por él, en mi andar haciendo camino en su proyecto sobre Análisis Proposicional del Aprendizaje de Conocimientos, en el que colaboro desde hace algunos años.

Quiero expresar un reconocimiento especial a las Dras. Rosaura Ruiz Gutiérrez y Ana Rosa Barahona Echeverría, del Laboratorio de Historia de la Biología y Evolución por haber tenido la sensibilidad de brindarme el ambiente académico adecuado para el desarrollo de la investigación que dio lugar a esta tesis.

Al Dr. Guillermo Laguna Hernández por su importante colaboración en el proyecto de investigación en el que se inserta este trabajo y por su desinteresada y valiosa cooperación en la discusión de aspectos relacionados con la Biología Celular contenidos en este trabajo.

A los sinodales M. en C. Ed. Sara Gaspar Hernández, Dr. José Ascención Viccon Pale y al M. en C. Fedro Guillén Rodríguez por sus valiosos comentarios que ayudaron a enriquecer este trabajo.

En particular, agradezco el apoyo permanente y sin condiciones del Lic. Rafael Huerta, quien junto con su equipo de trabajo me prestó la asesoría técnica y de infraestructura. Al Ing. Víctor García Parra, por haber sido mi maestro en el uso y manejo del software requerido. Al M. en Estadística, José Antonio Flores y a la Act. Pilar Alonso, por el apoyo estadístico en el manejo de la información cuantitativa. A Mercedes Perelló y a Mary Ochoa, por su gran calidad humana y por su apoyo editorial.

En especial, a El por el gran amor que me demuestra cada día. A Arturo León Romanos, con cariño, por su siempre constante apoyo en lo académico, lo afectivo y lo moral. A la Dra. Martha Signoret y al Dr. José Viccon por haber puesto a mi disposición sus laboratorios. A Marcos Hernández y a Socorro Pimentel, por sus

valiosas sugerencias al trabajo. A Isabel Mazier, por sus constantes palabras de aliento durante el proceso y a Mauricio Menéndez por su apoyo desinteresado.

De manera mucho más especial, quiero agradecer a mi padre, Antonio (Q.E.P.D.), porque a pesar de su ausencia, vive en mi recuerdo y en los principios que me heredó. A mi madre, María, por su inmenso amor y porque su maravilloso ejemplo me permitió superar los obstáculos. A mis hijos María Fernanda, Jorge Antonio y Paula Andrea, porque cada uno de ellos, en su estilo y posibilidades, constituyeron el pilar afectivo de este trabajo por su comprensión y por brindarme el apoyo oportuno, amoroso y desinteresado que me dio las fuerzas necesarias para llegar a la meta propuesta. Les doy gracias por lo afortunada que soy al tenerlos como hijos.

valiosas sugerencias al trabajo. A Isabel Mazier, por sus constantes palabras de aliento durante el proceso y a Mauricio Menéndez por su apoyo desinteresado.

De manera mucho más especial, quiero agradecer a mi padre, Antonio (Q.F.P.D.), porque a pesar de su ausencia, vive en mi recuerdo y en los principios que me heredó. A mi madre, María, por su inmenso amor y porque su maravilloso ejemplo me permitió superar los obstáculos. A mis hijos María Fernanda, Jorge Antonio y Paula Andrea, porque cada uno de ellos, en su estilo y posibilidades, constituyeron el pilar afectivo de este trabajo por su comprensión y por brindarme el apoyo oportuno, amoroso y desinteresado que me dio las fuerzas necesarias para llegar a la meta propuesta. Les doy gracias por lo afortunada que soy al tenerlos como hijos.

**Dedico este trabajo, con amor, a**

**Jerry            y            Canek**

**porque a las semillas, se les cultiva con el ejemplo...**

## INTRODUCCIÓN

Los temas centrales en la educación son la enseñanza y el aprendizaje. En la enseñanza de la ciencia, la meta es que el profesor provea oportunidades para que los estudiantes desarrollen una comprensión de la misma y que se produzca en ellos aprendizaje. Estos conocimientos tienen un componente epistemológico importante que lo valida<sup>1</sup> y que en el plano educativo juega un papel central como el contenido a ser transmitido y aprendido. Se considera que el conocimiento se aprende principalmente en el aula<sup>2</sup>. En este espacio de interacción y adquisición de conocimientos, el contenido tiene un papel central como el elemento que provee la estructura lógica a ser aprendida y es un componente integrador del conjunto que forman el currículum y los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el aula (Tomanek, 1994). El contenido de enseñanza se concibe como un "discurso concentrado y selectivo de conocimientos" (Campos y Gaspar, 1994b) y en el proceso de aprendizaje cognoscitivo<sup>3</sup>, el estudiante accede al conocimiento, lo adquiere y asimila mediante una cierta organización conceptual<sup>4</sup> que se transforma en dicho proceso y se apropia de un contenido temático determinado, a partir de una base de conocimiento. Este proceso de reconstrucción de las organizaciones de los estudiantes produce estructuras conceptuales que muestran una gran diversidad, tanto en la profundidad de sus representaciones como en sus habilidades de razonamiento (Ausubel, 1973; Prawat, 1989; Campos 1989; Novak y Gowin, 1984; Novak, 1992; Pintrich *et al*, 1993; Royer *et al*, 1993).

El conocimiento organizado como estructura conceptual se ha estudiado mediante el mapeo conceptual, que es una herramienta que representa estructuras de conocimiento y permite evaluar cambios en los significados conceptuales y posicionales en un contenido específico (Novak y Gowin, 1984; Novak y Musonda, 1991). También se ha utilizado para su estudio la representación de

---

<sup>1</sup> La definición del componente epistemológico requiere de un profundo conocimiento de teorías, leyes, conceptos y métodos de la ciencia en cuestión (Ruiz, 1995).

<sup>2</sup> El aula se ha concebido como "un espacio social complejo y específico en el que una gran diversidad de relaciones procesuales articulan y dan significado a las acciones de los participantes" (Campos y Gaspar, 1994b). Respecto al aprendizaje, se ha planteado la hipótesis de que existen otros ambientes propicios para el aprendizaje de conocimientos que complementa el proceso escolar (Campos, Gaspar y López, 1992), pero en este estudio no consideramos estos otros espacios de aprendizaje.

<sup>3</sup> El aprendizaje cognoscitivo se ha definido como "un proceso de construcción de representaciones simbólicas de la realidad" (Campos, 1989, 6). Aunque existen otros aprendizajes, éstos no son objeto de este estudio.

<sup>4</sup> El concepto de organización ha sido definido como: "complejas constelaciones de unidades de información que son conceptuales por naturaleza, junto con una variedad de relaciones lógicas que conectan conceptos de una manera particular en un momento dado del tiempo" (Campos y Gaspar, 1994, 3).

conceptos y relaciones mediante redes semánticas (Fisher, 1990) o se ha realizado por evaluación estructural (Goldsmith y Johnson, 1990).

Partiendo de la premisa de que *nadie es capaz de asimilar la totalidad de un conocimiento estructurado como se presenta en clase*, en este estudio se utiliza el Modelo de Análisis Proposicional (Campos y Gaspar, 1994a), como base teórico-metodológica para caracterizar y evaluar la transformación de la organización conceptual en estudiantes de biología. Los resultados obtenidos contribuyen a una investigación de mayor alcance sobre aprendizaje cognoscitivo en ciencias, que realiza el Dr. Campos en el IIMAS.

El aprendizaje de la biología es un tema de investigación que ha sido estudiado con diferentes enfoques y en varios niveles educativos. Hay resultados recientes en torno a la enseñanza de las teorías evolutivas y los conceptos relacionados y se considera como un tema rico para ser enseñado mediante mapas conceptuales, a nivel universitario (Trowbridge y Wandersee, 1994); acerca de las dificultades de su aprendizaje en diferentes niveles educativos por efecto de las creencias y el contexto cultural que emerge de la historia individual del estudiante a nivel de secundaria y preparatoria (Cobern, 1994; Smith, 1994); relacionados con el uso el concepto de adaptación en la interpretación de cambios próximos<sup>5</sup> en las respuestas al medio (Brumby, 1984) y acerca de las dificultades de los estudiantes para establecer relaciones causales entre las diversas facetas del pensamiento evolutivo (Bishop y Anderson, 1990). Este último es uno de los estudios importantes que muestra que los estudiantes universitarios tienen una comprensión pobre de cómo cambia una población, del papel que juega la variación y de la evolución como cambio poblacional.

Diversas investigaciones acerca de la enseñanza y el aprendizaje de temas evolutivos están basadas en explicaciones de los sucesos evolutivos. La biología es la única entre las ciencias naturales que tiene múltiples niveles de causalidad (Mayr, 1988). Es muy especializada, compartamentalizada y el concepto de evolución provee un marco teórico básico que unifica sus múltiples facetas (Desmastes, 1992). Estas características de la biología permiten estudiar las diferentes concepciones que tienen los estudiantes acerca de un contenido temático particular con enfoque evolutivo, en un cierto nivel explicativo y dar cuenta de las diferencias que pueden presentar al enriquecer su organización conceptual con la oferta de conocimiento al que están expuestos en diferentes momentos de su formación profesional.

Este estudio responde a interrogantes que tienen relación con:

- \* la caracterización de la organización conceptual que representa el conocimiento adquirido:

<sup>5</sup> Los cambios próximos se refieren a aquellos que ocurren durante el lapso que dura la vida del organismo y que no producen cambios en su información genética (Mayr, 1961, 1988).

\* la porción asimilada por el estudiante de la totalidad del contenido ofrecido en el aula como conocimiento básico, en un tema particular:

\* la calidad que tiene esa porción de conocimiento aprendido en referencia a una organización conceptual criterio;

\* las características que presenta la transformación a nivel lógico-conceptual de las organizaciones que el estudiante construye en relación con un tema específico, en un tiempo dado:

\* la presencia del concepto evolución como un elemento básico en el discurso que emiten los estudiantes acerca de un tema en particular de la biología.

Por último, quisiera referirme a la estructura de este trabajo:

En el primer capítulo describo la problemática empírica y teórica que dio origen a esta investigación y que se centra en las diferencias que se observan entre el conocimiento enseñado y el aprendido por los estudiantes.

En el segundo analizo las bases teóricas que enmarcan el trabajo. Plantea el paradigma del constructivismo social en el aprendizaje, en relación con la construcción de significados por los estudiantes durante dicho proceso. Asumo que la construcción de categorías y la representación son elementos cruciales para la interpretación de los resultados de este estudio. Considero la categoría de transformación referida a cambios detectables en la organización conceptual que muestran los estudiantes, como una medida de aprendizaje grupal y sostengo que el mapeo conceptual juega un importante papel en la representación de los discursos que reflejan las organizaciones conceptuales. Por último, desde la biología, hago notar la importancia del concepto de evolución como un organizador del conocimiento biológico.

El tercer capítulo contiene las bases metodológicas del trabajo, planteadas en el Modelo de Análisis Proposicional de Campos y Gaspar (1994a). Presento tanto los fundamentos teóricos como metodológicos del Modelo e incluyo el método seguido en este trabajo, en particular.

En el capítulo cuarto muestro el análisis de los resultados obtenidos, tanto a nivel individual como grupal. En el análisis individual incluyo tres casos por cada semestre en estudio. En el análisis grupal incluyo todos los estudiantes de la muestra.

En relación con las preguntas que me guiaron para realizar el estudio, encontré diferencias en las organizaciones conceptuales de los estudiantes, tanto a nivel grupal como intragrupo. En cuanto a las hipótesis operativas del Modelo, éstas se confirmaron a nivel de los grupos. La clasificación operativa de los Índices en Marcos Conceptuales, Referenciales y Nocionales me permitió evidenciar que la organización conceptual de todos los grupos se encuentra en Marco Referencial. Sólo el análisis más fino de los valores de los índices me reveló diferencias entre ellos. El análisis cualitativo mostró que, desde tercer semestre al séptimo, hay una mayor frecuencia de estudiantes que alcanzan el Marco Conceptual; en el

caso de los estudiantes de los dos primeros semestres, observé un cambio, pero que no es atribuible a la interacción con el contenido y me sirve como un diagnóstico de la base conceptual asimilada en el nivel educativo anterior.

Los resultados de este estudio son importantes porque me han permitido conocer a nivel generacional (desde el primero al séptimo semestre) la organización conceptual que los estudiantes han asimilado mediante procesos interactivos de construcción en el aula. Así mismo, encontré que lo evolutivo, representado en la parte procesual en la estructura criterio, tuvo una correspondencia mínima en la organización conceptual de los estudiantes y, por lo tanto, el concepto evolución se presentó con una escasa frecuencia, aunque ésta se incrementó hacia el séptimo semestre.

El conocimiento de las características cognitivas de los estudiantes que han resultado de este estudio, han proporcionado información valiosa sobre presencias y ausencias de conceptos y relaciones y, en particular, la problemática del enfoque evolutivo contenido en la interpretación del fenómeno en estudio. Los resultados permiten a los profesores diseñar acciones didácticas que den cuenta de las deficiencias observadas y así, beneficiar a los estudiantes en el proceso de acceso y asimilación de este contenido.

## PROPÓSITOS DEL ESTUDIO

El propósito general de este estudio es caracterizar la organización conceptual que muestra cada uno de los estudiantes de las materias seleccionadas de la carrera de Biología, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, basadas en el concepto. Estas organizaciones conceptuales han sido construidas por interacción en el aula, como el espacio escolar donde se "concentran y sintetizan conocimientos y prácticas" (Campos y Gaspar, 1994c, 3), durante un período determinado (semestre escolar). El contenido asimilado puede reorganizar las estructuras conceptuales y determinar su posible transformación en diferentes etapas de su formación. Las materias seleccionadas tienen un enfoque evolutivo.

Para que este propósito se pueda cumplir es necesario:

- \* caracterizar las diferentes organizaciones conceptuales a nivel grupal;
- \* determinar el nivel de la calidad de estas organizaciones;
- \* detectar las posibles transformaciones en las organizaciones individuales de los estudiantes pertenecientes a los distintos grupos en estudio;
- \* analizar el componente evolutivo referido al concepto de evolución en las organizaciones conceptuales de los estudiantes a nivel grupal.

Se plantea como hipótesis de trabajo que estas organizaciones conceptuales construidas por los estudiantes a lo largo de la carrera tendrán calidades diferentes, acercándose al conocimiento organizado en la medida que transcurre su formación.

## Capítulo I PROBLEMÁTICA

### Problema empírico

El fundamento que da existencia a la carrera de biología es la formación de profesionales que puedan desarrollar sus actividades en docencia, investigación y difusión en su campo. Estudios recientes muestran que en repetidas ocasiones se han planteado carencias, obstáculos, necesidades o deficiencias de la carrera (González *et al*, 1994). Los problemas configuran una amplia gama que va desde los estrictamente estructurales como la definición del tipo de plan de estudios en el que se forma el estudiante con un perfil determinado, hasta la delimitación de los conocimientos científicos que deben ser aprendidos en las diferentes etapas de su formación. Lo anterior constituye un problema epistemológico que tiene relación con la selección de conceptos, teorías y métodos de la propia ciencia que debe ser resuelto por los especialistas en biología.

En el ámbito escolar, se ha detectado a nivel de quinto semestre altos índices de deserción. Un factor que podría estar influyendo es el nivel de demanda de valores científicos, en particular, en la materia de Fisiología Animal (Campos, Gaspar y López, 1992). Pero a nivel cognoscitivo no se puede precisar una explicación y este problema requiere de un estudio que lo aborde.

Otra parte del problema es el alto índice de reprobación en la población estudiantil, sobre todo en las materias como Química Orgánica, Bioquímica, Genética, Biología Molecular. La causa probable es el carácter analítico y procesual de dichas materias. Se requiere de estudios que provean una explicación consistente sobre los factores que originan la reprobación y por qué en esas materias.

En opinión de algunos profesores de la Facultad de Ciencias, la formación del biólogo es pobre y de baja calidad. La observación se apoya en cuestiones como carencias, confusiones y dificultades teórico-metodológicas que presentan los estudiantes de los últimos semestres de esta carrera para realizar pequeñas investigaciones en sus dominios. También se pueden detectar esas deficiencias en el planteamiento de problemas y en el manejo de conceptos básicos de las teorías y de las propias estructuras teóricas, lo cual les da una perspectiva fragmentada de la realidad y los llevará, al egresar, a tener una visión simplificada e incluso a reducir y deformar las situaciones complejas que tendrán que abordar.

A esa problemática contribuyen múltiples y variados factores de distinto orden y nivel. Entre los que se ha dado cierta relevancia es al tipo de abordaje didáctico que subyace en el proceso de enseñanza que transcurre en el aula.

Pero lo didáctico no es ni lo único ni lo más importante; pocos plantean la necesidad de un conocimiento profundo de las características cognoscitivas del estudiante, ya que, a pesar de contar con buenos profesores, los alumnos no aprenden lo que les enseñan. Lo cierto es que el problema didáctico es muy complejo y de no fácil solución.

En este estudio, en particular, el aspecto didáctico no es objeto directo de investigación sino como resultado del estudio de las organizaciones conceptuales, se intenta elaborar una propuesta didáctica que atenúe los problemas de aprendizaje que se detecten, independientemente del tipo de plan de estudios vigente.

En el ámbito de lo cognoscitivo al interior del aula, algunos profesores se han manifestado inquietos en lo que se refiere a los niveles de aprendizaje que logran los estudiantes en sus respectivas materias y que, a pesar de los esfuerzos que realizan en su clase, los estudiantes no aprenden lo que se les enseña. Es un hecho que hay una diferencia entre el conocimiento ofrecido por el profesor y el conocimiento que el estudiante construye (Campos y Gaspar, 1994b). Se ha planteado que es posible que exista una correlación directa entre la experiencia del alumno y su aprendizaje (Gumpertz, y Campos, Gaspar y López, citados por Campos y Gaspar, 1994b). Lo que sí se puede encontrar, es una correlación directa entre la construcción del conocimiento y el aprendizaje (Campos y Gaspar, 1994b; King, 1994).

La complejidad de la problemática requiere estudios en diferentes ámbitos de la investigación educativa. En lo que se refiere al aspecto cognoscitivo, que es la finalidad de este estudio, se pueden considerar al menos dos aspectos del problema empírico:

- existencia de un cambio en el bagaje de conocimiento de los estudiantes en relación con el tiempo de permanencia en la carrera. Esta declaración parece ser una verdad incuestionable porque es el resultado esperado del proceso de formación. Sin embargo, no hay evidencias que permitan afirmar que así sucede;

- diferencia entre el conocimiento enseñado en el aula por el profesor y el conocimiento aprendido por los estudiantes. Desde la perspectiva de los profesores, este es un hecho empírico que se evidencia en los resultados que obtienen después de transcurrido el proceso de enseñanza en el aula y que se refleja en los altos índices de reprobación, a pesar de los esfuerzos que llevan a cabo los profesores para lograr en los estudiantes el aprendizaje esperado.

Por todas las observaciones anteriores, sostengo que es impostergable una discusión acerca del problema de la enseñanza y del aprendizaje del conocimiento científico, puesto que no tenemos información suficiente que

nos permita tener una aproximación de la magnitud del problema. Es importante comprender la naturaleza de los procesos de aprendizaje porque hay una distinción entre la organización formal de los contenidos de las materias y la representación que los estudiantes tienen de las mismas.

Desde el ámbito de la biología, si la evolución se considera el tema unificador, se podría esperar que en las diferentes materias que conforman el plan de estudio de la carrera de biología se encuentre presente este concepto en las explicaciones de los fenómenos propios de cada una de ellas.

### **Problema teórico**

Una preocupación importante en el ámbito educativo es tener una respuesta fundamentada teóricamente acerca de la pregunta ¿Qué aprende el estudiante de los conocimientos enseñados en clase? A esta cuestión podemos aproximarnos desde diversos puntos de vista. Un enfoque es el objeto de estudio propiamente, es decir, cuál es el conocimiento ofrecido. En este caso, es conocimiento científico y en particular de la biología, del cual da cuenta la epistemología y que sigue siendo objeto de discusión de los biólogos.

El enfoque que interesa en este estudio es la concepción que subyace en las teorías que explican el proceso de aprendizaje y que nos remite al aspecto teórico. En este aspecto las teorías de aprendizaje más aceptadas en la actualidad conciben el proceso como producto de la construcción del conocimiento en un contexto dado. Además, la mayoría de los autores preocupados por este problema también coinciden en afirmar que lo que se aprende es una proporción del conocimiento, es decir, los estudiantes aprenden algo de todo lo que se les enseñó. En este estudio se intenta determinar cuál es esa proporción del conocimiento referido a las ideas principales o "lo básico" de lo enseñado.

Los conceptos integradores que constituyen los pilares de la biología son: unidad, diversidad, continuidad y cambio (Rodríguez, 1989). Considerando la estructura del plan de estudios, encontramos que son también conceptos integradores del mismo porque se encuentran presentes, en mayor o menor medida, en la mayoría de las materias que lo conforman, ya sea como parte estructural del contenido temático o como enfoque en una disciplina. Asimismo, en la investigación sobre procesos cognoscitivos donde se analizan las estructuras conceptuales de estudiantes de biología hemos detectado también la presencia de estos principios integradores, lo que nos lleva a suponer que tienen una gran importancia en el conocimiento biológico. En este estudio se ha tomado como concepto central o fundamental el concepto de evolución por ser el que

proporciona el marco de la teoría general de la vida, estructura el conocimiento biológico y permea sus múltiples niveles explicativos.

De la problemática planteada anteriormente surgen varias preguntas vinculadas a la problemática cognoscitiva: ¿qué aprenden los estudiantes en término del conocimiento científico que compete a la Biología? ¿cuánto aprenden de la estructura conceptual de esa ciencia? ¿el tiempo tiene que ver con algún tipo de transformación de la estructuración conceptual del estudiante en un tema específico? ¿qué cambios conceptuales se encuentran entre los estudiantes de diferentes niveles escolares? Si los hay, ¿muestran los estudiantes diferencias en su calidad conceptual? ¿cuál es la heterogeneidad y la diversidad en las estructuras conceptuales en los grupos? En esa diversidad ¿cuáles tiene ciertas características que indiquen que los estudiantes han aprendido el concepto de evolución? Las preguntas anteriores se ubican en el contexto áulico y se consideran producto de los procesos de interacción y construcción que se produce en ese espacio social (Campos y Gaspar, 1994b). Aunque este problema tiene muchas vertientes, en este estudio no se discutirá el papel que juegan otras instancias de aprendizaje como los libros de texto o su relación con otros estudiantes o con investigadores u otros.

Sostengo que todas las cuestiones anteriormente planteadas se podrían sintetizar en las siguientes preguntas que guían este estudio:

- ¿qué aprenden los estudiantes de lo básico de un contenido con precisión y coherencia? Es decir, cuál es la calidad de la organización conceptual asimilada por el estudiante, a nivel grupal, en relación con el contenido biológico enseñado en clase;

- ¿existen diferencias en la calidad de la organización conceptual de los estudiantes a nivel grupal entre los semestres, comparados con un criterio que corresponde a un tema específico enseñado en un determinado nivel?

Por otra parte, la organización que toma el contenido enseñado genera una estructura conceptual mediante un proceso constructivo y como tal ésta puede ser modificada. Entonces, si se pueden clasificar las diferentes aproximaciones que tiene el estudiante respecto a un contenido en un nivel determinado de la carrera, estas organizaciones pueden cambiar a través del tiempo y pueden presentar organizaciones conceptuales de más alta calidad.

Considerando que en este estudio se determina el comportamiento grupal por semestre, con base en la caracterización individual, tenemos la tercera pregunta de este estudio:

- ¿hay transformación en las organizaciones conceptuales de los estudiantes que conforman cada grupo a través del tiempo, desde su ingreso a la carrera hasta que termina con las materias obligatorias? Tanto el análisis cualitativo de las respuestas como la clasificación de los indicadores de coherencia del discurso, de precisión en la información, de los patrones de

razonamiento y de asimilación de lo fundamental, así como de la calidad de la organización conceptual, son las claves para determinar si se presenta o no transformación de la organización conceptual a lo largo de los semestres, de acuerdo con el Modelo de Análisis Proposicional (Campos y Gaspar, 1995), en el que se basa este estudio.

Aunque Dobzhansky (1973) fue contundente al expresar la centralidad de la evolución en el estudio de la biología, existen algunos problemas en su enseñanza para la interpretación de los fenómenos biológicos a "la luz de la evolución" (Settlage, 1992). El concepto de evolución es una construcción categorial que enfrenta al estudiante a un nuevo lenguaje que representa ideas que no tienen correspondencia con su lenguaje natural ni con la visión del mundo que percibe con sus sentidos (Fisher, 1992). Dado que este concepto permea diversos niveles de complejidad de la explicación de los fenómenos biológicos, se estudia en diversos contextos que van desde los sistemas moleculares hasta los cambios ecológicos más globales (Cummins, 1992). Una discusión de la interpretación evolutiva en la explicación de los fenómenos biológicos en diferentes niveles, representados por las diferentes materias, es un tema que debe ser abordado epistemológicamente para explicar por qué los estudiantes podrían no utilizar el concepto de evolución en sus discursos. Las características que presenta este concepto en la biología, fundamenta el planteamiento de la cuarta pregunta que guía esta investigación:

- ¿en qué medida los estudiantes utilizan el concepto de evolución como el núcleo de su argumentación acerca de un tema biológico particular?

## Capítulo II BASES TEÓRICAS PARA LA INVESTIGACIÓN

### El constructivismo social en el aprendizaje

Las preguntas de investigación en este estudio se pueden discutir usando resultados recientes basados en un paradigma constructivista. Las teorías constructivistas contemporáneas de aprendizaje sostienen que cuando los individuos se enfrentan a nueva información utilizan su conocimiento anterior y su experiencia personal que le ayuda a dar significado al nuevo material. El constructivismo sostiene que los estudiantes construyen su propio significado cuando aprenden. En este proceso los estudiantes podrían inferir acerca de la nueva información, tener una nueva perspectiva sobre algún aspecto de su conocimiento existente, elaborar el nuevo material agregando detalles o generar nuevas relaciones entre la nueva información y la que ya existe en memoria. Así, el estudiante puede reformular la nueva información o reestructurar la existente, para lograr una comprensión más profunda del tema (King, 1994). En el aprendizaje significativo, los estudiantes reestructuran su propio conocimiento.

En palabras de Gowin (1981) el aprendizaje es "la reorganización activa de un patrón de significado existente" (p. 124). Esta visión necesariamente enfatiza la importancia del conocimiento anterior aprendido por el estudiante sobre un tema específico. El asumir el paradigma del constructivismo implica que el contenido aprendido puede llegar a ser un factor crucial en la transformación conceptual.

Por su parte, la Teoría de Asimilación de Ausubel introduce el factor de conciencia en las condiciones que permiten que se produzca aprendizaje significativo. Así, los estudiantes deben relacionar conscientemente la nueva información o ideas a aspectos relevantes de la estructura conceptual que poseen (Novak, 1992).

La comprensión de la naturaleza del conocimiento y cómo aprenden los estudiantes esos conocimientos son aspectos importantes en la enseñanza de las ciencias. Las teorías postpositivistas argumentan que el conocimiento es una construcción humana creativa. De acuerdo con von Glasersfeld (1989), el conocimiento es una colección de estructuras conceptuales que son viables dentro de los rangos de experiencia del estudiante. Esta visión considera el conocimiento como una función adaptativa del ser humano más que una correspondencia con la realidad, como plantea la visión positivista. Las teorías de aprendizaje actuales reflejan esta filosofía postpositivista. Así, el aprendizaje de la ciencia es un proceso constructivo y la construcción del conocimiento requiere la participación activa tanto de parte del estudiante como del profesor. Para construir el

conocimiento los estudiantes deben identificar y comprobar su comprensión existente, interpretar el significado que subyace a sus experiencias y ajustar su conocimiento de acuerdo a su propio marco conceptual (Linn, 1987). Este autor enfatiza el papel central del contenido en el aprendizaje de los estudiantes y establece que "los estudiantes, en una materia específica, construyen marcos conceptuales que son complejos, altamente organizados y fuertemente enlazados" (ib., 196).

En este estudio se sostiene que la asimilación de conocimiento complejo es un proceso de construcción social y se enfatiza que el lenguaje puede usarse para estimular la actividad cognitiva adaptativa a diferencia de la concepción piagetiana que supone un proceso de integración a estructuras previas y su asimilación a sistemas de transformación lógico-matemática. Desde una perspectiva cognoscitiva, la construcción de conceptos y categorías está estrechamente vinculado a la dimensión semántica del discurso (Campos y Gaspar, 1995a).

### **Aprendizaje cognoscitivo**

Las bases teóricas que han servido de guía en la elaboración del estudio están vinculadas al aprendizaje de contenidos complejos como es el conocimiento científico, a la organización conceptual que presentan los estudiantes de esos conocimientos y a la posible transformación de esas estructuras conceptuales como resultado de un proceso constructivo en un contexto dado, a lo largo del tiempo.

Cuando se hace referencia al aprendizaje, algunos autores han planteado concepciones diversas al respecto; algunas basadas en relaciones de jerarquía en las habilidades intelectuales y transferencia (Gagné, 1962); como procesamiento de información (Atkinson y Shiffrin, 1968); o que sucede a través de un proceso de asimilación que supone una integración en estructuras previas. Estas pueden permanecer inalteradas o ser modificadas mediante un proceso de acomodación sin discontinuidad con la anterior (Piaget, 1985). Así, la asimilación cognoscitiva tiene una importancia doble: por una parte la significación tanto a nivel de percepción como a nivel simbólico y por otra a "...el hecho fundamental de que todo conocimiento está ligado a una acción y que conocer un objeto, o un acontecimiento, es utilizarlo asimilándolo a esquemas de acciones" (ib., 7). Estas actividades del sujeto preparan en algún grado las estructuras lógicas que tienden a la coordinación de acciones para formar esquemas de conocimiento (ib.).

También se ha conceptualizado como aprendizaje significativo (Ausubel, 1973) y en su Teoría de la Asimilación, lo define como el proceso de adquirir

significados, a partir de significados potenciales que se presentan en el material de aprendizaje, para darle una mayor disponibilidad y así, permite relacionar información nueva con los conceptos de la estructura cognoscitiva mediante un inclusor que desempeña un papel fundamental en la adquisición de nueva información (ib.). Como señala Novak (1988), el inclusor es un concepto que tiene una función de interacción en el aprendizaje significativo y que facilita el paso de información relevante y no es solamente una especie de liga mental a la que se adhiere la información.

Una aproximación que cumple con una función integradora de estos planteamientos teóricos es la definición de Campos (1989) de aprendizaje cognoscitivo como "...un proceso de construcción de representaciones simbólicas de la realidad que posee varias dimensiones interrelacionadas y al cual solamente cuando se lo aborda con propósitos analíticos, o con propósitos de clara intencionalidad pedagógica, se le puede descomponer en fases o en procesos secuenciales" (ib., 1.2). El primero de estos procesos secuenciales es el de adquisición de representaciones vinculadas al medio social del que aprende (ib.). En el aprendizaje de la ciencia, el proceso de adquisición de nueva información es relevante, pero presenta problemas como los señalados por Chinn y Brewer (1993) en el sentido en que suele ser contradictoria en relación con las creencias que los estudiantes tienen acerca del mundo natural y les provoca una resistencia para cambiar sus ideas anteriores y adquirir los conocimientos científicos que el profesor ofrece. Bachelard (1987) desarrolla la noción de obstáculo epistemológico para dar cuenta de la existencia de conocimiento empírico ya constituido con los que llega el estudiante a un curso y plantea que: "no se trata, pues, de adquirir una cultura experimental, sino de cambiar una cultura experimental, de derribar los obstáculos amontonados por la vida cotidiana" (ib., 21).

El segundo proceso es el de reconstrucción de las representaciones adquiridas, mediante su transformación, vinculada a su historia y al contexto social (Campos, 1989). Difiere de la concepción piagetiana que afirma que la transformación significa acciones u operaciones ligados a todo conocimiento, y no necesariamente al aprendizaje lógico-conceptual y abarca desde las conductas sensorio-motrices hasta las operaciones lógico-matemáticas. Aunque ambas concepciones de transformación implican que la transformación es individual, la concepción piagetiana no menciona explícitamente la importancia del contexto social en el proceso de transformación.

Por último el tercer proceso es el de construcción de la representación de la realidad, que recapitula los procesos anteriores y que le permite la identificación e interpretación de su historia y de su entorno.

Para los propósitos de esta investigación, la construcción de categorías en relación a los conceptos científicos es fundamental, puesto que la ciencia tiene

una responsabilidad especial hacia búsqueda de la verdad y sus prácticas producen un grado alto de precisión. si se comparan con las categorías que son producto de la percepción en la vida diaria (Neisser, 1989). Al interior de cada categoría se pueden encontrar conceptos que pertenecen a esa categoría y otros que son más marginales. Toda la gama de conceptos que conforman la categoría constituye la estructura horizontal, que generalmente es graduada. Estas estructuras graduadas son inestables, muy flexibles y se consideran una propiedad del sistema cognoscitivo humano y pueden transformarse por cambios en el contexto (Barsalou, 1989). La habilidad que tiene los individuos para construir un amplio rango de conceptos es variable y es la resultante de la incorporación que hacen de diversas informaciones respecto a la misma categoría. Los conceptos así contruidos van a variar mucho entre los sujetos y en los propios sujetos en diferentes tiempos, en un contexto dado (ib.).

La organización que toman los conocimientos adquiridos como resultado del proceso de construcción del conocimiento constituye una estructura conceptual que puede interpretarse como la estructura psicológica de un individuo que ha sido generada a partir de una estructura lógica (Ausubel, 1973), formada por conceptos que se conectan entre sí mediante relaciones lógicas asociadas a un contenido (Novak y Gowin, 1984; Prawat, 1989). En esta investigación, la caracterización de organizaciones conceptuales de los estudiantes es un punto crucial.

### **Diferentes concepciones sobre cambio conceptual**

El cambio conceptual ha sido investigado desde diferentes perspectivas, tanto teóricas como metodológicas. Una teoría de cambio conceptual ha sido propuesta por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) y se basa principalmente en el cambio mediante estrategias instruccionales de los marcos alternativos en los estudiantes. Este modelo tradicional de cambio conceptual individual describe el aprendizaje como la interacción que tiene lugar entre las experiencias individuales y las concepciones e ideas actuales que tienen los individuos. Se asume que los conceptos existen en redes interrelacionadas y que el cambio en un concepto afectará la visión de los otros y presume un cambio cognoscitivo muy racional. Esta teoría ha generado el modelo actual de cambio conceptual (Linder, 1993). Está basado en epistemologías constructivistas y sugiere que el cambio conceptual requiere que los aprendices reemplacen o reorganicen sus conceptos disciplinarios centrales mediante un proceso que llaman acomodación (con base en los planteamientos piagetianos). Además, identifican cuatro condiciones que deben mantenerse antes de que ésta ocurra:

1. Debe haber insatisfacción con el concepto existente, es decir, los aprendices deben sentir que la explicación de que dispone no permite resolver las interrogantes o los problemas a los que se enfrenta. Esto produce como resultado que acumula una gran cantidad de anomalías que no se resuelven dentro del marco existente.

2. La nueva concepción debe ser inteligible, esto es, los aprendices deben ser capaces de entender el concepto central de la nueva explicación.

3. La nueva concepción debe parecer inicialmente plausible. La nueva explicación debe responder todas las preguntas antiguas y debe ser capaz de resolver problemas o interrogantes que han quedado sin resolver con la anterior.

4. Una nueva concepción podría sugerir la posibilidad de un fructífero programa de investigación. Desde el enfoque del estudiante que aprende, debe proveer una aplicación útil que sea de interés o que tenga valor para él.

Sin embargo, hay razones tanto empíricas como teóricas para creer que el cambio conceptual no es un proceso individual y aislado. Hay evidencias empíricas de que las creencias motivacionales de los estudiantes pueden influir sobre el proceso de cambio conceptual; diversos investigadores sugieren que el aprendizaje individual en el salón de clases no es aislado sino muy influenciado por la interacción entre pares y maestros y por las creencias individuales. Por lo tanto, está relacionado a factores como, las motivaciones y los factores cognoscitivos. (Pintrich, Marx y Boyle, 1993).

Por otra parte, el conocimiento anterior juega un papel paradójico en el cambio conceptual, ya que el conocimiento anterior podría impedir el cambio conceptual cuando el conocimiento no es verídico (por lo menos en lo que respecta a la posición consensual mantenida por el discurso de la comunidad científica) y es parte de un fuerte mantenimiento de las creencias. El conocimiento anterior también forma un marco de juicio de la validez de la nueva información a ser aprendida, y así forma un esquema forzado dentro de él para el desarrollo de nuevo conocimiento. El segundo matiz de esta paradoja es que el modelo de cambio conceptual podría sugerir que los estudiantes que poseen pequeño conocimiento anterior en una área podrían tener pocas barreras para aprender nuevos conceptos, aunque la literatura sobre aprendizaje muestra claramente el valor del conocimiento anterior. Así, el conocimiento anterior podría impedir el aprendizaje a causa de los marcos alternativos que posee el estudiante, o podría facilitar el aprendizaje al proveer de bases para la comprensión y enjuiciamiento de la validez de la solución de problemas (ib.).

En esta investigación, el cambio conceptual se ve como la transformación a nivel cognoscitivo que puede ser observada en los estudiantes tomando como parámetro el cambio en la calidad del aprendizaje (definido de acuerdo con el Modelo) en diferentes fases de su formación, en la interacción estudiante-estudiante y estudiante-maestro en el contexto del aula como espacio social.

En cuanto al aprendizaje en el aula, maestros y alumnos crean y recrean una cultura del aula y de la escuela, a través de una interacción social, concebida como un proceso lingüístico y por la intertextualidad, definida por Bloome, (1992), como una construcción social del conocimiento mediante la yuxtaposición de varios textos conversacionales y escritos. Los procesos intertextuales son las formas mediante las cuales se pueden construir los significados, dado que el conjunto de significados permitidos en una situación particular, en un determinado momento y lugar, constituyen una parte de la ideología cultural (científica), tanto dentro de la situación (aula) como fuera de ella (ib.).

Aunque se dan experiencias de aprendizaje en otros espacios sociales (Campos, Gaspar y López, 1992), en este estudio interesa la interacción en el aula para que se produzca aprendizaje. El aula se concibe como "un espacio social complejo y específico, en el que una gran diversidad de relaciones procesuales articulan y dan significado a las acciones de los participantes; mediante estas relaciones se introducen, reproducen y construyen aspectos histórico-contextuales, sociopolíticos e ideológicos culturales, los cuales adquieren formas específicas al estructurarse o derivarse de la dinámica de la enseñanza y del aprendizaje" (Campos y Gaspar, 1994b,1,2).

En el aula se introducen contenidos temáticos formalmente, que se enseñan y aprenden mediante el proceso de interacción educativa (ib.). El factor que ayuda a determinar la extensión en la cual los estudiantes pueden acceder al conocimiento es el que, el conocimiento mejor organizado es más accesible y esta organización es función de la fuerza de las relaciones que los estudiantes puedan establecer entre conceptos (Prawat, 1991). En el proceso de acceso al conocimiento el estudiante asimila conocimientos con una cierta organización conceptual (Campos y Gaspar, 1994a). Los conocimientos asimilados transforman la organización conceptual que el estudiante previamente ha construido (Ausubel, 1973; Novak y Gowin, 1984; Novak, 1992). La transformación de las organizaciones conceptuales se basa en la habilidad para coordinar componentes de información y para que se produzca un cambio conceptual, este proceso probablemente requiere de un cierto "nivel de habilidades de razonamiento asociadas al razonamiento formal" (Rogan, 1988). Así, en el proceso de acceso al conocimiento, el estudiante organiza diferencialmente su patrón de razonamiento, el que no siempre corresponde a la lógica del conocimiento ofrecido (Campos, 1993; Campos y Gaspar, 1994a; Campos, Gaspar y Alucema, 1993). En este estudio, las diferencias que se producen en las organizaciones conceptuales a nivel individual, tanto en los conceptos asimilados como en las relaciones que los conectan son una medida de las transformaciones de las mismas.

Problema central en el conocimiento humano es que el discurso se ve como una reflexión de procesos de pensamientos conectados y de estructuras de conocimiento coherentes (Frederiksen, 1981). Al estudiar el desarrollo de la

habilidad individual para adquirir conocimiento a partir de un discurso producido se está investigando las características fundamentales de cómo los individuos adquieren, representan y construyen estructuras de conocimiento (ib.). Nuestro problema al estudiar del cambio conceptual se relaciona con la evaluación y representación del conocimiento aprendido por los estudiantes en una materia específica. El análisis proposicional del discurso provee los medios para evaluar la información proposicional codificada en lenguaje natural de un texto como una base para conocer las estructuras proposicionales individuales adquiridas durante la asimilación de un contenido específico (ib.).

Así, en este trabajo, se utiliza el Análisis Proposicional para evaluar la calidad de las organizaciones conceptuales construidas y asimiladas en el aula, a través del análisis del contenido lógico-conceptual que el estudiante ha asimilado y su posible transformación.

### **La representación gráfica del conocimiento**

El mapeo conceptual es una estrategia basada en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel-Novak-Gowin. El mapa conceptual es "una representación gráfica de relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones"<sup>6</sup> (Novak y Gowin, 1984, 33). En vez de una representación que corresponda directamente a un texto lineal de un tema particular que refleje sólo la estructura lógica del conocimiento, los mapas conceptuales reflejan también la estructura psicológica del conocimiento (Wandersee, 1990). El criterio anterior deriva de asumir que "el conocimiento es una construcción humana de conceptos y relaciones entre conceptos" (Novak y Musonda, 1991). Recientemente, ha sido reconceptualizado el fundamento epistemológico del mapeo conceptual con bases en una visión constructivista social que explica el aprendizaje durante la interacción estudiante-estudiante y estudiante-profesor. En esta perspectiva se utiliza el mapeo conceptual como una herramienta para el pensamiento social que compromete tanto a estudiantes como a profesores en el discurso científico. Lo anterior provee un contexto ideal en el cual el significado de los conceptos y proposiciones referidos pueden ser negociados en la construcción del discurso (Roth, 1994),

---

<sup>6</sup> De acuerdo con Novak y Gowin (1984), una proposición es una declaración que consta de dos o más términos conceptuales unidos por palabras de enlace para formar una red semántica. En este estudio se define la proposición como "una declaración argumentativa dependiente del tema y del contexto que está formada, por lo menos, por dos conceptos y una relación lógica, asociada a un contenido particular y que posee un significado contextual" (Campos y Gaspar, 1994a).

Se reportan trabajos acerca del uso heurístico del mapeo conceptual que demuestran que se produce aprendizaje significativa cuando se usa en el aula (Novak y Gowin, 1984; Jegede, Alaiyemola y Okebukola, 1990).

Desde el punto de vista metodológico, esta técnica ha sido usada en una variedad de formas reflejando teorías alternativas del conocimiento. Beyerbach y Smith (1990) señalan ejemplos en que se comparan los mapas conceptuales generados por los estudiantes con los mapas conceptuales construidos por los profesores considerados como ideales. Esta aproximación sugiere que hay una estructura de la disciplina que los profesores pueden transferir a los estudiantes. En contraste, otros han usado el concepto de mapeo conceptual para examinar los cambios en el contenido y en la organización del pensamiento de los estudiantes, enfatizando el proceso de construcción y lo idiosincrático de las representaciones individuales. También se ha usado el mapeo conceptual con profesores como una herramienta reflexiva que puede ayudarlos a ser más conscientes y críticos del contenido que enseñan (ib.) y por esta razón constituye un poderoso aparato de fijación de conocimiento (Novak y Gowin, 1984).

Hay relativamente pocos estudios que han investigado el uso del mapeo conceptual como una aproximación para documentar y explorar el cambio conceptual. Se ha sugerido el uso del mapeo conceptual para investigar la adquisición del conocimiento y se plantea que por comparación de sucesivos mapas conceptuales, producidos por los estudiantes cuando adquiere experiencia en la materia, se puede ver como es reestructurado el conocimiento en el curso de la adquisición. Los resultados sugieren que es posible detectar cambios importantes tanto en la complejidad como en la estructuración del conocimiento base (Wallace y Mintzes, 1990).

En esta investigación se utiliza el mapeo conceptual como una herramienta para representar las proposiciones generadas en el discurso del estudiante y se enfatiza la representación completa del texto del discurso escrito, sin considerar una jerarquía predeterminada. El diagrama resultante refleja la organización conceptual de un individuo en un tema particular y se utiliza para realizar un análisis proposicional posterior (Campos y Gaspar, 1994a).

### **El concepto de evolución como un organizador conceptual**

Para comprender la interpretación evolutiva en la explicación de fenómenos biológicos y por qué los estudiantes podrían no usar el concepto de evolución en sus explicaciones, es importante discutir algunas características epistemológicas de la biología.

De acuerdo con Mayr (1982), Dobzhansky (1983) y Rosenberg (1985), la evolución es la teoría unificadora de la biología. Una definición actualmente validada por la comunidad científica sobre evolución la provee Dobzhansky *et al* (1983), quienes dicen que "la evolución orgánica constituye una serie de transformaciones parciales o completas o irreversibles de la composición genética de las poblaciones, basadas principalmente en interacciones alteradas con el ambiente". Por su parte, Mayr (1978), menciona que la evolución "plantea cambios con continuidad, normalmente, con un componente direccional". También señala que: "la frecuencia, y a menudo, la violencia de las controversias en el campo de los evolucionistas han confundido a los que no son biólogos", pues entre los propios biólogos, se considera que "la evolución no es una teoría sino un simple hecho documentado por el cambio en el 'pool' genético de generación a generación y por los cambios en las secuencias de restos fósiles" (Mayr, 1982, 626). Al respecto, Dobzhansky, (citado por Cummins, 1992) ha dicho: "Es cierto que los fenómenos a nivel orgánico podrían ser analizados en los componentes a nivel molecular; es igualmente cierto que los componentes moleculares adquieren significado cuando son vistos como constituyentes de los patrones orgánicos y como productos del desarrollo evolutivo del mundo vivo" (p. 545).

Estas concepciones se unifican en los planteamientos que señala Mayr (1961), cuando dice que la biología puede dividirse en el estudio de causas próximas, objeto de las ciencias fisiológicas y en el estudio de las causas últimas (evolutivas), objeto de estudio de la historia natural. Las causas próximas se relacionan con las funciones de un organismo y sus partes, así como de su desarrollo, desde lo morfológico-funcional a lo bioquímico. La historia evolutiva o causas últimas, por otra parte, intenta explicar porqué un organismo es como es (Mayr, 1982). Lo cual quiere decir que un "organismo, en contraste con los objetos inanimados, tiene dos conjuntos de causas diferentes debido a que los organismos tienen un programa genético. Las causas próximas han tenido que ver con la descodificación del programa a nivel individual; las causas evolutivas tienen que ver con los cambios de los programas genéticos a través del tiempo, y con la razón de estos cambios" (Mayr, 1982, 68). Esto significa que todos los procesos biológicos tienen causas próximas y causas evolutivas.

Desde el enfoque cognoscitivo, la evolución se ve como el medio que provee la base teórica para esta disciplina, dado que la biología ha llegado a ser muy especializada y compartamentalizada. Como base teórica, la evolución enlaza muchas facetas de la biología en una ciencia fructífera y unificada (Novak, 1982). Investigadores de los procesos de aprendizaje han encontrado evidencias importantes de que el concepto de evolución ayuda a los estudiantes a aprender a reconocer los dos niveles de causalidad en los fenómenos biológicos y distinguir entre explicaciones próximas y últimas (Trowbridge y Wandersee, 1994).

Pero, también hay evidencias que establecen que los estudiantes universitarios tienen muy poca experiencia para diferenciar entre los niveles de causalidad próximos y últimos y, a menudo, los estudiantes ven esas explicaciones como hipótesis en competencia. Las explicaciones de las causas próximas son mucho más frecuentes en las argumentaciones que proveen los estudiantes puesto que les son más familiares, sin considerar que las causas últimas son inherentes a cualquier problema biológico (Greene, 1990; Cummins y Remsen, 1992). Los trabajos de Haussein, Good y Cummins (1992) determinaron que los estudiantes de licenciatura y los profesores tienen menos capacidad para distinguir entre estos niveles que los científicos. Las dificultades en el aprendizaje de la evolución, por lo tanto, existen en varios niveles y el análisis de esas dificultades puede proveer una información invaluable en el estudio de la ciencia del aprendizaje (Desmastes, 1992).

El hecho de que en la biología se distingan estos dos niveles de causalidad para explicar los fenómenos biológicos es un obstáculo en la enseñanza y el aprendizaje de la biología, ya que en algunas materias como bioquímica moderna, genética y biología molecular, su enfoque se centra más en la exploración e interpretación de los procesos que ocurren en el organismo y se acepta el contexto evolutivo sólo como una premisa general. Aunque los estudiantes también parecen aceptar los cursos a nivel de organismos que se enfocan sobre la diversidad biológica en un contexto evolutivo abstracto, éstos parecen tener dificultad para establecer relaciones entre esas dos escalas de tiempo y espacio. Se ha sugerido que el uso antropomórfico del tiempo y las escalas de espacio atenúan el poder unificador de las teorías de la evolución y de la selección natural en el aprendizaje y en la enseñanza (Schindler, 1992).

Por otra parte, existe una falla para distinguir entre las explicaciones históricas y los procesos. Desmastes (1992), ha señalado que en la enseñanza de la evolución es importante distinguir entre las explicaciones próximas y últimas y éstas ayudan al estudiante a aprender a reconocer estos dos niveles de causalidad. Rutowski (1992) sugiere que por lo menos en el estudio de la evolución de la conducta animal hay una subdivisión útil y adicional de las explicaciones últimas en explicaciones históricas (filogenéticas) y explicaciones procesuales. Añade que estos dos niveles de explicaciones últimas difieren en su estructura, pero no son mutuamente excluyentes; explican diferentes aspectos de la evolución de una misma estructura usando un tipo de ideas muy diferentes.

En relación con el cambio conceptual en biología evolutiva, Mintzes (1992) señala que es un proceso muy difícil y que tanto los novatos como los científicos expertos, a menudo experimentan conflictos considerables cuando enfrentan la necesidad de hacer un cambio paradigmático significativo en su comprensión de los fenómenos naturales y que los estudiantes necesitan una instrucción explícita para comprender que la evolución provee respuestas a los porqué en biología y

que la comprensión de la evolución hace significativo el estudio de la biología (ib.). Se considera que la causa por la cual la evolución es tan difícil de enseñar es que los estudiantes conocen poco de Biología, especialmente en los cursos introductorios.

Hay razones que parecen explicar los problemas a que se enfrenta el estudiante en el aprendizaje del concepto de evolución. Se han identificado tres procesos conceptuales subyacentes en las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de los conceptos básicos relacionados con la evolución: el pensamiento poblacional, el pensamiento jerárquico y la transferencia de conceptos entre diferentes contextos (Helenurm, 1992).

La comprensión del pensamiento poblacional requiere que los estudiantes piensen en términos de un grupo de organismos y no de individuos. Pero la evolución es el resultado de cambios en la frecuencia de diferentes características individuales (genes) que constituyen la población, por lo que la dificultad radica en la comprensión del concepto población a nivel estadístico, más que a nivel de fenómeno. Aunque comprenden las frecuencias y los promedios, tienen dificultades para conceptualizar el cambio con esos parámetros.

Por otra parte, el mundo vivo tiene una organización jerárquica que representa niveles ascendentes de complejidad: átomos, moléculas, organelos, células, tejidos, órganos, individuos, poblaciones y especies, anidadas en el nivel anterior. El estudio de la evolución permea más niveles de esta jerarquía que la mayoría de las disciplinas; requiere la integración de eventos a nivel molecular, individual, de población y de especies que demanda la habilidad de ver cómo las fuerzas que operan en un nivel de organización afectan los otros niveles.

La argumentación previa explica la importancia de transferir los conceptos teóricos a la visión que el estudiante tiene del mundo natural. Aunado a lo anterior, además de estos tres obstáculos en el aprendizaje del concepto de evolución se le suma la interpretación que tiene en el nivel celular.

Para los propósitos de este estudio, ubicado en el contexto de la Biología Celular y particularmente en la diversidad celular, cuando se menciona el concepto de evolución, se refiere a que las diferencias que presentan las células "se han dado en el tiempo por cambios en el contenido y calidad de la información genética. Esos cambios son más numerosos en las células eucariontes debido a que presentan reproducción sexual en la que se involucra el fenómeno de la recombinación génica, que propicia cambios génicos de padres a hijos"<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> La definición es parte de la respuesta considerada como criterio en este estudio y fue proporcionada por el profesor de Biología Celular que colabora en el proyecto general en el que se inscribe este estudio. La respuesta proporcionada por el profesor podría ser causa de controversias en los biólogos, pero es importante hacer notar que corresponde a la selección realizada a criterio del profesor, y es lo que espera que los estudiantes aprendan, de acuerdo al contenido al que estuvieron expuestos.

## Capítulo III BASES METODOLÓGICAS: MODELO DE ANÁLISIS PROPOSICIONAL

### Fundamentos teóricos del Modelo

Las preguntas que guían este trabajo y el Modelo de Análisis Proposicional (Campos y Gaspar, 1994a) son el marco en el cual se realizó la investigación. Se orientan al conocimiento de las organizaciones conceptuales de los estudiantes en un tema particular y en un contexto determinado. Estas organizaciones conceptuales pueden ser obtenidas mediante la construcción de mapas conceptuales, a partir de una serie de conceptos, por los propios estudiantes o pueden ser producidas por el profesor o el investigador mediante entrevistas. Estas organizaciones se caracterizan por su representación jerárquica, de acuerdo con la propuesta de Novak (1988). En este estudio, a diferencia de la propuesta novakiana, no se proporcionaron listados de conceptos para su organización en mapas conceptuales sino que se parte de un discurso argumentativo para explorar las organizaciones conceptuales que los estudiantes tienen respecto a un contenido temático. Se seleccionó el Modelo de Análisis Proposicional porque propone una metodología adecuada, tanto a nivel individual como grupal, que permite que se puedan trabajar las hipótesis y dar respuesta a las preguntas que guían la investigación, por lo que, a continuación se presentan los lineamientos metodológicos del Modelo.

El Modelo de Análisis Proposicional redefine el concepto de aprendizaje cognoscitivo como "...un proceso de construcción de representaciones simbólicas que posee varias dimensiones interrelacionadas". Incluye la organización conceptual como fundamental porque permite al estudiante "acceder a su propio conocimiento, acceder a nuevo conocimiento y producir nuevas categorías" (Campos, Gaspar y Alucema, 1995, 3). El conocimiento así organizado permite el razonamiento, la asimilación y la construcción de discursos (Prawat, 1989; Barsalou, 1989). Se plantea que "parece que la dificultad en la construcción de argumentos se debe a problemas en la habilidad para organizar lógicamente la información" (Campos y Gaspar, 1994a; Campos, 1989). En el Modelo, las organizaciones conceptuales que posee un individuo en un tema dado pueden ser determinadas mediante un discurso. Esto debido a que el discurso es un producto de procesos de pensamiento y estructuras de conocimiento coherente (Frederiksen, 1981). En los estudiantes se puede determinar que ha habido aprendizaje cognoscitivo en su dimensión lógico-conceptual a través del discurso. Estas organizaciones así reflejadas acerca de un tema específico pueden

reorganizarse en su contenido lógico y conceptual en el tiempo (Campos y Gaspar, 1994a).

El discurso emitido acerca de un tema particular y producido a partir de organizaciones conceptuales son construidas en un contexto específico y puede analizarse semántica y sintácticamente (ib.). La porción más pequeña de la organización conceptual que comunica una idea con significado es una proposición. En el Modelo está definida como una declaración específica temático-contextual y está formada por lo menos por dos conceptos y una relación, asociada a algún subconjunto de conocimiento y comunica un significado contextual (ib.).

En esta investigación, un aspecto importante es conocer la calidad del aprendizaje lógico-conceptual de los estudiantes, evaluada mediante la calidad de las organizaciones conceptuales. El Modelo plantea que su evaluación requiere de una validación epistemológica, porque el conocimiento que se expresa mediante el discurso puede contener nociones organizadas o desorganizadas acerca de un tema o este conocimiento puede ser no científico o científico. Sólo con propósitos analíticos, el Modelo plantea una clasificación de las organizaciones conceptuales en Marcos Nocionales -"débilmente válidas"-, Marcos Referenciales -"parcialmente válidas"- y Marcos Conceptuales -"válidas casi en su totalidad"- (ib.).

Desde la perspectiva de esta investigación, un punto importante es la conceptualización que presenta el Modelo de la transformación cognoscitiva, entendida como una reorganización de la organización conceptual, más que como un cambio de novato a experto (Posner *et al*, 1982). La transformación conceptual se produce cuando el estudiante pone en marcha estrategias personales para acceder al conocimiento ofrecido en clase. Este proceso de acceso al conocimiento es función de la fuerza de las relaciones en la estructura cognoscitiva (Prawat, 1989). Estas uniones en la estructura conceptual podrían constituir los patrones de razonamiento que son construidos y usados sobre una cierta estructura conceptual y que por su calidad pueden encontrarse en algunos de los marcos clasificatorios mencionados anteriormente. Dichas organizaciones conceptuales pueden ser cambiadas desde un Marco Nocional, con la introducción de nuevos conceptos o categorías y relaciones lógicas, a Marco Conceptual. Así, el conocimiento de los estudiantes se concibe como un proceso permanente de asimilación y reconstrucción de conceptos y esto es una transformación conceptual (Campos, Gaspar y Alucema, 1993).

La clasificación en un Marco de un estudiante o de un grupo de ellos no es definitiva, menos aún si se considera que se trata sólo de una parte de su organización conceptual que corresponde al ítem al que ha sido expuesto. Un estudiante puede ser clasificado en Marco Nocional en algún tema y en Marco Conceptual en otro. Por esta razón, en esta investigación se mantiene fijo el

contenido básico que se está estudiando y se evalúa la organización conceptual grupal en diferentes momentos de su formación (semestres) y en diferentes materias. En cada uno de estos momentos se puede analizar la coherencia de su discurso, el grado de precisión con que maneja la información científica, la porción de lo básico del tema que tiene incorporado a su estructura conceptual y el grado de asimilación de conceptos con una fuerte conexión entre ellos.

La hipótesis operativa que plantea el Modelo de Análisis Proposicional es que la transformación de las organizaciones cognoscitivas se produce desde Marco Nacional a Marco Referencial y de éste a Marco Conceptual, ya sea a través de un curso o a lo largo de varios semestres (Campos y Gaspar, 1994a).

### **Fundamentos metodológicos del Modelo**

En esta sección se describen diferentes fases que comprende la parte analítica del Modelo de Análisis Proposicional que produce indicadores numéricos que evalúan diferentes aspectos de la organización conceptual de los estudiantes. Estas fases no tienen una secuencia temporal. Después de realizar el análisis de discurso que comprende la fase I, se puede continuar por cualquiera de ellas e inclusive se puede analizar en forma separada, en función de los propósitos de cada estudio.

#### ***Fase I. Análisis del discurso***

Para lograr los elementos necesarios que permitan obtener los indicadores que se describirán más adelante, se requiere el análisis del discurso emitido por escrito por los estudiantes. Así, se realiza un análisis proposicional para identificar las proposiciones y sus componentes, teniendo en consideración la naturaleza semántica y sintáctica del texto y se clasifica en conceptos, relaciones lógicas y sus componentes gramaticales (conectores y modificadores). Con los elementos así identificados, se calcula el índice de coherencia del discurso, referido en el Modelo como densidad ( $d$ ) y definido como "la proporción entre conceptos ( $c$ ) y relaciones lógicas ( $r$ ):  $d = c/r$ . De acuerdo con la definición de proposición, el valor mínimo de densidad en una proposición o texto es:  $(d) = c/r = 2/1 = 2$ , y varía conforme se extiende el propio texto. Entre menor sea el valor de  $d$ , el texto es más denso" (ib.).

Las proposiciones determinadas por el análisis semántico son la base para la elaboración del mapa proposicional. Este es un diagrama que incluye conceptos, relaciones lógicas y los componentes gramaticales que las conforman. El mapa

proposicional que resulta contiene todos los elementos semánticos antes señalados y sigue con fidelidad su secuencia. Cada uno de los componentes tiene una representación en el diagrama de manera que en éste se puede leer con claridad el texto emitido por el estudiante y por lo tanto, el mapa proposicional no tiene una organización predeterminada. Esta fase es muy importante porque las siguientes fases dependen de ella y porque la clasificación de los componentes semánticos del discurso y la determinación de proposiciones llega a ser una tarea compleja.

La intersección de proposiciones presentes en el mapa conceptual determina la presencia de núcleo conceptual que puede ser simple o múltiple y una organización conceptual puede tener uno, varios o ninguno. Es un componente fundamental ya que "representa el concepto que profesores y estudiantes usan como base para su argumentación, tantas veces como consideran necesario. contiene los conceptos más ricos en relaciones lógicas y comunica la información relacional que una persona es capaz de expresar en el momento del examen o cuando se le solicite" (ib.).

### *Fase II. Análisis de correspondencia lógico-conceptual*

Si ha habido aprendizaje, parte de la organización conceptual del profesor estará presente en el estudiante. En el análisis de correspondencia se realiza una comparación entre conceptos, relaciones lógicas del estudiante respecto al profesor y en el núcleo conceptual del mismo. En cada una de ellas. "la correspondencia puede ser **idéntica**, cuando el estudiante usa exactamente el mismo término, o alguna forma gramatical equivalente de un concepto que presenta el profesor; **equivalente**, cuando el estudiante usa un término o concepto diferente pero sinónimo al del profesor o bien relacionado, en el contexto de la pregunta; y **alusiva**, cuando el estudiante usa un concepto o relación con un significado que alude vagamente a los conceptos o relaciones usados por el profesor" (ib.). Por ejemplo, en relación con el concepto evolución, una correspondencia es idéntica si los estudiantes utilizan "*han ido evolucionando*" en vez de *evolución*; equivalente: *mecanismos evolutivos* y alusiva: "*desarrollándose*", en el contexto de todo el discurso.

#### Correspondencia conceptual

La correspondencia conceptual es igual al número de conceptos que muestra el estudiante en su organización conceptual que son idénticos, equivalentes o alusivos respecto a los que muestra la organización conceptual del profesor. El índice de correspondencia conceptual (cc) está determinado por la proporción entre el número de conceptos del estudiante que se corresponden con los del

profesor (ce) y el número total de conceptos de la organización conceptual del profesor (cp), esto es:  $ce = ce/cp$  (ib.).

#### Correspondencia en relaciones lógicas

El conjunto de conceptos de un estudiante que está en correspondencia con los del profesor es la base del análisis de correspondencia de las relaciones lógicas. Se obtiene un índice de correspondencia en relaciones lógicas (cr):  $cr = re/rp$ , es decir, el número de relaciones lógicas que tiene el estudiante consideradas en relación al subconjunto de relaciones lógicas que presenta el profesor en la correspondencia conceptual (re), dividido por el número de relaciones que usa el profesor en esa correspondencia (rp) (ib.).

#### Correspondencia con el núcleo conceptual

La correspondencia con el núcleo se encuentra cuando uno o más conceptos que constituyen el núcleo conceptual del profesor han sido asimilados por los estudiantes. La correspondencia con el núcleo conceptual del profesor es de gran importancia porque representa el mínimo que un estudiante tiene que asimilar o construir para comprender los conceptos básicos y las relaciones lógicas en un tema y si no están presentes, podría significar que el estudiante tendría dificultad para asimilar otros contenidos. Se calcula un índice de correspondencia en lo básico (n):  $n = ne/np$ , esto es, la proporción entre el número de conceptos en el núcleo conceptual del profesor que fueron asimilados por el estudiante (ne), y el número de conceptos en el núcleo del profesor (np) (ib.).

### ***Fase III. Determinación del Índice de calidad***

La presencia de correspondencia en conceptos y relaciones (precisión), correspondencia con el núcleo conceptual (lo básico) y densidad (coherencia) nos da un índice de la calidad de la organización conceptual de acuerdo a este Modelo comparada con la organización criterio del profesor. En el Modelo, la correspondencia conceptual (cc) y la lógica (cr) se pueden representar por un índice de correspondencia general  $q = (cc)(cr)$ . A este índice se le suma el índice en (correspondencia con el núcleo conceptual) para indicar que ha habido asimilación de conceptos y relaciones y entre los primeros, algunos o todos los conceptos fundamentales. Finalmente, la correspondencia se pondera con la densidad (d), para tener un índice global de calidad Q:  $Q = (q + n)/d$  (Q es siempre igual o mayor que 0 (ib.).

#### *Fase IV. Clasificación y evaluación de las organizaciones conceptuales*

El Modelo propone cuatro hipótesis operativas referidas al aprendizaje con base en la organización conceptual y sus características, de acuerdo con los valores que pueden presentar los índices de correspondencia y los valores de densidad debido a que "la organización conceptual de un estudiante se estructura como una combinación compleja de precisión, asimilación de lo fundamental y coherencia (ib.).

Por ello, en el Modelo se plantea que  $ce \leq 0.5cp$ : el conocimiento aprendido por un estudiante en clase es menor en número de conceptos que el enseñado por el profesor (la *hipótesis de precisión conceptual*).

Por otra parte, el número de relaciones lógicas en el conocimiento temático de un estudiante, idénticas, equivalentes o alusivas, es menor que el número de relaciones lógicas del criterio en correspondencia ( $re \leq 0.5rp$ , la *hipótesis de precisión lógica*). Así mismo, un estudiante asimila lo fundamental de un conjunto específico de conocimientos temático sólo parcialmente ( $ne \leq 0.5np$ , *hipótesis de precisión de lo fundamental*). Finalmente, se espera que el valor de densidad de la organización conceptual de cada estudiante y del profesor varíe entre dos (por definición) y uno (por *hipótesis de necesidad lingüística*). Los valores de densidad menores a uno o mayores que dos son casos excepcionales y requieren un análisis especial (ib.).

#### Definición de Marco Conceptual

El Marco Conceptual incluye a los estudiantes que han asimilado de una manera importante el contenido enseñado por el profesor. Esto significa que su discurso contiene conceptos precisos de acuerdo a los criterios de validación científicos, en un tema específico. Por lo tanto, cuando el estudiante "en lo fundamental ha asimilado un buen número de conceptos con una fuerte conexión entre ellos, y producidos de una manera discursiva coherente, menos ambigua, basada lógicamente en la articulación de conceptos y categorías tan cercanas como es posible a ser una explicación científica formal, su organización conceptual se puede clasificar en Marco Conceptual" (ib.).

#### Definición de Marco Referencial

La organización conceptual de un estudiante puede clasificarse en Marco Referencial cuando ha asimilado sólo una porción "razonable" de lo fundamental y un número igualmente "razonable" de conceptos y producidos en un discurso "razonablemente" coherente. Los marcos referenciales representan correspondencia y densidad más débiles, aunque válidas como conocimiento

científico (ib.). Lo "razonable" está estrechamente relacionado con los rangos en los que se encuentran los índices de correspondencia y coherencia planteados por el Modelo.

#### Definición de Marco Nocial

Los marcos nocials contienen a las organizaciones conceptuales que han asimilado una porción mínima y vaga de conceptos y relaciones y son producidas mediante un discurso en forma desarticulada y representan las organizaciones más débiles (ib.).

#### Criterios para la clasificación de la organización conceptual

Un primer criterio para la clasificación de la organización conceptual es analizar todas las relaciones lógicas y "determinar su necesidad de comunicar el significado" (Campos y Gaspar, 1995). En el Modelo se le refiere como el criterio "*De la densidad fuera de rango proposicional* y ajusta el valor de densidad a su dimensión lógica y no sintáctica como aparece en el texto" (ib.).

Con el valor de densidad ya ajustado, se clasifica la organización conceptual a partir de los valores numéricos de los Índices. Su ubicación en un Marco determinado requiere que todos los valores de correspondencia conceptual, relacional y con el núcleo y el valor de densidad, se ubiquen en un mismo rango. Este criterio de clasificación es denominado en el Modelo "*De la homogeneidad de rangos en correspondencia y densidad*" (ib.).

En realidad, esta es la situación menos probable, por lo cual, si todos los índices no están en el mismo rango se requiere de un análisis cualitativo para su ubicación, de acuerdo con el criterio "*De la heterogeneidad de rangos en alguna correspondencia o densidad*" (ib.). Este criterio presenta tres alternativas:

1. cuando  $cc$  y  $n$  se encuentran en el mismo rango, la organización conceptual se clasifica en ese rango directamente:

2. cuando  $cc$  y  $n$  se encuentran en rangos diferentes pero próximos, la organización conceptual se ubica en el rango más bajo.

3. cuando  $cc$  y  $n$  se encuentran en rangos diferentes pero no próximos, es decir un valor en rango de Marco Conceptual y el otro en Nocial, se presentan dos alternativas:

a. si  $er$  es de nivel de Marco Conceptual o Referencial, se clasifica en Marco Referencial o

b. si  $er$  es Marco Nocial, entonces la organización conceptual se ubica en el Marco más bajo de  $cc$  o de  $n$ . (ib.).

La decisión final de la ubicación de una organización conceptual en un Marco determinado, requiere de un análisis cualitativo de la correspondencia relacional (precisión en el patrón de razonamiento). Así, como producto de este análisis cualitativo (sustitución de algunas de las expresiones relacionales del estudiante que aumentan en número de relaciones como producto de su estilo de redacción), podría cambiar el índice de densidad del discurso, es decir, afecta la coherencia del discurso total. Dado que la calidad global está ponderada por el valor de densidad, ésta podría modificarse y permitir así, una clasificación más real.

Los rangos de valores de los índices de correspondencia conceptual, lógica, con el núcleo, densidad, calidad de la organización conceptual y calidad global del conocimiento científico asimilado para cada Marco, se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Clasificación de las organizaciones conceptuales según el rango de valores de los Índices del Modelo de Análisis Proposicional**

Índices/ Rango	Rango	Rango	Rango
Correspondencia conceptual (cc)	valor de (cc) $0.5 \leq cc \leq 1$	valor de (cc) $0.25 \leq cc \leq 0.5$	valor de (cc) $0 \leq cc \leq 0.25$
Correspondencia relacional (cr)	valor de (cr) $0.5 \leq cr \leq 1$	valor de (cr) $0.25 \leq cr \leq 0.5$	valor de (cr) $0 \leq cr \leq 0.25$
Correspondencia con el núcleo (n)	valor de (n) $0.5 \leq n \leq 1$	valor de (n) $0.25 \leq n \leq 0.5$	valor de (n) $0 \leq n \leq 0.25$
Densidad (d)	valor de (d) $0^* < d \leq 1.38$	valor de (d) $1.38 < d \leq 2$	valor de (d) $d > 2$
Índice de calidad (q)	valor de (q) $0.25 \leq q \leq 1$	valor de (q) $0.0625 \leq q \leq 0.25$	valor de (q) $0 < q < 0.0625$
Índice de calidad global (Q)	valor de (Q)** $Q \geq 0.543$	valor de (Q) $0.15625 \leq Q < 0.543$	valor de (Q) $0 \leq Q < 0.15625$
Clasificación de la organización conceptual	Marco Conceptual	Marco Referencial	Marco Nocional

\* el valor de densidad no puede ser 0 por definición de proposición que está formada por dos conceptos y una relación. La densidad mayor a 2 indica un alto número de conceptos sin relaciones ni implícitas ni explícitas, como en una clasificación o listado.\*\* el Índice de calidad global no tiene límite superior ya que está ponderado por los valores de densidad y ésta nunca llega a ser 0, por lo que el valor de Q puede incrementarse mientras más disminuye el valor de d.

## MÉTODO

La intención principal del estudio es explorar la estructura de la organización cognoscitiva (contenido lógico-conceptual asimilado por los estudiantes) y su transformación en diferentes momentos de su formación. Para ello, se utilizó el Modelo de Análisis Proposicional propuesto por Campos y Gaspar (1994a). El Modelo se basa en el análisis proposicional que produce organizaciones conceptuales e índices asociados a estas organizaciones. La calidad del conocimiento asimilado está definida de acuerdo con el nivel de las organizaciones conceptuales producidas por los estudiantes y que pueden ser clasificadas en Marco Conceptual, Referencial y Nocional.

El diseño del estudio fue construido de manera que permite la obtención de información de dicha calidad del conocimiento asimilado por el estudiante, a nivel grupal y su posible transformación y no para medir la magnitud de este cambio, como en el caso de un estudio de seguimiento. Se utilizan índices que proporcionan valores numéricos y éstos se enriquecen con la interpretación cualitativa de ellos.

Este es un estudio de caso (la carrera de biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM) y se consideró el grupo de las materias elegidas como la unidad analítica. En dicha población, por razones operativas, se efectuó un muestreo estratificado posterior a la recolección de información para comparar los grupos y se tomó en cuenta que para efectos de un estudio exploratorio era suficiente<sup>8</sup>.

Desde el enfoque disciplinario, el estudio se basa en el conocimiento asimilado sobre el tema "Diversidad Celular" que forma parte del programa de la materia Biología Celular (tercer semestre) y centrado en el concepto evolución. Es a partir del tercer semestre cuando el estudiante realmente inicia su formación biológica. Esta materia constituye el punto de comparación para la determinación del cambio conceptual en relación con el concepto evolución.

Se consideró conveniente incluir los dos primeros semestres como un diagnóstico de la calidad de la estructura conceptual que muestran los estudiantes antes de recibir formalmente el curso de Biología Celular, dado que, durante el primer año, los estudiantes sólo cursan materias como Matemáticas, Física, Geología, Química General y Fisicoquímica, que tienen un carácter básico para el biólogo.

---

<sup>8</sup> Glaser y Strauss sugieren que en la investigación cualitativa, el criterio más importante que guía la selección de datos es su relevancia teórica al problema que está siendo investigado y que el tamaño de la muestra no se requiere "a priori" (citado por Hauslein, 1992)

Así, se exploran siete semestres escolares para caracterizar las organizaciones conceptuales que muestran los estudiantes en diferentes momentos de su formación. La repetición del ítem en los grupos seleccionados permite profundizar en el análisis de las posibles transformaciones de las estructuras conceptuales que los estudiantes construyen. El cambio conceptual se analiza en los semestres mencionados, con un contenido que se fija en un nivel dado de complejidad, mientras que el contenido acumulativo varía a lo largo de este periodo, con la incorporación de nueva información que proporcionan las diferentes materias del currículum.

### ***Población***

Los sujetos del estudio son estudiantes de la carrera de biología que cursan asignaturas obligatorias de I al VII semestre. Se incluye la materia de Biología General I, correspondiente al primero y segundo semestre porque la carrera de biología divide la generación de nuevo ingreso en dos partes iguales y una mitad cursa tres materias iguales y una diferente: Física General I o Biología General I. Por lo tanto, los estudiantes que cursaron Física General I en primer semestre cursan Biología General I en el segundo. Se continúa con materias cuyos contenidos temáticos se enseñan también con una perspectiva evolutiva como son: Anatomía Animal (IV), Fisiología Animal (V), Genética (VI) y Paleontología (VII).

Se examinó a una población de 120 estudiantes que corresponden a los siete grupos anteriormente mencionados y que constituyen el universo de este estudio. Se diseñó un muestreo estratificado por semestre y se seleccionó aleatoriamente a 47 estudiantes. La distribución por género/semestre no se consideró en este estudio.

La distribución del universo está representada en la muestra e incluye 11 estudiantes de Biología General I (semestre 1); 6 estudiantes de la misma materia (semestre 2); 6 estudiantes que cursaban Biología Celular (semestre 3); 8 estudiantes Anatomía Animal (semestre 4); 3 estudiantes de Fisiología Animal (semestre 5), un número pequeño, ya que en ésta el número total de estudiantes del grupo fue sólo de 8; 6 estudiantes de la materia de Genética (semestre 6) y 7 estudiantes de Paleontología (semestre 7). Del total de 47 estudiantes, un estudiante no respondió a la pregunta y los exámenes analizados son 46.

### ***Obtención de información***

Los datos se obtuvieron durante el semestre 93-I. Para la materia de Biología General I se obtuvieron datos, tanto en el semestre 93-I como 93-II. Se aplicó a los estudiantes un examen con un ítem que requería una respuesta argumentativa. Esta forma exige a los estudiantes responder con explicaciones y definiciones mediante las cuales hacen explícitos sus puntos de vista acerca de la manera en que sus conceptos se conectan con otros. Todo esto da un número de conceptos y relaciones lógicas articuladas en forma de un discurso elaborado y con ello se establece un nivel de mayor demanda cognoscitiva que solicitar una simple definición (Campos y Gaspar, 1994a).

El examen se aplicó a los estudiantes de los grupos en días seleccionados aleatoriamente, de acuerdo con las disponibilidades de tiempo del maestro. En toda la población del estudio, las respuestas a este ítem se obtuvieron al finalizar el semestre. El examen tuvo una duración aproximada de 15 minutos y no contó para su calificación. Los estudiantes pudieron dejar de responderlo si así lo deseaban y sus respuestas fueron anónimas, aunque se les solicitó que pusieran sus iniciales para diferenciarlos. Por otra parte, al profesor de la materia de Biología Celular se le solicitó que respondiera la misma pregunta para tener un criterio de comparación, ya que para efectos de este estudio, es considerado el experto (ib.). De acuerdo con el Modelo, la respuesta del profesor constituye el *criterio*, por las siguientes razones:

- a) el profesor es a la vez investigador que conoce el tema en estudio;
- b) es el que traduce el conocimiento científico a material enseñable;
- c) es el productor del discurso al que están expuestos los estudiantes durante el proceso de aprendizaje de un contenido en particular;
- d) es el intermediario entre su propio discurso y el conocimiento que los estudiantes pudieran haber obtenido mediante selección de lecturas, tareas asignadas, coordinación de la discusión e interacción en clases y evaluación de las mismas (Campos y Gaspar, 1995b).

Para efectos de este estudio, la respuesta proporcionada por el profesor de la materia Biología Celular se consideró como el único criterio de comparación.

### ***Procedimiento***

A todos los estudiantes se les proporcionó el instrumento con instrucciones escritas (ver Apéndice I). Esta pregunta corresponde a la asignatura Biología Celular y fue elaborada por el profesor de un grupo de la materia. La pregunta ya

había sido probada en el proyecto general sobre Procesos Cognoscitivos. Fue diseñada de manera que requiriera una argumentación y la única indicación que se le hizo al profesor fue que la seleccionara como contenido básica y que tuviera un enfoque evolutivo. Cabe hacer notar que el concepto de evolución constituye el enfoque y se pide implícitamente.

A continuación se presenta la pregunta del examen:

*\* ¿Qué se entiende por diversidad celular? Con base en este concepto, explica por qué existen diferencias entre las células y cuáles son.*

Este tema biológico, a criterio del profesor (manifestado en numerosas entrevistas personales de discusión y análisis del mismo), facilita la evaluación del concepto, ya que para explicar la diversidad celular no basta con definir la que se entiende por ella con una aseveración como "son diferentes tipos de células" sino que es necesario describir dónde se encuentran éstas y desde qué punto de vista se consideran diferentes. Aunque la respuesta a esta primera parte de la pregunta es meramente descriptiva, la segunda parte pide explicar las razones por las que existen estas diferencias y, más aun, decidir cuáles son. Esta parte de la pregunta exige una argumentación más allá de la simple definición y requiere un conocimiento de los procesos que han llevado a esa diferencia. Es la parte procesual.

En una entrevista al profesor, posterior al examen, se le presentó el análisis de su discurso y el mapa proposicional que representaba su organización conceptual. Como producto del análisis del mismo, se evidenció que la estructura conceptual de su respuesta mostraba claramente estos dos aspectos: el meramente descriptivo (estático) y el procesual (dinámico).

Además, este tema permite la evaluación de un proceso de construcción social en el aula debido a que, al hacer la revisión de la literatura disponible sobre Biología Celular, el tema no se encuentra desarrollado de una manera explícita y organizada que le permitiera al estudiante acceder a la información directamente, sino que está muy dispersa y a veces ausente en los textos especializados. Por tanto, la organización conceptual del estudiante tendría que contener todos o parte de los conceptos seleccionados por el profesor como fundamentales y enseñados en clase.

Otro aspecto importante en este estudio es que los estudiantes están expuestos a diversas materias, algunas de ellas con más énfasis en el enfoque evolutivo. En el Cuadro 2 se muestra la distribución del tipo y número de cursos aprobados y cursando por la muestra de estudiantes en cada semestre en estudio que se caracterizan por tener un componente evolutivo.

Cuadro 2. Materias aprobadas y cursando\* a nivel grupal por semestre

Materia/semestre	1	2	3	4	5	6	7
Biología General I	- 11*	- 6*	6 -	8 -	3 -	6 -	7 -
Biología Celular	- -	- -	- 6*	7 1*	3 -	6 -	6 1*
Anatomía Animal Comparada	- -	- -	- 1*	- 8*	3 -	5 1*	7 -
Fisiología Animal	- -	- -	- -	- 1*	- 3*	4 -	6 -
Genética	- -	- -	- -	- -	- -	- 6*	5 1*
Paleontología	- -	- -	- -	- -	- -	3 2*	- 7*

**Observaciones**

Estas materias aprobadas y cursando\* corresponden sólo a las señaladas en el examen y en el momento de la aplicación del mismo.

Estas materias seleccionadas corresponden a las que los estudiantes se encontraban cursando en el momento de la aplicación del examen en cada uno de los semestres en estudio. Lo importante de esta información es que da cuenta de la oferta cognoscitiva a la que han estado expuestos y el posible contenido acumulado en el estudiante.

Así, los estudiantes de primero y segundo semestre sólo están cursando la materia de Biología General I. Los estudiantes del tercer semestre ya aprobaron dicha materia y están cursando Biología Celular (sólo un estudiante está cursando, además, Anatomía Animal Comparada). En cuarto semestre, todos los estudiantes de la muestra aprobaron Biología General I; siete estudiantes aprobaron Biología Celular y uno la está cursando y hay un estudiante que está cursando Fisiología Animal, que corresponde al quinto semestre. En quinto semestre, los tres estudiantes de la muestra han aprobado todas las materias de semestres anteriores seleccionadas. En sexto semestre todos aprobaron Biología General I y Biología Celular. En la materia Anatomía Animal Comparada sólo cinco estudiantes la aprobaron y uno la está cursando. En cuanto a Fisiología Animal, sólo cuatro estudiantes la aprobaron. Los otros dos no la están cursando. Además, hay tres estudiantes que ya aprobaron la materia de Paleontología y dos de ellos la estaban cursando. Esta situación es muy frecuente en la carrera de Biología dado que no hay seriación. En los estudiantes del séptimo semestre, todos aprobaron Biología General I, sólo seis aprobaron Biología Celular y uno la está cursando; todos aprobaron Anatomía Animal Comparada y sólo seis aprobaron Fisiología Animal. En cuanto a Genética, cinco la aprobaron y uno de ellos la está cursando y uno no la ha cursado aún.

La información anterior proporciona un mayor conocimiento de la oferta cognoscitiva a la que han estado expuestos los estudiantes de la muestra en estudio. La materia clave es Biología Celular, puesto que la pregunta corresponde a dicha materia. Pero el resto de estas asignaturas permite que el estudiante asimile conocimiento que podría contribuir a enriquecer la organización conceptual en torno al concepto diversidad celular, así como a facilitar la incorporación del concepto de evolución, dadas las características que presentan todas ellas.

## **Análisis proposicional**

### ***Fase I. Análisis del discurso***

#### ***a. Análisis semántico***

Las respuestas escritas de los estudiantes se sometieron a análisis semántico. Este consistió en un análisis para poder clasificar el discurso producido por cada individuo en unidades semánticas, que para efecto del estudio fueron conceptos, relaciones lógicas, conectores gramaticales, modificadores gramaticales y otros elementos (en este rubro se incluyeron todas las palabras que no tenían una clara definición o que no se sabía su pertenencia a los descriptores anteriores)<sup>9</sup>.

Como ejemplo, a continuación se presenta el discurso de un estudiante de la muestra, correspondiente al cuarto semestre:

La diversidad celular se entiende como la variación fisiológica, morfológica y funcional que existe entre las células, partiendo del hecho del tejido que comprenden, ya sea de parte vegetal o animal al que constituyen.

Las diferencias se presentan a partir de la función que vayan a desempeñar y dependiendo del tejido que sea.

Se presenta tanta diversidad y especialización dependiendo al organismo que lo constituyen tanto, unicelular como pluricelular, el grado de desarrollo, diferenciación, y evolución de la misma célula.

Las diferencias entre una célula y otra pueden, partir desde el origen, las estructuras que la comprenden, y organelos, función que desempeña considerando, los factores de relación y comunicación celular que se presenten.

<sup>9</sup> La identificación de los conceptos se realiza considerando el contexto en el que fue emitido el discurso, ya que hay conceptos polisémicos y tienen significado en diversas situaciones y que en el contexto biológico tiene también un significado particular.

A partir del texto de la respuesta del estudiante se realiza el análisis del discurso. Como primer nivel se procede a la identificación de proposiciones. Una proposición es una unidad semántica que debe contener como mínimo dos conceptos unidos por una relación lógica que debe estar asociada a algún conocimiento y que comunica un significado contextual (Campos y Gaspar, 1994a). En el análisis, las proposiciones deben estar separadas por un punto o algún otro indicador sintáctico. En la práctica, ante la ausencia de signos de puntuación en el discurso emitido por los estudiantes, la proposición puede identificarse como un cambio en la idea que desarrolla el estudiante.

En el ejemplo, el texto contiene cuatro proposiciones claramente diferenciadas por puntos aparte:

**Proposición 1:**

La diversidad celular se entiende como la variación fisiológica, morfológica y funcional que existe entre las células, partiendo del hecho del tejido que comprenden, ya sea de parte vegetal o animal al que constituyen.

**Proposición 2:**

Las diferencias (en las células) se presentan a partir de la función que vayan a desempeñar y dependiendo del tejido que sea.

**Proposición 3:**

Se presenta tanta diversidad y especialización (en las células) dependiendo al organismo que lo constituyen tanto, unicelular como pluricelular, el grado de desarrollo, diferenciación, y evolución de la misma célula.

**Proposición 4:**

Las diferencias entre una célula y otra pueden, (sic) partir desde el origen, las estructuras que la comprenden, y organelos, función que desempeña considerando, (sic) los factores de relación y comunicación celular que se presenten.

**Conceptos:**

diversidad celular, (células), variación fisiológica, (variación) morfológica, (variación) funcional, célula, tejido, vegetal, animal, diferencias, función, tejido, diversidad, especialización, (células), organismo, (organismo) unicelular, (organismo) pluricelular, grado de desarrollo, diferenciación, evolución, célula, origen, estructura, organelos, función, factores de relación, comunicación celular, (células). Total 29 conceptos (considerando los conceptos implícitos que se señalan entre paréntesis).

**Relaciones lógicas:** (es), y, existe, comprenden, ya sea, o, constituyen, se presentan, a partir, vayan a, desempeñar, y, dependiendo del, se presenta, y, dependiendo al, constituye, y, y, pueden, partir, comprenden, y, desempeña, considerando, y, se presenten. Total 27 (las relaciones implícitas están entre paréntesis).

**Conectores y modificadores gramaticales:** la, la, que, entre, las, del, que, de, parte, al, que, las, de, la, que, que, sea, tanta, que, lo, tanto, el, de, la, misma, las, entre, una, otra, desde, el, la, que, la, que, los, que.

**Otros componentes:** se entiende como, partiendo del hecho.

Una vez definidas las unidades semánticas que componen el discurso, se utilizó el software ANPROP producido por Campos y Rossano (1992), para facilitar el análisis, el conteo de los diferentes componentes presentes en el texto y la elaboración del mapa proposicional. Se obtiene el número total de conceptos, de relaciones lógicas, de conectores y modificadores, así como, el tamaño del discurso que corresponde al número total de unidades semánticas utilizadas por el individuo. El ANPROP proporciona los siguientes indicadores: 1) densidad conceptual, esto es, la razón entre el número de conceptos y el número de relaciones lógicas; 2) el índice conceptual, esto es, la razón entre el número de conceptos y el tamaño del discurso; 3) el índice relacional, es decir, la razón entre el número de relaciones lógicas y el tamaño del discurso. En el ejemplo, los índices de densidad y tamaño del discurso son:  $d = 28/27 = 1.037$  y tamaño = 92 unidades semánticas.

#### *h. Elaboración del mapa proposicional*

El mapa proposicional se elabora a partir del resultado del análisis semántico, es decir, dibujamos un mapa conceptual en el que se observa la siguiente convención: los conceptos se encierran en un círculo u óvalo que contiene el concepto escrito en su interior (los conceptos implícitos se reconocen porque el óvalo aparece sombreado); cada concepto se une a través de una línea que representa la relación lógica entre ellos, mismas que se escriben a un lado de la línea y en este estudio se reconocen como palabras en estilo "cursivo". Es importante aclarar que se respeta la redacción original del discurso emitido y se incluye el resto de las unidades semánticas entre concepto y concepto.

En el mapa proposicional, las proposiciones se enmarcan con una línea continua que las encierra, siguiendo la ruta que el individuo ha proporcionado en su discurso. Por razones prácticas, para mantener la claridad del mapa conceptual, en este estudio se han omitido las líneas que las demarcan.

#### *c. Determinación del núcleo conceptual*

De acuerdo con el Modelo se determina la presencia del núcleo conceptual. En este estudio se identifica en el mapa proposicional con una línea que resalta el contorno del óvalo que contiene el concepto y las proposiciones que intersectan se señalan como P1, P2,.... Pn, para indicar cuáles son las proposiciones involucradas en la conformación de ese núcleo.

## *Fase II. Análisis de correspondencia lógico-conceptual*

A continuación, el diagrama de la estructura conceptual de cada uno de los estudiantes lo comparamos con la estructura de referencia, que en este caso, es la elaborada con el discurso del maestro. Para simplificar la presentación de los mapas proposicionales, en este estudio se elaboró un diagrama simplificado de la respuesta del profesor que contiene sólo los conceptos y relaciones lógicas y se omitieron los conectores gramaticales, modificadores y otros (ver Figura 2, p 58). Teóricamente representa el contenido mínimo o básico que el estudiante debe aprender y así iniciamos la fase de análisis de correspondencia con el criterio.

### *a. Identificación de correspondencias*

Siguiendo la estructura de la organización conceptual del profesor que se refleja en el diagrama simplificado, se realiza una comparación de los conceptos identificados en la estructura del estudiante respecto a los conceptos propios de la estructura del profesor. Así, para cada uno de los estudiantes de la muestra se elaboró un segundo diagrama, en el que se simboliza con un círculo lleno un concepto idéntico al del maestro (en este estudio los conceptos implícitos se señalan como círculos sombreados); un concepto equivalente con un rectángulo oscuro, en este trabajo; con un círculo más pequeño y rodeado de líneas punteadas un concepto implícito y con un círculo sólo punteado, la presencia de un concepto alusivo o nocional. Junto al concepto representado en el diagrama, se señala con letra minúscula el concepto correspondiente del profesor.

El mismo análisis cualitativo se realiza para la correspondencia relacional. La simbología en el diagrama es la siguiente: si el estudiante muestra una relación idéntica a la utilizada por el profesor, considerando también que se refiera a los mismos conceptos, se dibuja con una línea muy gruesa; si sólo es equivalente, se dibuja con una línea delgada; si la relación está implícita, se dibuja una línea delgada pero el texto que representa la relación está entre paréntesis; si es una relación alusiva, se dibuja con líneas cortadas y si es utilizada sólo por el alumno, pero se encuentra ausente en la estructura del profesor, se dibuja con pequeños puntos (como ejemplo ver el diagrama del estudiante BAMP4 en el Cuadro 14, p. 88 y el diagrama del estudiante FAGM5 en el Cuadro 17, p. 98). Es conveniente hacer notar que es frecuente que los estudiantes utilicen más de una relación para ser equivalente o aludir a la del criterio. Con la finalidad de simplificar el diagrama se señala en ellos solamente la relación que corresponde al profesor (con letra minúscula y el número que aparece en el diagrama del profesor (Figura 2).

*b. Evaluación cuantitativa de la correspondencia lógico-conceptual y con el núcleo proposicional*

Con el propósito de cuantificar la correspondencia entre ellos y la estructura conceptual elaborada por el profesor respectivo, de acuerdo con los indicadores que presenta el Modelo, se calculan los índices de densidad lógico-conceptual: de correspondencia conceptual; de correspondencia relacional y de correspondencia con el núcleo.

***Fase III. Determinación cuantitativa de Índices de Calidad***

En esta fase, se determinan los índices de calidad  $q$  y  $Q$  de los estudiantes de la muestra para su análisis posterior. Con base en los índices de correspondencia conceptual y relacional se determina el índice de calidad ( $q$ ) de la correspondencia lógico-conceptual entre la organización conceptual de cada uno de los estudiantes y el criterio. De acuerdo al Modelo, este índice  $q$  representa la intersección de ambas organizaciones conceptuales en lo que se refiere a conceptos y relaciones lógicas, tomando en cuenta la variación semántica y sintáctica entre ambos discursos. Con los valores de  $q$ ,  $n$  y  $d$  se calcula el índice de calidad global  $Q$ , que es un indicador de la calidad de la organización conceptual del estudiante en cuanto a la coherencia que muestra su discurso, la precisión de los conceptos y relaciones que lo conforman y el grado de correspondencia de su organización conceptual con respecto a la del profesor en un tema específico y en un momento particular de su formación.

***Fase IV. Clasificación y evaluación de las organizaciones conceptuales***

Las características que presentan las organizaciones conceptuales se evalúan de acuerdo con los diferentes índices. El conocimiento científico asimilado por los estudiantes se refleja en la organización conceptual y se evalúa mediante el valor del Índice de Calidad Global del aprendizaje ( $Q$ ) y cada uno de los índices se evalúa por separado con base en las hipótesis planteadas por el Modelo de Análisis Proposicional.

Los índices se pueden clasificar en forma independiente y nos proporcionan información específica sobre cada uno de los aspectos que se pretende evaluar y se pueden clasificar a su vez en Marcos (Nocional, Referencial o Conceptual) dependiendo de su valor y de acuerdo con el Cuadro 1. Esta clasificación permite determinar el Marco Global de clasificación, y de acuerdo con el Modelo, para ubicar correctamente la organización conceptual que presenta un estudiante debe tenerse en cuenta los criterios propuestos por el Modelo.

diferencias significativas, para cada uno de los índices anteriores (cuando las hubo).

Cada uno de los índices promedio se clasifican en sus respectivos Marcos y se obtiene el Índice Grupal. Para la determinación del Índice Global de cada uno de los grupos deben cubrir los mismos requisitos en cuanto a la homogeneidad de los Marcos en que se ubican los diferentes valores y si son heterogéneos, se clasifican según los criterios de "densidad fuera de rango proposicional" y "de la heterogeneidad de rangos en alguna correspondencia o densidad" (Campos y Gaspar, 1995).

### **Métodos combinados y comparación**

Los resultados obtenidos a partir del análisis cualitativo y cuantitativo de las organizaciones conceptuales de cada uno de los estudiantes de la muestra, de acuerdo al semestre en que se encontraban en el momento del estudio, dará información sobre su aprendizaje.

Las características que presentan sus organizaciones conceptuales en los diferentes momentos de su formación, representada por los siete semestres, permitirá evaluar la transformación de las mismas, esto es, la evaluación del cambio conceptual.

Las evidencias se obtienen a partir, tanto del análisis gráfico y el análisis estadístico de los resultados de los diferentes índices, como por las diferencias cualitativas que se observan entre los grupos de los distintos semestres relacionadas con los conceptos involucrados en la respuesta criterio, y en particular, sobre el concepto evolución. Estas diferencias podrán caracterizar el perfil que distingue a cada grupo.

De acuerdo con estos criterios, para que una organización conceptual alcance directamente un Marco, éste debe presentar una "homogeneidad de rangos de correspondencia y densidad" (Campos y Gaspar, 1995). Este caso es poco frecuente y los resultados de este estudio evidencian que los estudiantes de la muestra tienen organizaciones conceptuales donde los diversos índices se ubican en Marcos diferentes.

Para lograr la clasificación final es necesario realizar un análisis de las respuestas de los estudiantes, siguiendo los lineamientos del Modelo de Análisis Proposicional (Campos y Gaspar, 1994), que consiste en un cuidadoso análisis que se hace en paralelo al análisis proposicional del discurso emitido por los estudiantes en cuanto a su coherencia, esto es, uso indiscriminado o innecesario de relaciones lógicas que aumentan la densidad, ya sea por estilos de redacción o por ambigüedad en la respuesta y que, por lo tanto, influye en los valores de la calidad de la asimilación.

Otro aspecto importante es el análisis cualitativo de la correspondencia conceptual que nos informa de la porción de la organización conceptual del estudiante que intersecta con la del profesor e indica la precisión en el uso de conceptos y su gradación en idénticos, equivalentes o alusivos, lo que indica el grado de aproximación al conocimiento científico que tiene el estudiante en ese tema. Este análisis es muy importante en esta investigación porque permite evaluar la calidad de la información biológica que el estudiante muestra en su respuesta y permite caracterizarla como descriptiva (estática) y descriptiva y/o explicativa procesual (dinámica). La porción procesual de la respuesta contiene el concepto de evolución o cambio, por lo que esta información es indispensable. También ayuda a detectar casos anómalos que influyen importantemente en los índices numéricos y que pueden distorsionar la información que éstos proporcionan.

### **Análisis Grupal**

Con el fin de caracterizar el grupo, se requiere establecer categorías comunes en las respuestas de los estudiantes. Los diferentes indicadores utilizados para evaluar la calidad de la asimilación conceptual, esto es, índices de correspondencia conceptual, relacional, con respecto al núcleo del criterio, de calidad del aprendizaje y de calidad global individuales, así como la coherencia del discurso emitido por los estudiantes produjeron valores numéricos individuales. Estos valores fueron analizados y comparados mediante el programa SPSS y sometidos a la prueba LSD (Least Significant Difference). Así, se obtuvieron los valores de media aritmética y su desviación estándar y de las

**Proposición 1**

La diversidad celular se refiere a los diferentes tipos de células que existen en la biosfera considerados morfológica y fisiológicamente.

**Proposición 2**

Estas diferencias (en las células) se han dado en el tiempo, por cambios en el contenido y calidad de la información genética.

**Proposición 3**

Estos cambios son más numerosos en las células eucariontes debido a que presentan reproducción sexual en la que se involucra el fenómeno de la recombinación génica, que propicia cambios génicos de padres a hijos.

Asimismo, en la Figura 1 se observa intersección en las proposiciones, conformando núcleos conceptuales, que son los conceptos más ricos en relaciones lógicas, estructuran el discurso y constituyen el contenido básico o fundamental del tema diversidad celular.

**Núcleo conceptual:** concepto célula, que se encuentra en la proposición 1 y está implícito en la proposición 2. Constituye el primer núcleo conceptual y concepto cambio, que se encuentra en la proposición 2 y 3, forma el segundo núcleo conceptual.

## Capítulo IV ANALISIS DE RESULTADOS

### Análisis individual

A continuación se presentan los resultados obtenidos, de acuerdo con las fases establecidas en el Modelo de Análisis Proposicional y organizados de manera que permitan responder a las preguntas planteadas en esta investigación. En el caso de los estudiantes, se presentan, además, los resultados del análisis de correspondencias que nos muestran las porciones asimiladas del contenido temático en cuestión y la calidad de las mismas, en relación con la del profesor.

#### A. Caracterización de las organizaciones conceptuales del profesor y de los estudiantes en los siete semestres en estudio.

1. Respuesta del profesor seleccionado que proporcionó la pregunta considerada en este estudio como criterio es:

\* La diversidad celular se refiere a los diferentes tipos de células que existen en la biosfera, considerados morfológica y fisiológicamente. Estas diferencias se han dado en el tiempo, por cambios en el contenido y calidad de la información genética. Estos cambios son más numerosos en las células eucariontes debido a que presentan reproducción sexual en la que se involucra el fenómeno de la recombinación génica, que propicia cambios génicos de padres a hijos.

#### Análisis del discurso del profesor

**Conceptos:** diversidad celular, células, biosfera, morfológica(mente), fisiológicamente, (células), tiempo, cambios, contenido, calidad, información genética, cambio, células eucariontes, reproducción sexual, recombinación génica, cambios génicos, padres, hijos. Total 18.

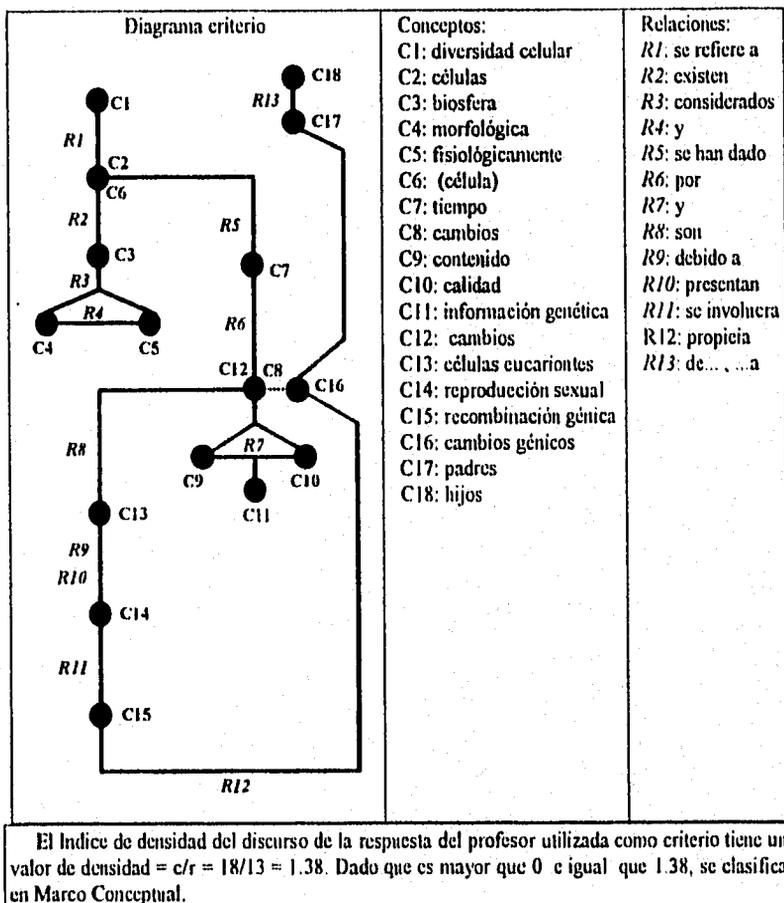
**Relaciones lógicas:** se refiere a, existen, considerados, y, se han dado, por, y, son, debido a, se presenta, se involucra, propicia, de-a. Total 13.

Los otros términos del discurso son **conectores gramaticales** (en, de, que, en, en, de, en, que, de, que, de) y **modificadores gramaticales** (la, los, diferentes, tipos, la, estas, el, el, la, estos, más, las, la, el, fenómeno, la) y no se presentan otros.

La representación gráfica del discurso del profesor se presenta como mapa proposicional (Ver Figura 1). La respuesta criterio proporcionada por el profesor contiene tres proposiciones, como se muestra a continuación:



Figura 2. Diagrama criterio del discurso del profesor con conceptos y relaciones lógicas



El diagrama criterio representa los elementos lógico-conceptuales contenidos en la organización conceptual del profesor y que son el criterio con el cual se compararon las respuestas de los estudiantes de toda la muestra. Se señalan los conceptos y relaciones que, para efectos de este estudio constituyen el conocimiento científico básico que fue enseñado en relación con la pregunta sobre el tema Diversidad Celular y nos permite conocer la asimilación por parte de los estudiantes.

## 2. Resultados de los estudiantes

De la muestra resultante de 46 estudiantes se escogieron tres respuestas por grupo/semestre para ejemplificar las diferentes organizaciones conceptuales. Por razones prácticas, el criterio de selección de las respuestas de los estudiantes se basó en la distribución que muestran los valores de promedio y desviación estandar de los índices de calidad global del aprendizaje (Q) y representan a cada una de las siguientes categorías:

a) Valor de Índice de Calidad Global del aprendizaje que está por encima del valor más alto del rango de dispersión del promedio de su grupo y que se clasifica como la respuesta "más exitosa"<sup>10</sup>.

b) Valor de Índice de Calidad Global del aprendizaje que cae dentro del rango de dispersión del promedio de su grupo y se clasifica como la "representativa". Se eligió la respuesta cuyo valor de Q fue el más cercano al valor promedio de su grupo.

c) Valor de Índice de Calidad Global del Aprendizaje que está por debajo del valor inferior del rango de dispersión del promedio y se clasifica como la respuesta "menos exitosa" (en los semestres 3, 5 y 7, los valores inferiores están dentro del rango de dispersión del promedio de su grupo).

Es necesario aclarar que esta clasificación no representa al "estudiante más exitoso" en su clase sino que la respuesta se considera más exitosa en comparación con el criterio. La calidad que muestra es válida para efectos de este trabajo y no tiene que ver con la calificación escolar. Lo mismo sucede con las otras dos categorías de clasificación de las respuestas. La referencia al estudiante es necesaria porque es quien emite la respuesta; de ahora en adelante, la respuesta más exitosa se nominará también como "estudiante más exitoso", la respuesta representativa como "estudiante representativo" y la respuesta menos exitosa como "estudiante menos exitoso".

Dado que el propósito de la investigación no es analizar la relación que hay entre los valores del índice de Calidad Global del aprendizaje (Q) como criterio de selección de la respuesta "más exitosa", "representativa" o "menos exitosa" y el Marco (Conceptual, Referencial o Nocional) en el que clasifican, en esta

<sup>10</sup> En el semestre 3 se escogió la segunda respuesta más exitosa que se encuentra dentro del rango de dispersión. La decisión se tomó porque al seleccionar una respuesta para la presentación del Modelo en un Congreso, fue elegido al azar la del estudiante que presenta el valor más alto de Q para la muestra de este semestre. La respuesta es la siguiente: *Entiendo por diversidad celular a la agrupación de células que comparten un "patrón común" (ancestro) pero que por ciertos mecanismos evolutivos y funcionales han adquirido cierto grado de especialidad o especialización, así como un "grado" de dificultad con respecto a su forma y función, por lo cual encontramos separadas a las células en dos grandes grupos [:] Procariontes los cuales se consideran más "sencillos" por no tener membranas internas que separen organelos [por lo tanto] no tienen núcleo Eucariontes las células más "complejas" por tener núcleo y compartimentalización de organelos, estas son las que más variantes tienen pues pueden tener muchas especializaciones y por lo tanto más funciones en el organismo.* Los valores de los índices de este estudiante son los siguientes:  $d = 0.733$ ;  $cc = 0.529$ ;  $cr = 0.667$ ;  $u = 1$ ;  $q = 0.353$  y  $Q = 1.845$ , que representa el valor más alto de la muestra de 47 estudiantes.

investigación no se estudia esta relación, aunque puede abordarse de una manera más explícita en futuros estudios. En este estudio sólo se presentan algunas evidencias de posibles relaciones entre la ubicación en un Marco específico y una determinada calificación valorativa (más exitosa, representativa o menos exitosa).

Es importante señalar que el análisis cuantitativo de los índices del Modelo representa el análisis cualitativo que subyace a esas determinaciones numéricas. Esto es, todos los índices son el producto de un análisis cualitativo previo, como se ha indicado en la sección metodológica del Modelo y representan diferentes aspectos de la organización conceptual de los estudiantes. El análisis cualitativo es el más importante porque permite ver las ambigüedades que los valores numéricos no señalan. En este mismo sentido, la determinación del Marco Global de cada uno de los estudiantes es producto de un análisis cualitativo, de acuerdo con los criterios establecidos en el Modelo y no sólo de una clasificación mediante los valores numéricos. (Ver criterios para la clasificación de la organización conceptual).

### Primer semestre

A continuación se presentan las respuestas de tres estudiantes de primer semestre, seleccionados de acuerdo con los criterios de estudiante de 'respuesta más exitosa', 'representativa' y 'menos exitosa', anteriormente definidos. Se incluyen los resultados del análisis semántico de los tres textos y se señalan los conceptos, relaciones lógicas, conectores y modificadores gramaticales y otros elementos (ver Cuadro 3).

**Cuadro 3. Respuestas y resultados del análisis semántico de tres estudiantes de primer semestre**

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta más exitosa</b></p> <p><b>Estudiante AARMI:</b> Es la variedad que existe de células, estas variedades se clasifican según las características que presentan las células formando grupos.</p> <p>La diversidad está dada porque a lo largo de la evolución, han existido grupos los cuales se han adaptado más a ciertas condiciones (presiones de selección). El que desde el principio haya existido diversidad celular ha ayudado a esta selección ya que si solo existiera un solo grupo al aparecer estas presiones hace mucho tiempo que se habría extinguido la vida, o no sería lo que conocemos actualmente.</p> <p>Los dos grupos en los que se dividen las células son por lo general en autótrofos y heterótrofos.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, variedad, células, variedades, características, células, grupos, diversidad, evolución, grupos, condiciones, presiones, selección, principio, diversidad celular, selección, grupo, presiones, tiempo, vida, grupos, células, autótrofos, heterótrofos. Total 24.</p> <p><b>Relaciones:</b> es, existen, se clasifican, según, presentan, formando, está dada, porque, a lo largo de, han existido, se han adaptado, desde, haya existido, ha ayudado, ya que, si, existiera, aparecer, hace, se habría, extinguido, o, no, sería, se dividen, son, y. Total: 27.</p> <p><b>Conectores gramaticales:</b> que, de, que, a, que, desde, a, al, que, que, en, que, por, en.</p> <p><b>Modificadores gramaticales:</b> la, la, estas, las, las, las, la, la, los, cuales, más, ciertas, el, el, principio, esta, solo, un, estas, mucho, la, lo, actualmente, los, dos, grandes, los, las, lo, general. También utiliza otros componentes: conocemos.</p>

Continuación...

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta representativa</b>  <b>Estudiante SRJM1:</b> Yo entiendo por diversidad celular, la función y características específicas aplicables a determinados grupos de células, estas funciones y características están de acuerdo al nivel de organización celular desde las bacterias hasta organismos más complejos y de acuerdo a su reino. Por ejemplo a nivel funcional una célula del riñón (nefrona) será diferente de una neurona. Por características morfológicas y fisiológicas entre reinos tenemos las células vegetales capaces de sintetizar energía solar a través de la clorofila y transformarla en energía química que será aprovechable por las células animales incapaces de obtenerla de ésta manera en una relación mutua de supervivencia.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, función, características, células, funciones, características, nivel, organización celular, bacterias, organismos, reino, nivel funcional, célula, riñón, nefrona, neurona, características morfológicas, (características) fisiológicas, reinos, células vegetales, energía solar, clorofila, energía química, células animales, supervivencia. Total 25.</p> <p><b>Relaciones:</b> se refiere a, y, aplicables a, y, están, de acuerdo al, desde-hasta, y, de acuerdo a, será, diferente, por, y, entre, tenemos, capaces, sintetizar, a través, y, transformarla, será aprovechable, por, incapaces, obtenerla, relación. Total 25.</p> <p><b>Conectores gramaticales:</b> por, de, de, su, a, de, de, de, de, en, que, de, de, en, de.</p> <p><b>Modificadores gramaticales:</b> la, específicas, determinados, grupos, estas, las, más, complejos, una, una, las, la, las, ésta, manera, una. Otros componentes: Yo entiendo por, por ejemplo.</p>
<p><b>Respuesta menos exitosa</b>  <b>Estudiante EMCMI:</b> Las diferencias entre las células pueden ser autótrofas y heterótrofas  Las autótrofas se obtiene energía en el organismo del cuerpo humano. Y en las heterótrofa es casi lo mismo se obtiene también energía. Y se llevan a cabo procesos digestivos.</p>	<p><b>Conceptos:</b> (diversidad celular), diferencias, células, autótrofas, heterótrofas, autótrofas, energía, organismo, cuerpo humano, heterótrofas, energía, procesos digestivos. Total 12.</p> <p><b>Relaciones:</b> (son), pueden, ser, y, se obtiene, y, se obtiene, y, se llevan a cabo. Total 9.</p> <p><b>Conectores gramaticales:</b> entre, en, del, en, también, en. <b>Modificadores gramaticales:</b> las, las, el las, los. Otros componentes: es casi lo mismo.</p>

En este semestre podemos observar discursos con un gran tamaño, incluso en la que se considera la respuesta "menos exitosa". El tamaño del discurso está dado por el número de elementos semánticos que el estudiante provee en su respuesta, pero no tiene un significado cognoscitivo, porque pueden ser discursos muy extensos y no contener conceptos y relaciones en correspondencia con el discurso del criterio. Se puede observar en los estudiantes del primer semestre una gran tendencia a elaborar discursos muy extendidos, tal vez porque durante sus experiencias anteriores era válida la máxima "más vale que sobre a que falte".

Sin embargo, los estudiantes de segundo semestre (ver Cuadro 6), muestran una tendencia contraria y sus discursos son notablemente pequeños y sintéticos.

Estos resultados sugieren que podría haber algún tipo de correlación entre los discursos extendidos y el Marco en que se ubica la organización conceptual. En futuras exploraciones de este estudio se tiene la intención de investigar esas posibles relaciones. Por el momento, sólo es un elemento que pudiera estar influyendo en la probabilidad de encontrar conceptos que se correspondan con los del criterio, dado que al extender el discurso (mayor cantidad de conceptos y relaciones) pudiera existir una mayor probabilidad de "dar en el blanco" y aumentar la correspondencia conceptual con el criterio. No obstante lo anterior, para lograr una clasificación en Marco Conceptual, no sólo se requieren conceptos sino también relaciones lógicas que los conecten y que estén también en correspondencia.

Los mapas proposicionales elaborados con el discurso extendido de los estudiantes que ejemplifican el primer semestre se muestran a continuación, en las figuras 3, 4 y 5. Estos mapas conceptuales muestran diferencias en su estructura y representan la organización conceptual de cada uno de ellos. En el mapa del estudiante de respuesta más exitosa se observa una gran masa conceptual con los conceptos conectados entre sí por relaciones lógicas, pero sólo algunos de estos elementos semánticos están en correspondencia con el criterio y el resto no es pertinente a la pregunta. También se observan cuatro núcleos que son los conceptos que utiliza para estructurar su discurso. De ellos, sólo célula y evolución están en correspondencia con el núcleo del criterio y representan lo fundamental del contenido. El mapa proposicional del "estudiante representativo" tiene sólo el concepto célula en correspondencia con el núcleo del criterio. El de respuesta menos exitosa no tiene núcleo en su organización y su estructura es lineal y clasificatoria. Los núcleos conceptuales se muestran también en el Cuadro 5. En cuanto a su configuración en el mapa proposicional del "estudiante más exitoso" se observa sólo una pequeña subestructura clasificatoria y no es lineal, puesto que se estructura en torno a núcleos. El mapa proposicional del "estudiante representativo" tiene dos subestructuras clasificatorias pequeñas, pero no es lineal sino que está organizada en torno a varios núcleos. El mapa del "estudiante menos exitoso" tiene una estructura lineal pero no está organizado en torno a un núcleo conceptual sino que es una gran proposición, con algunas vueltas en torno a algunos conceptos.

Figura 3. Mapa proposicional de la respuesta más exitosa de primer semestre

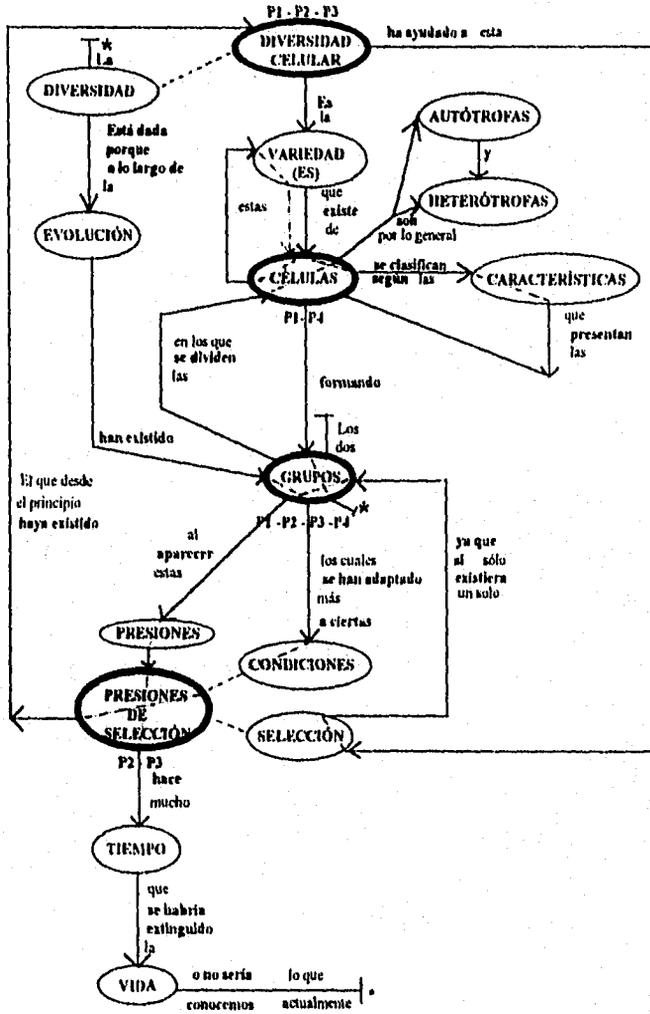


Figura 4. Mapa proposicional de la respuesta representativa de primer semestre

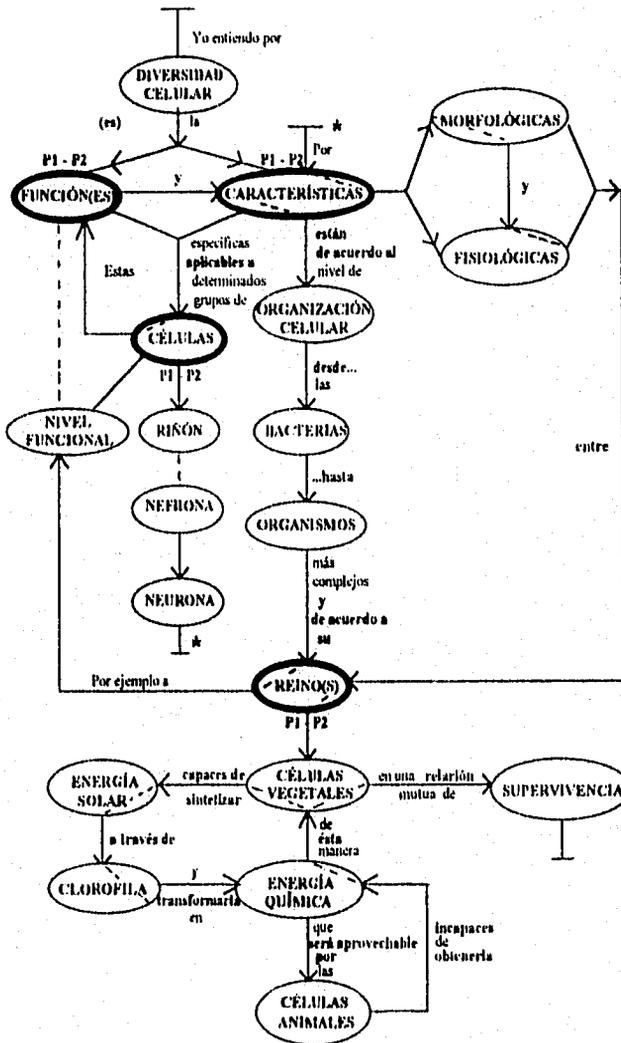
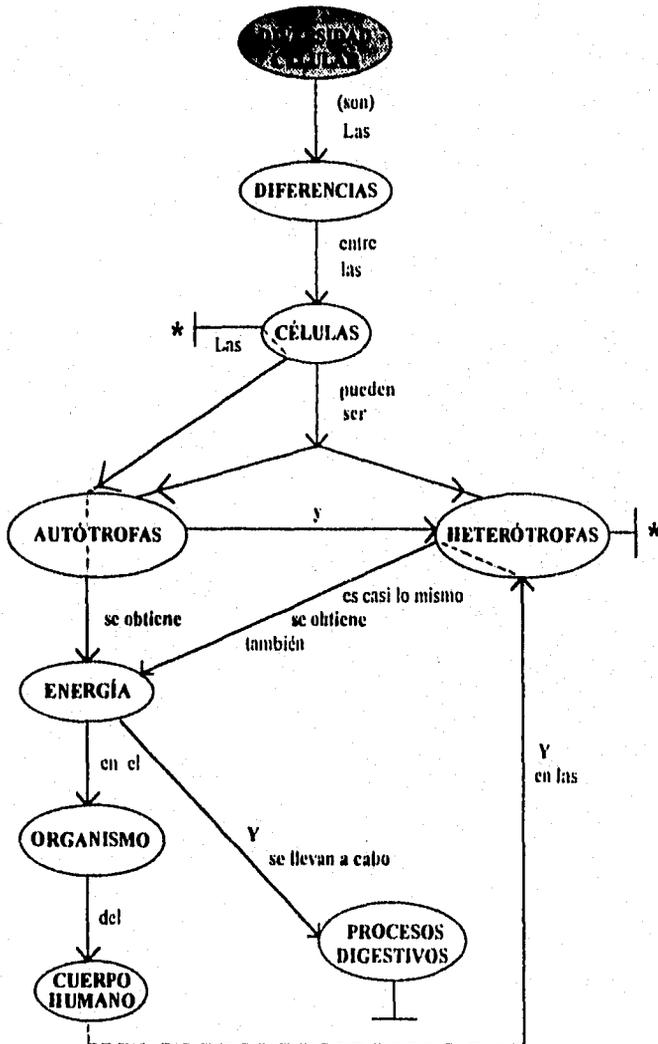


Figura 5. Mapa proposicional del estudiante menos exitoso de primer semestre



Al someter estas respuestas a análisis proposicional se observan diferencias entre el número de proposiciones y también en el número de núcleos conceptuales (ver Cuadro 4). En los casos del estudiante más exitoso y el representativo coinciden con el profesor en el concepto nuclear *célula*, pero este concepto está involucrado en la pregunta, representa el contexto y el nivel analítico que se espera por lo que su uso es obligado en la armazón de la organización conceptual alrededor del tema *Diversidad Celular*.

**Cuadro 4. Resultados del análisis proposicional con proposiciones y núcleos de tres estudiantes de primer semestre**

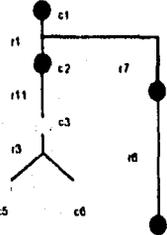
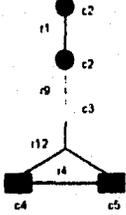
<b>Estudiante AARM1:</b>	<p><b>Proposición 1:</b> La diversidad celular. Es la variedad que existe de células, estas variedades se clasifican según las características que presentan las células formando grupos.</p> <p><b>Proposición 2:</b> La diversidad está dada porque a lo largo de la evolución, han existido grupos los cuales se han adaptado más a ciertas condiciones (presiones de selección) ya que si sólo existiera un solo grupo al aparecer estas presiones hace mucho tiempo se habría extinguido la vida, o no sería lo que conocemos actualmente.</p> <p><b>Proposición 3:</b> Los dos grandes grupos en los que se dividen las células son por lo general en autótrofos y heterótrofos.</p>	<p><b>Núcleos:</b> diversidad celular P1-P2-P3 célula P1-P4 grupos P1-P2-P3-P4 presiones de selección P2-P3  P1 y P2 son núcleo múltiple</p>
--------------------------	--	--

Continuación...

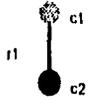
<p><b>Estudiante SRJM1</b></p>	<p><b>Proposición 1:</b> Yo entiendo por diversidad celular, la función y características específicas aplicables a determinados grupos de células, estas funciones y características están de acuerdo al nivel de organización celular desde las bacterias hasta organismos más complejos y de acuerdo a su reino. Por ejemplo a nivel funcional una célula del riñón (nefrona) será diferente de una neurona.</p> <p><b>Proposición 2:</b> Por características morfológicas y fisiológicas entre reinos tenemos las células vegetales capaces de sintetizar energía solar a través de la clorofila y transformarla en energía química que será aprovechable por las células animales incapaces de obtenerla de ésta manera en una relación mutua de supervivencia.</p>	<p><b>Núcleas:</b> funciones P1-P2 célula P1-P2 características P1-P2 reino P1-P2</p> <p>P1 y P2 constituyen un núcleo múltiple</p>
<p><b>Estudiante EMCMI</b></p>	<p><b>Proposición 1:</b> Las diferencias entre las células pueden ser autótrofas y heterótrofas Las autótrofas se obtiene energía en el organismo del cuerpo humano. Y en las heterótrofa es casi lo mismo se obtiene también energía. Y se llevan a cabo procesos digestivos.</p>	<p><b>Núcleo:</b> no presenta</p>

El análisis de correspondencia nos muestra diagramas de organización conceptual con distintos grados de correspondencia respecto al criterio (ver Cuadro 5 y Figura 2). La determinación y clasificación de cada uno de los índices del Modelo de Análisis Proposicional que caracterizan las organizaciones conceptuales obedecen a los criterios ya enunciados en la sección metodológica de este estudio.

**Cuadro 5. Diagrama de correspondencia y clasificación de las organizaciones conceptuales de tres estudiantes de primer semestre**

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante AARM1</p> 	<p>Densidad  <math>= d = 24/27 = 0.889</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual  <math>= cc = 7/18 = 0.389</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional  <math>= cr = 5/6 = 0.833</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo  <math>= n = 2/2 = 1</math></p> <p>Índice de calidad general  <math>= q = (0.389)(0.833) = 0.324</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje  <math>= Q = (0.324 + 1)/0.889 = 1.489</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 0.889 \leq 1.38</math></p> <p><math>0.25 \leq cc = 0.389 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.833 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.25 \leq q = 0.324 \leq 1</math></p> <p><math>Q = 1.489 \geq 0.543</math></p> <p>Clasificación global de la organización conceptual:  <b>Marco Referencial</b></p>
<p>Diagrama estudiante SRJM1</p> 	<p>Densidad  <math>= d = 25/25 = 1</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual  <math>= cc = 5/18 = 0.278</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional  <math>= cr = 4/4 = 1</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo  <math>= n = 1/2 = 0.5</math></p> <p>Índice de calidad general  <math>= q = (0.278)(1) = 0.278</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje  <math>= Q = (0.278 + 0.5)/1 = 0.778</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 1 \leq 1.38</math></p> <p><math>0.25 \leq cc = 0.278 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.25 \leq q = 0.278 \leq 1</math></p> <p><math>Q = 0.778 \geq 0.543</math></p> <p>Clasificación global de la organización conceptual:  <b>Marco Referencial</b></p>

Continuación...

Diagrama de correspondencia	Indices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro1)
Diagrama estudiante EMCM 	Densidad $= d = 12/9 = 1.333$ Índice de correspondencia conceptual $= cc = 2/18 = 0.111$ Índice de correspondencia relacional $= cr = 1/1 = 1$ Índice de correspondencia en el núcleo $= n = 1/2 = 0.5$ Índice de calidad general $= q = (0.111)(1) = 0.111$ Índice de calidad global del aprendizaje $= Q = (0.111 + 0.5)/1.33 = 0.460$	$0 < d = 1.333 \leq 1.38$ $0 \leq cc = 0.111 < 0.25$ $0.5 \leq cr = 1 \leq 1$ $0.5 \leq n = 0.5 \leq 1$ $0.062 \leq q = 0.111 < 0.25$ $0.156 \leq Q = 0.460 < 0.543$ Clasificación global de la organización conceptual: Marco Referencial

En el diagrama del estudiante calificado como de respuesta más exitosa se observa la presencia de cuatro conceptos idénticos a la respuesta del profesor y fuertemente relacionados entre sí (ver ejemplo del estudiante AARM1). Esa porción de la organización conceptual del estudiante muestra un conocimiento bien estructurado en lo que se refiere a explicar la diversidad celular como producto de un proceso evolutivo. Este hecho no significa que el estudiante tenga una idea clara del proceso por el cual se logra el cambio a través del tiempo, puesto que, en su discurso no incluye conceptos que indiquen dónde y cómo se lleva a cabo dicho proceso.

La evidencia de la afirmación anterior está en la ausencia de conceptos como contenido, calidad, información genética, reproducción sexual y recombinación génica, que describen el proceso de cambio a nivel celular (causas próximas). En cambio, su discurso tiene un enfoque evolutivo, es decir, más centrado en las causas últimas del proceso. En cuanto a la parte descriptiva de la definición de diversidad celular como son el aspecto morfológico y fisiológico, el estudiante tiene una vaga idea y la noción que utiliza para aludir a estos aspectos es "características".

Desde el punto de vista cuantitativo, al analizar los valores de los índices de este estudiante, vemos que la densidad de su discurso es  $d = 0.889$ . Este valor indica un discurso muy denso que hace sospechar que puede contener relaciones innecesarias desde el punto de vista lógico, pero que forman parte del estilo de redacción del propio estudiante.

Un análisis cualitativo de las relaciones utilizadas por el estudiante en su discurso nos permite ver que utiliza las relaciones necesarias para hacerlo comprensible. Por ejemplo, párrafos como: "la diversidad *está dada porque a lo largo de* la evolución..." pueden explicar el valor alto de densidad del discurso (cuatro relaciones entre dos conceptos). En dicho párrafo, el estudiante tiene  $d = 2/4 = 0.5$ ; en otras partes de su discurso tiene  $d = 2/1 = 2$  o  $d = 2/2 = 1$ , pero su discurso completo tiene el valor de  $d = 0.889$ . Si se cambiara el estilo de redacción expresado por el estudiante cuando utiliza verbos para una acción, se podría reducir el número de relaciones lógicas. Por ejemplo, si la relación *han existido* se cambiara por *hubo* y la relación *está dada* se cambiara por *se da*, se reduce en dos el número de relaciones y el índice de densidad quedaría como  $24/25 = 0.96$ . El valor de la densidad del discurso se incrementa, pero se mantiene en el rango de Marco Conceptual, es decir, como un discurso coherente.

En relación al discurso del estudiante calificado como representativo, éste tiene un valor de  $d = 1$ . Al realizar un análisis cualitativo de su discurso, similar al efectuado como ejemplo en el caso del estudiante más exitoso, al cambiar los términos de las relaciones compuestas por una relación, se obtiene un valor de densidad  $d = 25/23 = 1.09$ . Este valor lo mantiene en el rango de Marco Conceptual para el índice de coherencia del discurso.

En el caso del "estudiante menos exitoso", su discurso tiene sólo una relación doble que puede ser sustituida, lo que cambia su valor de densidad  $d = 1.33$  ubicada en el rango de Marco Conceptual a  $d = 12/8 = 1.5$ . Este valor lo ubica en el rango de Marco Referencial (es mayor que 1.38) y coincide con la calidad de su discurso que es razonablemente coherente.

El análisis cualitativo de las relaciones lógicas del texto es necesario porque se trata de discursos extendidos emitidos por los estudiantes para argumentar su respuesta y porque el texto es un contenido científico que se caracteriza por la precisión en conceptos y relaciones. Lo importante del cambio en la sintaxis del discurso de los estudiante ejemplificado anteriormente es que el texto no pierda significado al suprimir relaciones innecesarias o irrelevantes. En algunos casos, los valores de densidad pueden cambiar significativamente y afectar el valor del Índice de Calidad del aprendizaje y puede quedar incluido en un Marco distinto.

En este caso, el análisis cualitativo de las relaciones lógicas produjo cambios, pero éstos no afectaron significativamente los valores del índice Q, y por lo tanto, no afectó su inclusión en el mismo Marco anterior, quedando como sigue:

- a) "estudiante más exitoso":  $Q = 1.379$ , que lo mantiene en Marco Conceptual
- b) "estudiante representativo":  $Q = 0.714$ , que lo mantiene en Marco Conceptual
- c) "estudiante menos exitoso":  $Q = 0.407$ , que lo mantiene en Marco Referencial.

En casos extremos se produce una variación significativa de los valores del índice de calidad global (mayor valor de densidad, menor valor de Q y

viceversa). Si la densidad tiene valores extremadamente pequeños puede aumentar el valor de Q y distorsionar el índice de calidad de la organización conceptual del estudiante. También se puede observar diferencias tanto cualitativas como cuantitativas en los valores de Q de estos tres estudiantes. Así, vemos que el "más exitoso" se ubica en Marco Conceptual, lo que indicaría que para este tema específico tiene un dominio de conceptos y relaciones lógicas expresados de una manera coherente. El "estudiante representativo" también se ubica en Marco Conceptual. ¿Esto indica que su organización conceptual es de la misma calidad que la anterior? El análisis cualitativo ya efectuado muestra diferencias, pero desde el punto de vista cuantitativo, también se detectan diferencias en los valores numéricos al interior del mismo Marco (el "estudiante representativo" tiene un valor de Q que corresponde aproximadamente a la mitad del valor para el "estudiante más exitoso"). Al momento de este estudio, no hay criterios teóricos, analíticos u operativos que permitan realizar un análisis más fino y dar cuenta de esas diferencias hacia el interior de cada uno de los Marcos. Este es un tema interesante que tendría que ser estudiado posteriormente.

En cuanto al "estudiante menos exitoso", se observa que hay relación entre el valor de calidad global Q y el Marco en que se ubica, ya que la calidad de Q se clasifica en Marco Referencial y podemos observar que su organización conceptual corresponde a esa calidad.

Los valores de correspondencia presentan una gran variabilidad, ya que en el caso del "estudiante más exitoso", su correspondencia conceptual alcanza el valor de 0.389 comparado con 0.278 del representativo y 0.111 del menos exitoso. Estas diferencias cuantitativas en el índice de correspondencia conceptual se reflejan en diferencias cualitativas en sus respectivos diagramas.

En el diagrama del "estudiante más exitoso" se puede observar una organización conceptual que no sólo contiene la parte descriptiva y estática de la respuesta sino que incluye también la parte en que se describe el proceso que ha llevado a la diferenciación celular. En el "estudiante representativo" se observa una correspondencia con la porción descriptiva de la respuesta, a diferencia del "estudiante menos exitoso" donde esta porción ni siquiera llega a ser descriptiva sino que sólo expresa que "son diferentes tipos de células" refiriéndose al concepto de diversidad celular y estos conceptos están contenidos en la propia pregunta.

Aunque las organizaciones conceptuales de los tres estudiantes se clasifican como Marco Referencial, la diferencia cuantitativa también es cualitativa, ya que el diagrama del "estudiante más exitoso" incluye las dos respuestas siguientes, siendo ésta más completa que las anteriores. El que los tres se clasifiquen en Marco Referencial significa que la calidad de la porción de la organización conceptual en correspondencia con el criterio de cada uno de ellos tiene un grado de precisión, coherencia y correspondencia aceptable, aunque esta porción sea muy diferente.

También se puede observar diferencias en cuanto a la calidad en la precisión de cada uno de ellos, ya que el "estudiante más exitoso" tiene cuatro conceptos idénticos al del criterio y el "estudiante representativo" tiene sólo dos idénticos y el "menos exitoso" tiene sólo uno explícito (**diversidad celular está implícito**).

## Segundo Semestre

Los resultados obtenidos del segundo semestre se presentan a continuación<sup>11</sup> (Ver Cuadro 6).

**Cuadro 6. Respuestas y resultados del análisis semántico de tres estudiantes de segundo semestre**

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta más exitosa</b>  <b>Estudiante GGAM2:</b> Por una unidad que determina la diversidad y se reduce al tener características y funciones determinadas.</p>	<p><b>Conceptos:</b> (diversidad celular), unidad, (célula), diversidad, características, funciones. Total 6.  <b>Relaciones:</b> por, determina, y, se reduce, tener, y. Total 6.  <b>Conectores gramaticales:</b> que, al.  <b>Modificadores gramaticales:</b> un, la, determinadas. No utiliza otros componentes.</p>
<p><b>Respuesta representativa</b>  <b>Estudiante MBLF2:</b> Entiendo por diversidad celular a los diferentes tipos de células especializadas para cada función, así una célula puede contener los organelos fundamentales pero al ser especializada para cierta función difieren de otras.          Puede haber células, por ejemplo procarionte y eucariontes que tienen diferencias significativas y distinguen a organismos.          También a otro nivel habría diferencias de células, cada una especializada.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, células, función, célula, organelos, función, células, procariontes, eucariontes, diferencias, organismos, diferencias, células. Total 13.  <b>Relaciones:</b> (son), para, así, puede, contener, pero, ser, para, difieren, puede, haber, y, tienen, y, distinguen, habría. Total 16.  <b>Conectores gramaticales:</b> a, de, cada, al, de, que, a, de, cada.  <b>Modificadores gramaticales:</b> los, diferentes, tipos, especializadas, una, los, fundamentales, especializada, cierta, otras, significativas, otro, nivel, una. Utiliza otros componentes: entiendo por.</p>
<p><b>Respuesta menos exitosa</b>  <b>Estudiante CRSF2:</b> Entiendo que es variedad de células, que realizan diferentes funciones y/o trabajos en el ser vivo (En realidad no conozco aún las diferentes células).</p>	<p><b>Conceptos:</b> (diversidad celular), variedad, células, funciones, trabajos, ser vivo. Total 6.  <b>Relaciones:</b> es, realizan, y, o. Total 4.  <b>Conectores gramaticales:</b> de, en.  <b>Modificadores gramaticales:</b> la, diferentes, el. Utiliza otros componentes: entiendo que.</p>

Las respuestas de este semestre difieren tanto en tamaño como en calidad de las respuestas del semestre anterior. Estas diferencias serán analizadas más adelante. El discurso extendido se muestra en las Figuras 6, 7 y 8. Se puede

<sup>11</sup> Los estudiantes que cursan Biología General I en el segundo semestre, pertenecen a la misma generación de los estudiantes del primer semestre.

observar que las respuestas son muy breves. Esta característica es común a todos los estudiantes de la muestra y también al total de estudiantes del grupo. Este hecho peculiar puede ser una simple coincidencia o puede estar relacionado a otros factores que no son el objetivo de este trabajo. En otro momento de la investigación se tiene la intención plantear el problema teórico que posiblemente subyace a este hecho empírico.

El mapa proposicional del estudiante más exitoso presenta casi toda la porción descriptiva de la organización del criterio (le falta el concepto biosfera) y los conceptos y relaciones del texto son pertinentes. En cambio, el mapa conceptual del estudiante representativo muestra una mayor masa conceptual, pero no pertinentes y la porción descriptiva está más incompleta. En mapa proposicional del estudiante menos exitoso observamos nuevamente una situación similar al estudiante más exitoso: pequeña masa conceptual. La diferencia entre ambas organizaciones conceptuales las encontramos en la ausencia del concepto **morfológico** y en relaciones menos precisas, incluyendo una que no tiene el criterio.

Esto significa que las diferencias entre las organizaciones conceptuales no sólo se observan en los valores de los índices sino también en la calidad de los conceptos y relaciones que las conforman. En cuanto a la configuración de estos mapas, el primero se caracteriza por tener una estructura lineal, sin ser clasificatoria, a diferencia de la tercera, que tiene una estructura lineal con una pequeña subestructura clasificatoria. El mapa del estudiante representativo tiene sólo una pequeña subestructura clasificatoria, con características arborescentes en torno al núcleo célula.

Figura 6. Mapa proposicional del estudiante más exitoso de segundo semestre

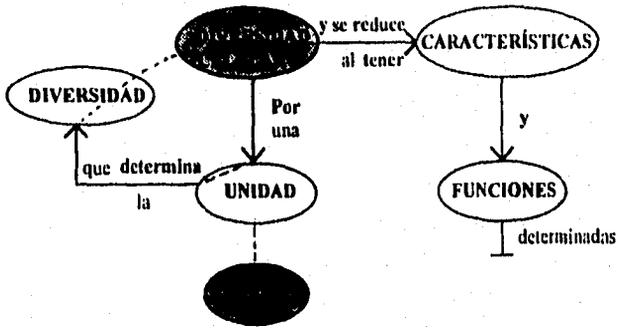


Figura 7. Mapa proposicional del estudiante representativo de segundo semestre

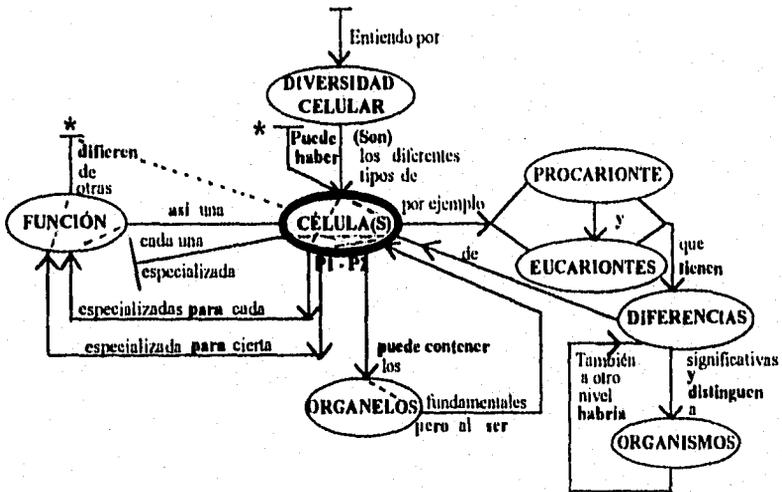
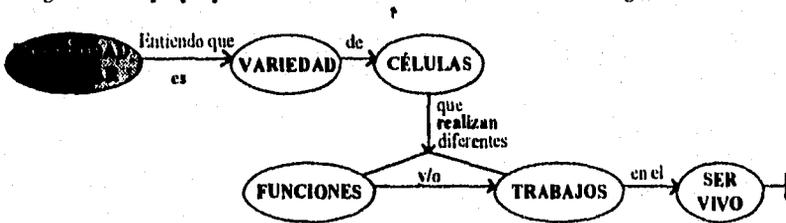


Figura 8. Mapa proposicional del estudiante menos exitoso de segundo semestre



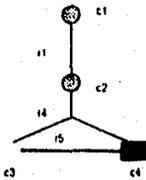
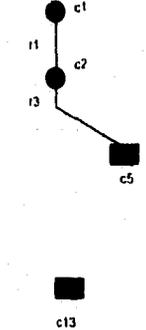
Al someter estas respuestas a análisis proposicional se observa que sólo el estudiante representativo tiene dos proposiciones y por lo tanto núcleo conceptual (ver Cuadro 7). En los casos del estudiante más exitoso, el concepto célula que es básico y forma parte del núcleo del profesor, está implícito en su discurso.

**Cuadro 7. Resultados del análisis proposicional con proposiciones y núcleos de tres estudiantes de segundo semestre**

Estudiante <b>GGAM2:</b>	<b>Proposición 1:</b> Por un unidad que determina la diversidad y se reduce al tener características y funciones determinadas.	Núcleo: no presenta
Estudiante <b>MBLF2</b>	<b>Proposición 1:</b> Entiendo por diversidad celular a los diferentes tipos de células especializadas para cada función, así una célula puede contener los organelos fundamentales pero al ser especializada para cierta función difieren de otras. <b>Proposición 2:</b> Puede haber células, por ejemplo procarionte y eucariontes que tienen diferencias significativas y distinguen a organismos. También a otro nivel habría diferencias de células, cada una especializada.	Núcleo: célula P1-P2
Estudiante <b>CRSF2</b>	<b>Proposición 1:</b> Entiendo que es variedad de células, que realizan diferentes funciones y/o trabajos en el ser vivo.	Núcleo: no presenta

El análisis de correspondencia nos muestra diagramas de organización conceptual muy semejantes entre sí (ver Cuadro 8). En el diagrama del estudiante calificado como más exitoso podemos observar la presencia de cuatro conceptos con tres calidades diferentes: idénticos a la respuesta del profesor, (aunque implícitos), equivalentes y alusivos fuertemente relacionados. En esta porción de la organización conceptual, el estudiante muestra un conocimiento bien estructurado, con relaciones idénticas y equivalentes en lo que se considera la parte estática de la explicación de la diversidad celular.

**Cuadro 8. Diagrama de correspondencia y clasificación de las organizaciones conceptuales de tres estudiantes de segundo semestre**

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante GGAM2</p> 	<p><b>Densidad</b>  <math>= d = 6/6 = 1</math></p> <p><b>Índice de correspondencia conceptual</b>  <math>= cc = 4/18 = 0.222</math></p> <p><b>Índice de correspondencia relacional</b>  <math>= cr = 3/3 = 1</math></p> <p><b>Índice de correspondencia en el núcleo</b>  <math>= n = 1/2 = 0.5</math></p> <p><b>Índice de calidad general</b>  <math>= q = (0.222)(1) = 0.222</math></p> <p><b>Índice de calidad global del aprendizaje</b>  <math>= Q = (0.222 + 0.5)/1 = 0.722</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 1 \leq 1.38</math></p> <p><math>0 \leq cc = 0.222 \leq 0.25</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.062 \leq q = 0.222 &lt; 0.5</math></p> <p><math>Q = 0.722 \leq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización: Marco Referencial</b></p>
<p>Diagrama estudiante MBLF2</p> 	<p><b>Densidad</b>  <math>= d = 13/16 = 0.812</math></p> <p><b>Índice de correspondencia conceptual</b>  <math>= cc = 4/18 = 0.222</math></p> <p><b>Índice de correspondencia relacional</b>  <math>= cr = 2/3 = 0.667</math></p> <p><b>Índice de correspondencia en el núcleo</b>  <math>= n = 1/2 = 0.5</math></p> <p><b>Índice de calidad general</b>  <math>= q = (0.222)(0.667) = 0.148</math></p> <p><b>Índice de calidad global del aprendizaje</b>  <math>= Q = (0.148 + 0.5)/0.8125 = 0.798</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 0.812 \leq 1.38</math></p> <p><math>0 \leq cc = 0.222 \leq 0.25</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.667 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.062 \leq q = 0.148 &lt; 0.25</math></p> <p><math>Q = 0.798 \leq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización: Marco Referencial</b></p>

Continuación...

Diagrama de correspondencia	Indices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante CRSP2</p>	<p>Densidad = <math>d = 6/4 = 1.5</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual = <math>cc = 4/18 = 0.222</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional = <math>cr = 2/4 = 0.5</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo = <math>n = 1/2 = 0.5</math></p> <p>Índice de calidad general = <math>q = (0.222)(0.5) = 0.111</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje = <math>Q = (0.111 + 0.5)/1.5 = 0.407</math></p>	<p><math>1.38 &lt; d = 1.5 \leq 2</math></p> <p><math>0 \leq cc = 0.222 \leq 0.25</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.062 \leq q = 0.111 &lt; 0.25</math></p> <p><math>Q = 0.407 \leq 0.543</math></p> <p>Clasificación global de la organización: Marco Referencial</p>

Respecto a los aspectos que deben ser considerados para describir la diversidad celular como son el aspecto morfológico y fisiológico, el estudiante más exitoso tiene una idea incompleta de estos conceptos.

Desde el punto de vista cuantitativo, un análisis de los índices del Modelo de Análisis Proposicional (MAP) que presenta este estudiante, vemos que muestra una densidad lógico-conceptual con un valor numérico inferior a uno ( $d = 0.833$ ), que representa un discurso extremadamente denso (fuera del rango proposicional) y que hace sospechar que este valor puede deberse a la utilización de relaciones innecesarias en su propio estilo de redacción más que a una densidad real en su texto. Sin embargo, el análisis de las relaciones utilizadas en su discurso (Cuadro 6) nos muestra que el estudiante utiliza las relaciones necesarias para hacerlo comprensible y permanece inalterado. Este valor de densidad se explica porque utiliza conceptos implícitos.

En relación a los otros dos estudiantes podemos ver que sus diagramas de correspondencia están incompletos en relación con la parte descriptiva de la respuesta y se observa que la parte procesual está totalmente ausente. El estudiante representativo menciona el concepto eucarionte, equivalente a célula eucarionte pero lo incluye (sólo como un ejemplo) y la relación que utiliza no existe en el criterio.

El estudiante menos exitoso muestra tres tipos distintos de calificación de los conceptos: idéntico, equivalente y alusivo; sus relaciones son idénticas, equivalentes e inexistentes en el criterio. Se observan que el concepto alusivo también se conecta con una relación alusiva con un concepto idéntico y utiliza relaciones alusivas para conectarse a un concepto equivalente. Estas características que muestra la organización conceptual del estudiante en

correspondencia con el criterio indican el nivel de imprecisión de su discurso y evidencia la debilidad de la estructura lógica. Esta idea se refuerza y confirma con una declaración que el estudiante agrega al final de la respuesta: "en realidad no conozco aún las diferentes células". En los tres casos, los estudiantes no incluyen conceptos que expliquen el proceso.

Respecto a los valores de densidad, el estudiante calificado como representativo presenta un valor aun más bajo:  $d = 0.812$  que, por un análisis similar al efectuado como ejemplo en el caso del estudiante más exitoso del primer semestre, al cambiar los términos de las relaciones compuestas por una sola, tendrá un valor de densidad  $d = 13/14 = 0.928$ , y aunque se incrementa el valor numérico, lo mantiene en el rango de Marco Conceptual.

En el caso del estudiante menos exitoso de la muestra del segundo semestre, al hacer un análisis de la calidad de las relaciones lógicas presentes en su discurso, éste no presenta cambios en el valor de densidad  $d = 6/4 = 1.5$ . Este valor lo ubica en el rango de Marco Referencial, puesto que es mayor que 1.38 y coincide con la calidad de su discurso, esto es, razonablemente coherente. Los valores de correspondencia conceptual en los tres estudiantes son iguales:  $cc = 0.222$  y se ubican en el rango de Marco Nocional. La similitud entre las tres organizaciones conceptuales se puede observar claramente en el diagrama correspondiente de cada uno y las diferencias en calidad se dan por las diferencias en sus índices de correspondencia relacional y de densidad en sus discursos.

El cambio en los valores de densidad afecta el valor del Índice de Calidad Global y quedaría como sigue:

- a) estudiante más exitoso:  $Q = 0.867$ , el cual se mantiene sin cambio en el rango de Marco Conceptual
- b) estudiante representativo:  $Q = 0.699$ , que lo mantiene en el rango de Marco Conceptual
- c) estudiante menos exitoso:  $Q = 0.412$ , que lo mantiene en el rango de Marco Referencial.

En los valores de  $Q$ , los dos primeros se clasifican en el rango de Marco Conceptual, lo cual significa que la pequeña subestructura que asimilaron es de buena calidad. En el caso del estudiante menos exitoso, se encuentra en el rango de Marco Referencial, lo que indica una subestructura razonablemente precisa y con una gran potencialidad para ser transformada en cursos sucesivos, por las características dinámicas que tienen las organizaciones conceptuales (Campos y Gaspar, 1995). Un análisis de los valores con los que se clasifican los dos primeros estudiantes en Marco Conceptual muestra que son valores cercanos y que corresponden a la calidad de la organización conceptual, a diferencia de lo observado en el primer semestre. En cuanto al estudiante menos exitoso hay coincidencia respecto al del primer semestre: tienen valores cercanos, pero las organizaciones conceptuales son muy diferentes, siendo mucho más rica la del estudiante de segundo semestre.

### Tercer semestre

La muestra de estudiantes de tercer semestre se tomó al finalizar el curso de Biología Celular que es el tema objeto de esta investigación. Las clases las impartió el mismo profesor que proporcionó la respuesta considerada como criterio. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

Las respuestas de los tres estudiantes del tercer semestre, de acuerdo a los criterios anteriormente expuestos, y el análisis semántico señalando los conceptos, relaciones lógicas, conectores y modificadores gramaticales y otros elementos, se presentan en el Cuadro 9.

**Cuadro 9. Respuestas y resultados del análisis semántico de tres estudiantes de tercer semestre**

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta más exitosa</b>  <b>Estudiante RTCF3:</b> La diversificación celular, es desde la diferencia de individuos procariontes y eucariontes, donde los procariontes son constituidas por diferentes tipos celulares, por lo cual se les llama multicelulares, la diversidad celular no es sólo en cuanto a la forma, sino también a la función y constitución de los mismos, donde el ser humano por ejemplo está constituido por células epiteliales y éstas están constituidas estructural y químicamente según en el órgano y función realizan.            La diversificación celular ha permitido la evolución de tanto a nivel individuo como a nivel población y se ha dado a través del tiempo origen a las especies que habitan actualmente el planeta.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversificación celular, diferencia, individuos, procariontes, eucariontes, procariontes, tipos celulares, multicelulares, diversidad celular, forma, función, constitución, ser humano, células epiteliales, estructural, químicamente, órgano, función, diversificación celular, evolución, individuo, población, tiempo, especies, planeta. Total 25.  <b>Relaciones:</b> es, y, son constituidos por, por lo cual, se les llama, no, es, en cuanto a, sino, y, está constituido por, y, están constituidas, y, según, y, realiza, ha permitido, tanto a, como a, y, se ha dado, a través, origen, habitan. Total 25.  <b>Conectores gramaticales:</b> desde, de, donde, solo, a, de, donde, en, de, del, de, que,  <b>Modificadores gramaticales:</b> la, la, los, diferentes, la, la, la, los, mismos, el, estas, el, la, la, nivel, nivel, las, actualmente, el. Utiliza otros componentes: por ejemplo.</p>

Continuación...

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta representativa</b>  <b>Estudiante AGVF3:</b> La diversidad celular tiene que ver con características que unifican a las células entre ellas mismas pero las diferencian de las demás. Existen diferencias entre ellas porque dentro de las mismas hay funciones especiales, y las células realizan diversas funciones dependiendo el sitio en que se encuentren. Un ejemplo sería en las células vegetales que llevan a cabo funciones especiales como captar luz solar y por ello necesitan ciertos orgánulos especiales.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, características, células, diferencias, (células), funciones, células, funciones, células vegetales, funciones, luz solar, orgánulos. Total 12.  <b>Relaciones:</b> tiene que ver, unifican, diferencian, existen, porque, hay, y, realizan, dependiendo, se encuentran, llevan a cabo, captar, y, por ello, necesitan. Total 15.  <b>Conectores gramaticales:</b> con, que, a, entre, pero, de, entre, dentro, de, el, en, que, en, que, como. <b>Modificadores gramaticales:</b> las, ellas, mismas, las, demás, ellas, las, mismas, especiales, las, diversas, sitio, las, especiales, especiales. Utiliza otros componentes: por ejemplo.</p>
<p><b>Respuesta menos exitosa</b>  <b>Estudiante CREF3:</b> (diversidad celular) Hay diferentes formas de células de acuerdo al organismo de que se trate. Las diferencias se dan en células eucariontes y procariontes principalmente son: Las procariontes tiene material genético disperso en su citoplasma, carecen de núcleo mientras que las células eucariontes tiene una doble membrana en el citoplasma ya hay diferentes orgánulos que se dividen la función de la célula, es decir, hay una compartimentalización, unos orgánulos se dedican a la síntesis de proteínas, al transporte de moléculas.</p>	<p><b>Conceptos:</b> (diversidad celular), formas, células, organismo, diferencias, células, eucariontes, procariontes, procariontes, material genético, citoplasma, núcleo, células eucariontes, membrana, citoplasma, orgánulos, célula, compartimentalización, orgánulos, síntesis, proteínas, transporte, moléculas. Total 23.  <b>Relaciones:</b> hay, de acuerdo al, se dan, y, son, tienen, su, carecen, mientras que, tiene, hay, se dividen, es decir, hay, se dedican a. Total 15.  <b>Conectores gramaticales:</b> de, en, en, de, en, que, de, al, de, de. <b>Modificadores gramaticales:</b> diferentes, las, principalmente, las, disperso, las, una doble, el, diferentes, la, la, una, unos, la. No utiliza otros componentes.</p>

En este semestre observamos discursos extensos, incluso en la que se considera la respuesta "menos exitosa". La representación de la organización conceptual se muestra a continuación en los mapas proposicionales correspondientes (ver Figuras 9, 10 y 11).

Figura 9. Mapa proposicional del estudiante más exitoso de tercer semestre

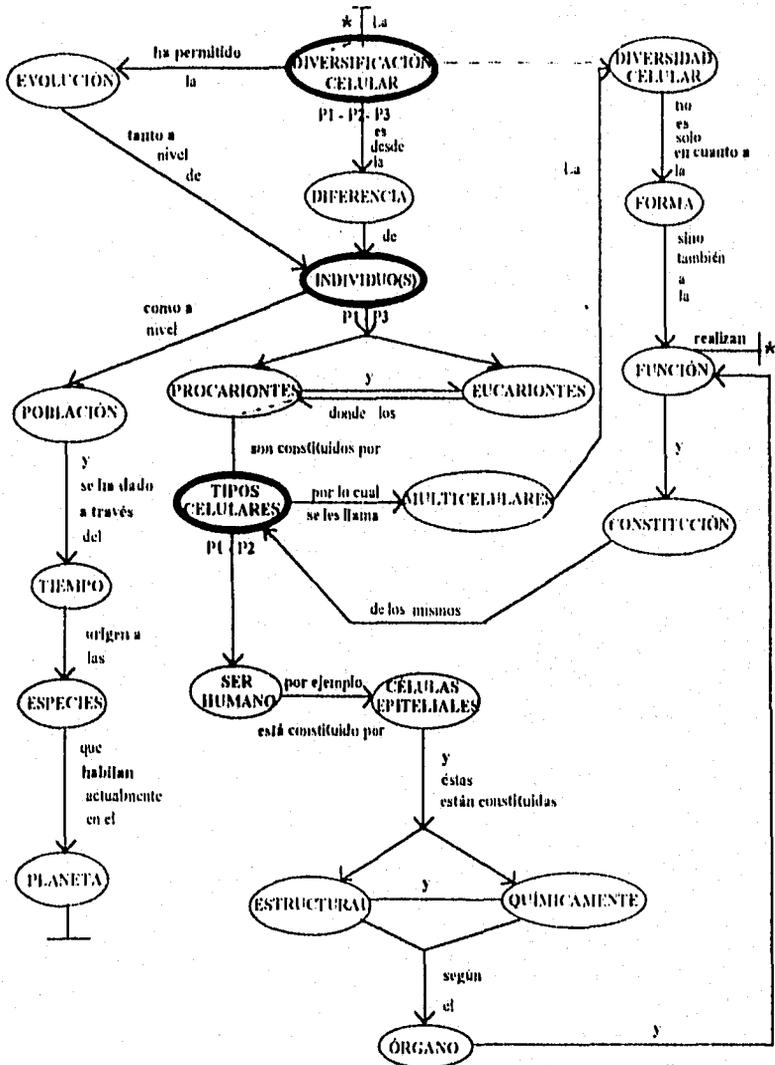


Figura 10. Mapa proposicional del estudiante representativo de tercer semestre

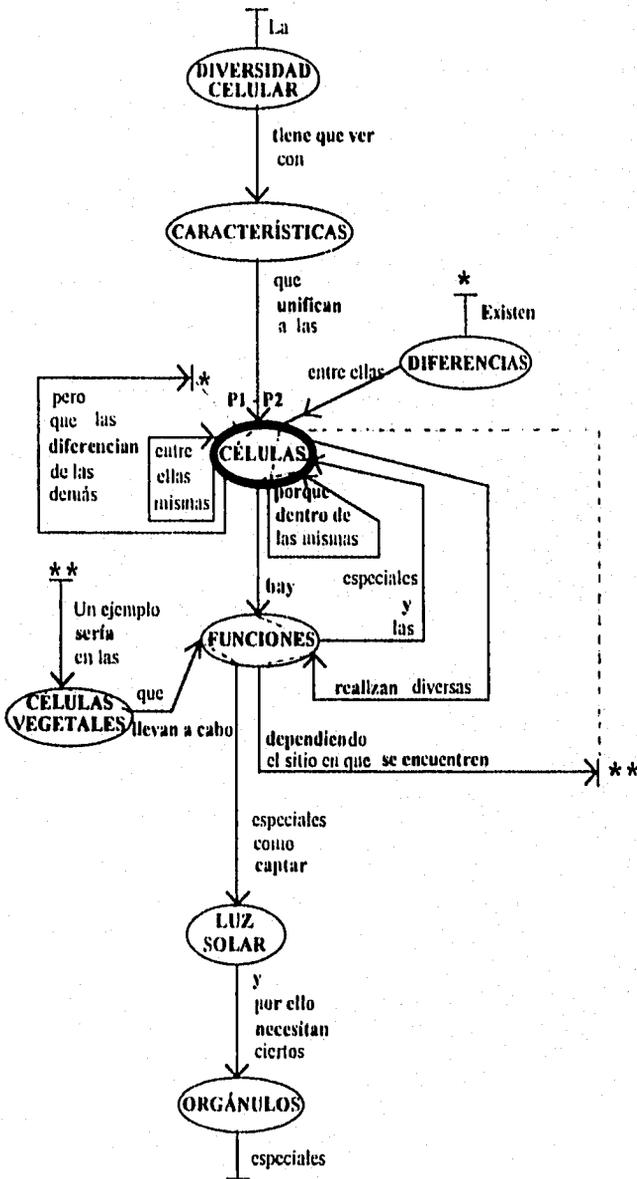
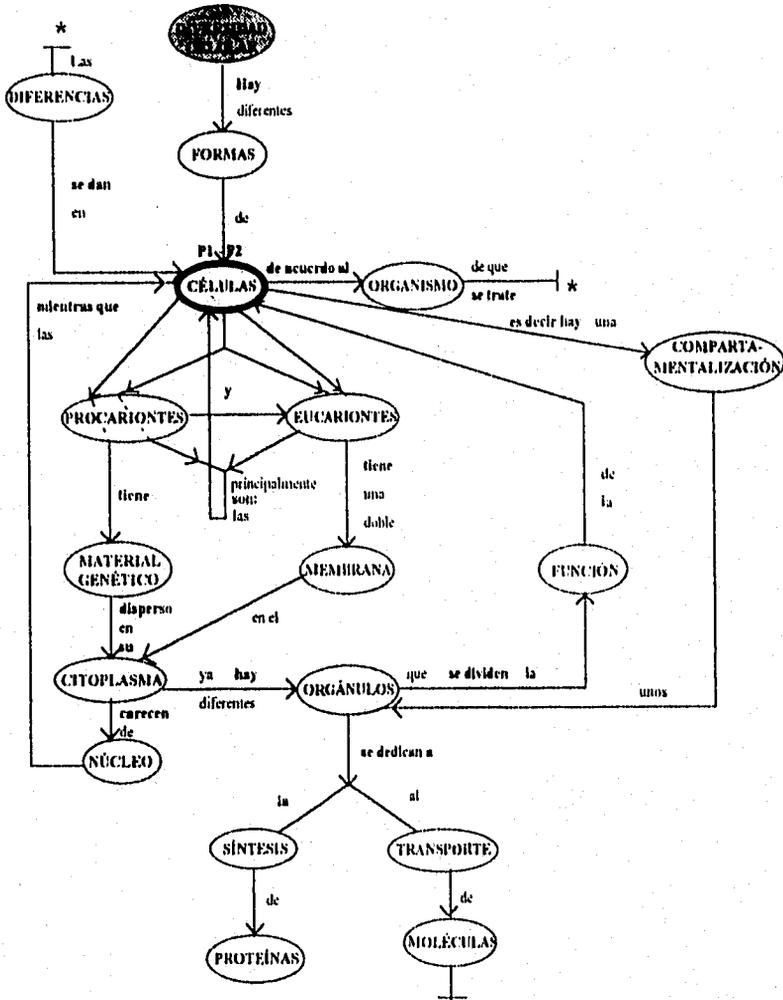


Figura 11. Mapa proposicional del estudiante menos exitoso del tercer semestre



En los mapas proposicionales se ven diferencias tanto entre el número de proposiciones como en los núcleos que conforman y en su forma. El mapa del estudiante más exitoso se ve muy estructurado en torno a tres conceptos: **tipos celulares, individuos y diversificación celular** y tiene algunas subestructuras pequeñas clasificatorias. A pesar de estar conformada por tres núcleos, no presenta forma arborescente. El mapa del estudiante representativo se organiza en torno al concepto **célula**, muy rico en relaciones lógicas y su forma es más lineal que la anterior. El mapa del estudiante menos exitoso también se organiza alrededor del mismo concepto **célula**, pero a diferencia del anterior, tiene subestructuras clasificatorias al interior de las dos proposiciones que la conforman.

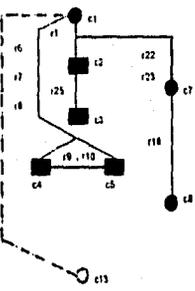
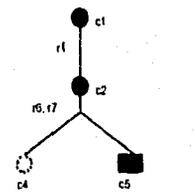
El análisis de las proposiciones de las respuestas de los tres estudiantes muestran diferencias entre el número de proposiciones y entre los núcleos conceptuales (ver Cuadro 10). En el caso del estudiante más exitoso su núcleo es el concepto **tipos celulares**, un concepto equivalente al de **célula** y coinciden con el profesor en uno de los conceptos nucleares, que constituyen lo básico o fundamental de este contenido temático.

**Cuadro 10. Resultados del análisis proposicional con proposiciones y núcleos de tres estudiantes de tercer semestre**

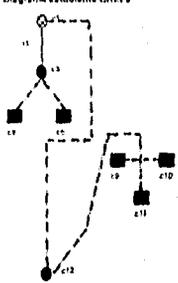
<p><b>Estudiante</b> <b>RTCF3</b></p>	<p><b>Proposición 1:</b> La diversificación celular, es desde la diferencia de individuos procariontes y eucariontes, donde los procariontes son constituidos por diferentes tipos celulares, por lo cual se les llama multicelulares, <b>Proposición 2:</b> La diversidad celular no es sólo en cuanto a la forma, sino también a la función y constitución de las mismas, donde el ser humano por ejemplo está constituido por células epiteliales y éstas están constituidas estructural y químicamente según en el órgano y función realizan. <b>Proposición 3:</b> La diversificación celular ha permitido la evolución de tanto a nivel individuo como a nivel población y se ha dado a través del tiempo origen a las especies que habitan actualmente el planeta.</p>	<p><b>Núcleos:</b> tipos celulares P1-P2 individuos P1-P3 diversificación celular P1-P2-P3</p>
<p><b>Estudiante</b> <b>AGVF3</b></p>	<p><b>Proposición 1:</b> La diversidad celular tiene que ver con características que unifican a las células entre ellas mismas pero las diferencian de las demás. <b>Proposición 2:</b> Existen diferencias entre ellas porque dentro de las mismas hay funciones especiales, y las células realizan diversas funciones dependiendo el sitio en que se encuentren. Un ejemplo sería en las células vegetales que llevan a cabo funciones especiales como captar luz solar y por ello necesitan ciertos orgánulos especiales.</p>	<p><b>Núcleo:</b> célula P1-P2</p>
<p><b>Estudiante</b> <b>CREF3</b></p>	<p><b>Proposición 1:</b> (diversidad celular) Hay diferentes formas de células de acuerdo al organismo de que se trate. <b>Proposición 2:</b> Las diferencias se dan en células eucariontes y procariontes principalmente son: Las procariontes tiene material genético disperso en su citoplasma, carecen de núcleo mientras que las células eucariontes tiene una doble membrana en el citoplasma ya hay diferentes orgánulos que se dividen la función de la célula, es decir, hay una compartimentalización, unos orgánulos se dedican a la síntesis de proteínas, al transporte de moléculas.</p>	<p><b>Núcleo:</b> célula P1-P2</p>

El análisis de correspondencia nos muestra diagramas muy diferentes entre sí (ver Cuadro 11).

**Cuadro 11. Diagrama de correspondencia y clasificación de las organizaciones conceptuales de tres estudiantes de tercer semestre**

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante RTCF3</p> 	<p>Densidad  <math>= d = 25/25 = 1</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual  <math>= cc = 8/18 = 0.444</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional  <math>= cr = 6/7 = 0.857</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo  <math>= n = 2/2 = 1</math></p> <p>Índice de calidad general  <math>= q = (0.444)(0.857) = 0.381</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje  <math>= Q = (0.381 + 1)/1 = 1.831</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 1 \leq 1.38</math></p> <p><math>0.25 \leq cc = 0.444 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.857 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.25 \leq q = 0.381 \leq 1</math></p> <p><math>Q = 1.831 \leq 0.543</math></p> <p>Clasificación global de la organización conceptual:  <b>Marco Referencial</b></p>
<p>Diagrama estudiante AGVF3</p> 	<p>Densidad  <math>= d = 12/15 = 0.8</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual  <math>= cc = 4/18 = 0.222</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional  <math>= cr = 2/3 = 0.667</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo  <math>= n = 1/2 = 0.5</math></p> <p>Índice de calidad general  <math>= q = (0.222)(0.667) = 0.148</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje  <math>= Q = (0.148 + 0.5)/0.8 = 0.81</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 0.8 \leq 1.38</math></p> <p><math>0 \leq cc = 0.222 \leq 0.25</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.667 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.25 \leq q = 0.148 \leq 1</math></p> <p><math>Q = 0.81 \leq 0.543</math></p> <p>Clasificación global de la organización conceptual:  <b>Marco Referencial</b></p>

Continuación...

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante GREF3</p> 	<p><b>Densidad</b>  <math>= d = 23/15 = 1.533</math></p> <p><b>Índice de correspondencia conceptual</b>  <math>= ce = 8/18 = 0.444</math></p> <p><b>Índice de correspondencia relacional</b>  <math>= cr = 2/6 = 0.333</math></p> <p><b>Índice de correspondencia con el núcleo</b>  <math>= n = 1/2 = 0.5</math></p> <p><b>Índice de calidad general</b>  <math>= q = (0.444)(0.333) = 0.148</math></p> <p><b>Índice de calidad global del aprendizaje</b>  <math>= Q = (0.148 + 0.5)/1.533 = 0.423</math></p>	<p><math>1.38 &lt; n = 1.533 \leq 2</math></p> <p><math>0.25 \leq ce = 0.444 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.25 \leq cr = 0.333 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.062 \leq q = 0.148 \leq 0.25</math></p> <p><math>Q = 0.81 \leq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización conceptual:</b>  <b>Marco Referencial</b></p>

En el diagrama del estudiante calificado como más exitoso observamos la presencia de tres conceptos idénticos a la respuesta del profesor fuertemente relacionados, cuatro conceptos equivalentes y uno alusivo. La proporción de conceptos en correspondencia lo ubica en el rango de Marco Referencial. Esta es una diferencia respecto al estudiante más exitoso del semestre anterior, donde el estudiante se ubicó en el rango de Marco Nacional en la correspondencia conceptual. En esta porción de la organización conceptual el estudiante muestra conocimiento bien estructurado en lo que se refiere a describir la diversidad celular y como producto de un proceso evolutivo, aunque también a nivel descriptivo. El estudiante no tiene una idea clara del proceso mediante el cual se logra el cambio a través del tiempo.

Desde el punto de vista cuantitativo, un análisis de los índices del MAP que presenta este estudiante, vemos que la densidad de su discurso es igual a 1, valor que representa un discurso denso. Un análisis de las relaciones utilizadas en su discurso nos muestra que el estudiante utiliza varias relaciones para ser equivalente a una del profesor: por ejemplo, "no es en cuanto a", es una forma indirecta de decir "considerados", por lo que si se reemplazara esas tres relaciones (*no, es, en cuanto a*) y se sustituyeran por una sola (*considerados*) su densidad sería  $25/23 = 1.09$ , lo cual disminuye un poco la densidad. Pero estos cambios no afectan, en este caso, su ubicación tanto en coherencia del discurso como el

índice de calidad y, por lo tanto, califica globalmente en Marco Referencial, dado que aun es insuficiente el número de conceptos. En cuanto a las relaciones tiene un índice de correspondencia que lo ubica en el rango de Marco Conceptual, al igual que el índice de calidad Q, por lo que, su organización conceptual corresponden a una porción de conocimiento sólidamente estructurado.

En relación a los otros dos estudiantes podemos ver que respecto a los valores de densidad, el estudiante calificado como representativo presenta un valor de  $d = 0.857$ , que refleja un discurso extraordinariamente denso. Siguiendo el criterio del MAP "de la densidad fuera del rango proposicional", al realizar un análisis cualitativo de su respuesta encontramos que su alta densidad se debe a que su discurso contiene el concepto **célula** implícito en su discurso pero su estilo de redacción lo hace comprensible. Por ello, sólo se le consideró un concepto implícito en el cálculo de la densidad y mantiene su calificación global de Marco Referencial. Esta clasificación es producto de aplicar el criterio "de la heterogeneidad de rangos en alguna correspondencia o densidad" y observamos que la correspondencia conceptual es baja ( $cc = 0.222$ ) y se ubica en el rango de Marco Nociional. Esta correspondencia conceptual sólo representa alrededor de la cuarta parte del total de conceptos del criterio; tiene con una fuerte correspondencia con el criterio en las relaciones, lo que indica que es una organización muy estructurada, pero insuficiente y la correspondencia en el núcleo indica que tiene la mitad del núcleo conceptual del profesor (rango de Marco Conceptual). De acuerdo con las consideraciones anteriores y aplicando los criterios anteriormente mencionados, la organización conceptual se clasifica globalmente en Marco Referencial.

En el caso del estudiante menos exitoso de la muestra, su respuesta es un caso clasificatorio típico en el que el estudiante describe las diferencias entre procariontes y eucariontes en forma esquemática. Aunque su discurso contiene elementos sintácticos, la forma discursiva clasificatoria conlleva la omisión de relaciones entre conceptos, por lo que, a diferencia del caso anterior en que los implícitos fueron los conceptos, en este caso son las relaciones. Esto le da una densidad muy baja:  $d = 23/15 = 1.533$ , lo cual lo ubica en el rango de Marco Referencial. Dado que este caso presenta un índice de correspondencia conceptual alto:  $cc = 8/18 = 0.444$ , pero tiene sólo dos relaciones en correspondencia con el criterio: una equivalente y otra implícita, su índice de correspondencia relacional es bajo ( $cr = 0.333$ ). Sin embargo, su índice de correspondencia en el núcleo es  $n = 0.5$  que se clasifica en el rango de Marco Conceptual. Siguiendo los criterios de clasificación del MAP, la clasificación global es Marco Referencial. La inclusión de relaciones implícitas podría cambiar el valor de calidad del aprendizaje: Q y se clasificaría en el rango de Marco Referencial para Q; esto significa que el estudiante tiene una organización

conceptual razonablemente coherente, pero con un patrón de razonamiento muy débil.

Al observar el diagrama correspondiente a cada uno, se aprecia las diferencias en calidad de cada uno de ellos. el primero y el tercer caso se encuentran ambos en Marco Referencial, pero en el primer caso está mucho más cerca de alcanzar el Marco Conceptual cuando haya incorporado un concepto más a su organización conceptual conectado con relaciones en alguno de los grados de idéntica, equivalente o alusiva, pero tiene un gran potencial para aprender materias subsecuentes vinculadas a estos conceptos.

En el caso del estudiante representativo, éste tiene una organización conceptual con un bajo índice de correspondencia conceptual, por lo que se encuentra a nivel descriptivo y su organización conceptual no muestra el por qué la diversidad ni cómo ocurre. Aplicando los criterios del MAP, esta organización conceptual se clasifica como Marco Referencial, pero cualitativamente es de calidad inferior la anterior, aunque la fuerza que muestra en sus relaciones, justifica su inclusión a nivel referencial.

El caso del estudiante menos exitoso es interesante porque tiene una gran similitud con el caso más exitoso, pero se evidencia en el diagrama la causa de la diferencia, puesto que muestra un patrón de razonamiento poco preciso y muy débil, ya que sólo tiene dos relaciones en correspondencia con el profesor y las otras son relaciones que el estudiante ha construido, pero que no tienen el nivel de precisión aceptable como científica. Es una estructura con potencia para asimilar conceptos y relaciones en futuras situaciones de aprendizaje en temas relacionados.

#### Cuarto semestre

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de las respuestas de tres estudiantes del cuarto semestre. Estos estudiantes estaban cursando la materia de Anatomía Animal Comparada; ya habían cursado y aprobado la materia de Biología Celular.

En este semestre podemos observar discursos muy extensos y presentan el mayor tamaño promedio de todos los grupos muestreados (promedio: 101.4 unidades semánticas). De estas unidades semánticas, una gran proporción corresponden a conceptos y relaciones, como se puede observar en el análisis semántico, especialmente en los casos más exitosos y representativo. En contraste, el caso menos exitoso muestra un discurso de menor tamaño y pocas unidades semánticas en relación a los casos anteriores. En este semestre se observan los casos más contrastantes, ya que el caso menos exitoso de toda la muestra de 47 estudiantes corresponde a este semestre (ver Cuadro 12).

**Cuadro 12. Respuestas y resultados del análisis semántico de tres estudiantes de cuarto semestre**

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta más exitosa</b>  <b>Estudiante BAMB4:</b> La diversidad celular se refiere a que hay diferentes tipos de células dependiendo de su origen, función, grupo de organismos al que pertenezca.  A su origen puede ser procariontes y eucariontes y se diferencian ya que las procariontes carecen de una membrana nuclear definida, si es una célula vegetal o animal, la vegetal aparte de presentar la membrana celular presentan una pared más rígida y la célula animal no la presenta.  Por otro lado las células son tan diversas como funciones cumplen y tejidos a los que pertenecen, las células tienen formas y funciones diferentes dependiendo al tejido que pertenezcan y como se ha mencionado de acuerdo a la función que cumplen van a tener una forma específica para su función.  Ejemplo células nerviosas (neurona) tiene formas estrelladas con su axón y sus dendritas para poder recibir y mandar el impulso nervioso y las células musculares pueden ser liso, estriadas y cardíacas y cada una de éstas tiene una forma diferente.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, células, origen, función, organismos, origen, procarionte, eucariontes, procariontes, membrana nuclear, célula vegetal, animal, vegetal, membrana celular, pared, célula animal, funciones, tejidos, células, formas, funciones, tejido, función, forma, función, células nerviosas, neurona, formas, axón, dendritas, impulso nervioso, células musculares, liso, estriadas, cardíacas, forma. Total 36</p> <p><b>Relaciones:</b> se refiere a, hay, dependiendo de, pertenezca, su, pueden, ser, y, y, se diferencian, ya que, carecen, si, es, o, aparte de, presentar, presentan, y, no, presenta, por otro lado, son, cumplen, y, pertenecen, tiene, y, dependiendo, pertenezcan, y, de acuerdo a, que cumplen, van a tener, para, tiene, y, poder, recibir, y, mandar, pueden, ser, y, tienen Total 46.</p> <p><b>Conectores gramaticales:</b> que, al, que, de, de, de, tan, como, a, que, al, a, que, con, de.</p> <p><b>Modificadores gramaticales:</b> la, diferentes, tipos, su, grupo, las, una, definida, una, la, una, más, rígida, la, fa, las, diversas, los, las, diferentes, la, una, específica, su, las, estrelladas, su, sus, el, las, cada una, estas, una, diferente. Utiliza otros componentes como se ha mencionado.</p>

Continuación...

Respuestas	Análisis semántico																		
<p><b>Respuesta representativa</b>  <b>Estudiante FCVM4:</b> Diversidad celular como yo lo entiendo se refiere a la morfología tan variada de las células desde tres puntos</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relación Eucariote - Procarionte</li> <li>2. Vegetal - Animal</li> <li>3. Tipos de células: nerviosa, epidérmicas, hepáticas, hemáticas, etc.</li> </ol> <p>Las diferencias entre las células existen principalmente debido a: a a funcionalidad que les va a dar una forma determinada.</p> <p>Las diferencias pueden ser muchas entre las células, pero contestando al punto no. 1 de mis razones, puedo decir que las diferencias entre Eucariontes y Procariontes son las siguientes</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Procariontes</td> <td>Eucariontes</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Núcleo</td> </tr> <tr> <td>No presentan</td> <td>Si presentan</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Extremidades celulares</td> </tr> <tr> <td>Flagelo</td> <td>Undulipodios</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Material genético</td> </tr> <tr> <td>disperso</td> <td>encerrado y ordenado</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tamaño</td> </tr> <tr> <td>muy pequeñas</td> <td>grandes en relación a las Procariontes</td> </tr> </table>	Procariontes	Eucariontes		Núcleo	No presentan	Si presentan		Extremidades celulares	Flagelo	Undulipodios		Material genético	disperso	encerrado y ordenado		Tamaño	muy pequeñas	grandes en relación a las Procariontes	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, morfología, células, Eucariote, Procarionte, vegetal, animal, células, nerviosas, epidérmicas, hepáticas, hemáticas, células, funcionalidad, forma, diferencias, células, diferencias, Eucariontes, Procariontes, Procariontes, Eucariontes, núcleo, (núcleo), extremidades celulares, flagelo, (extremidades celulares), undulipodio, material genético, tamaño, Procariontes. Total 31.</p> <p><b>Relaciones:</b> se refiere a, desde, (:), (y), (y), (:), existen, debido a, va, dar, puede, ser, pero, y, son, (:), (:), no, presentan, si, presentan. (.), (:), (:), y, (son), en relación a. Total 27</p> <p><b>Conectores gramaticales:</b> a, de, de, entre, a, entre, entre, en. <b>Modificadores gramaticales:</b> la, tan, variada, las, tres, puntos, tipos, las, las, principalmente, la, les, una, determinada, las, muchas, las, las, las, muy, pequeñas, disperso, encerrado, ordenado, grandes, los</p> <p>Utiliza otros componentes: como yo le entiendo, contestando al punto no. 1 de mis razones, puedo decir que.</p>
Procariontes	Eucariontes																		
	Núcleo																		
No presentan	Si presentan																		
	Extremidades celulares																		
Flagelo	Undulipodios																		
	Material genético																		
disperso	encerrado y ordenado																		
	Tamaño																		
muy pequeñas	grandes en relación a las Procariontes																		
<p><b>Respuesta menos exitosa</b>  <b>Estudiante LRMF4:</b> Conjunto de tejidos que contienen células especializadas para cada tejido.</p> <p>Células animales y vegetales</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>célula animal</td> <td>célula vegetal</td> </tr> <tr> <td>membrana celular</td> <td>pared celular</td> </tr> <tr> <td>mitocondrias</td> <td>cloroplastos</td> </tr> <tr> <td>ap. de Golgi</td> <td>RN</td> </tr> <tr> <td>ADN</td> <td></td> </tr> </table>	célula animal	célula vegetal	membrana celular	pared celular	mitocondrias	cloroplastos	ap. de Golgi	RN	ADN		<p><b>Conceptos:</b> (diversidad celular), tejidos, células, tejido, células animales, (c) vegetales, célula animal, membrana celular, mitocondrias, Ap. de Golgi, ADN, Célula vegetal, pared celular, cloroplastos, RN Total 15</p> <p><b>Relaciones:</b> (es), contienen, para, y, (:), (:). Total 6</p> <p><b>Conectores gramaticales:</b> de, que.</p> <p><b>Modificadores gramaticales:</b> cada. Otros componentes: no presenta.</p>								
célula animal	célula vegetal																		
membrana celular	pared celular																		
mitocondrias	cloroplastos																		
ap. de Golgi	RN																		
ADN																			

El análisis proposicional de las respuestas nos muestra diferencias muy marcadas entre las tres respuestas, esto es, una gran heterogeneidad en las respuestas (ver Cuadro 13). En el caso del estudiante más exitoso se puede

observar que la proposición 3 está conformada por tres subproposiciones<sup>12</sup> que contiene ejemplos y que se nuclean en torno al concepto función. En el caso del estudiante representativo presenta un cuadro comparativo y clasificatorio para mostrar diferencias entre procariontes y eucariontes. A pesar de la naturaleza clasificatoria del discurso, tiene una buena coherencia, puesto que el presentar la información a modo de una matriz de doble entrada, constituye una forma coherente y organizada.

En los casos del estudiante más exitoso y en el representativo, sus núcleos contienen el concepto célula y en el primer caso, contiene ambos núcleos del profesor y el menos exitoso no presenta núcleo.

**Cuadro 13. Resultados del análisis proposicional con proposiciones y núcleos de tres estudiantes de cuarto semestre**

<p><b>Estudiante</b> <b>BAMF4:</b></p>	<p><b>Proposición 1:</b> La diversidad celular se refiere a que hay diferentes tipos de células dependiendo de su origen, función, grupo de organismos al que pertenezca.</p> <p><b>Proposición 2:</b> A su origen puede ser procariontes y eucariontes y se diferencian ya que las procariontes carecen de una membrana nuclear definida. si es una célula vegetal o animal, la vegetal aparte de presentar la membrana celular presentan una pared más rígida y la célula animal no la presenta.</p> <p><b>Proposición 3:</b> Por otro lado las células son tan diversas como funciones cumplen y tejidos a los que pertenecen, las células tienen formas y funciones diferentes dependiendo al tejido que pertenezcan y como se ha mencionado de acuerdo a la función que cumplen van a tener una forma específica para su función. Ejemplo células nerviosas (neurona) tiene formas estrelladas con su axón y sus dendritas para poder recibir y mandar el impulso nervioso y las células musculares pueden ser liso, estriadas y cardíacas y cada una de éstas tiene una forma diferente.</p>	<p><b>Núcleos:</b> célula P1-P2-P3 origen P1-P2 función P1-P3</p> <p>Presenta núcleo múltiple en P1 - P2</p>
--	--	--

Continuación...

<sup>12</sup> Se define una subproposición como las proposiciones particulares formadas por ideas estrechamente conectadas e incluidas en una proposición más amplia y que debido a la sintaxis del discurso, no indican necesariamente un cambio de idea (Campos y Gaspar, 1995).

<b>Estudiante</b> <b>FCVM4</b>	<p><b>Proposición 1:</b> Diversidad celular como yo la entiendo se refiere a la morfología tan variada de las células desde tres puntos</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relación Eucarionte - Procarionte</li> <li>2. Vegetal - Animal</li> <li>3. tipos de células: nerviosa, epidérmicas, hepáticas, hentráticas, etc.</li> </ol> <p><b>Proposición 2:</b> Las diferencias entre las células existen principalmente debido a la funcionalidad que les va a dar una forma determinada.</p> <p><b>Proposición 3</b> Las diferencias pueden ser muchas entre las células, pero contestando al punto no. 1 de mis razones, puedo decir que las diferencias entre Eucariontes y Procariontes son las siguientes</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Procariontes</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Eucariontes</td> </tr> <tr> <td>Núcleo</td> <td style="text-align: center;">No presentan</td> <td style="text-align: center;">Si presentan</td> </tr> <tr> <td>Extremidades</td> <td style="text-align: center;">celulares</td> <td style="text-align: center;">Flagelo</td> </tr> <tr> <td>Undulipodios</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Material genético</td> <td style="text-align: center;">disperso</td> <td style="text-align: center;">encerrado y ordenado</td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td style="text-align: center;">muy pequeñas</td> <td style="text-align: center;">grandes en relación a las Procariontes</td> </tr> </table>		Procariontes	Eucariontes	Núcleo	No presentan	Si presentan	Extremidades	celulares	Flagelo	Undulipodios			Material genético	disperso	encerrado y ordenado	Tamaño	muy pequeñas	grandes en relación a las Procariontes	<p>Núcleos: célula P1-P2-P3 diferencias P1-P2- P3 Eucariontes P1-P3 Procariontes P1-P3 forma- morfología P1-P2</p> <p>Presenta dos núcleos múltiples: P1 - P2 y P1 - P3.</p>
	Procariontes	Eucariontes																		
Núcleo	No presentan	Si presentan																		
Extremidades	celulares	Flagelo																		
Undulipodios																				
Material genético	disperso	encerrado y ordenado																		
Tamaño	muy pequeñas	grandes en relación a las Procariontes																		
<b>Estudiante</b> <b>LRMF4</b>	<p><b>Proposición 1</b> (Diversidad celular) (es) conjunto de tejidos que contienen células especializadas para cada tejido. El resto del discurso es una clasificación, que al no hacer explícitas las relaciones lógicas entre cada uno de los conceptos lo torna incoherente. Sólo se pueden distinguir tres relaciones implícitas (entre paréntesis), a diferencia del caso anterior, donde se las relaciones implícitas estaban claras por la organización de la tabla presentada y se podían visualizar las relaciones implícitas.</p>	<p>Núcleo: no presenta</p>																		

Los discursos extendidos se muestran en los mapas proposicionales (ver Figuras 12, 13 y 14).

Figura 12. Mapa proposicional del estudiante más exitoso de cuarto semestre

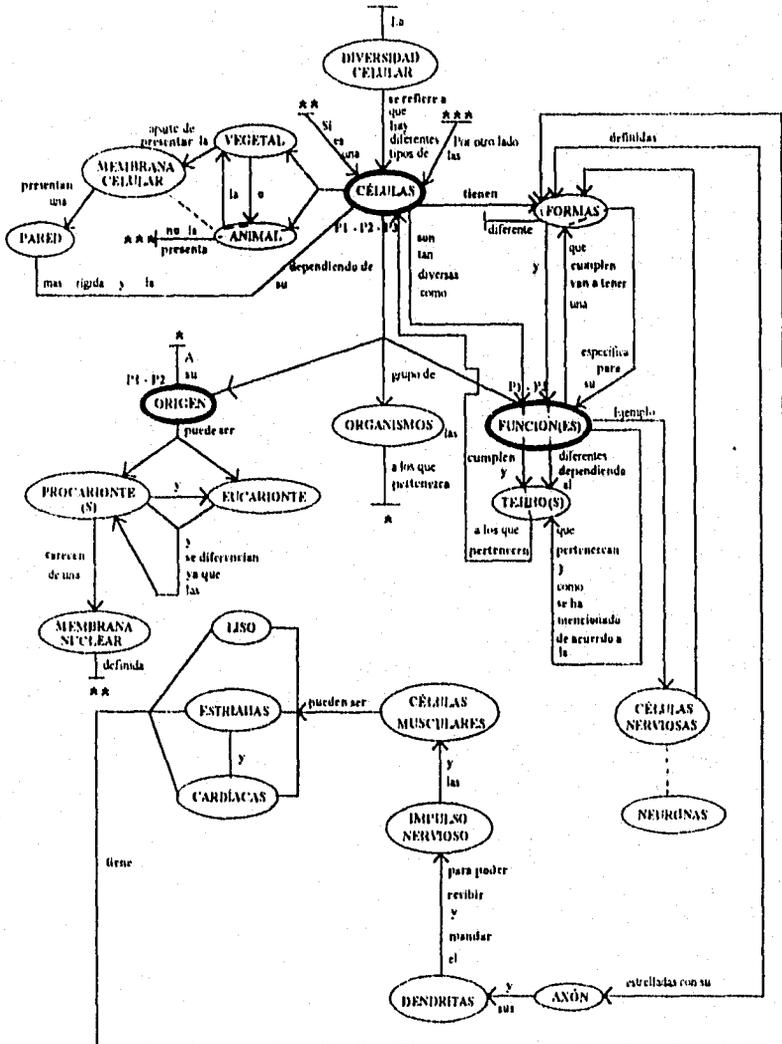


Figura 13. Mapa proposicional del estudiante representativo de cuarto semestre

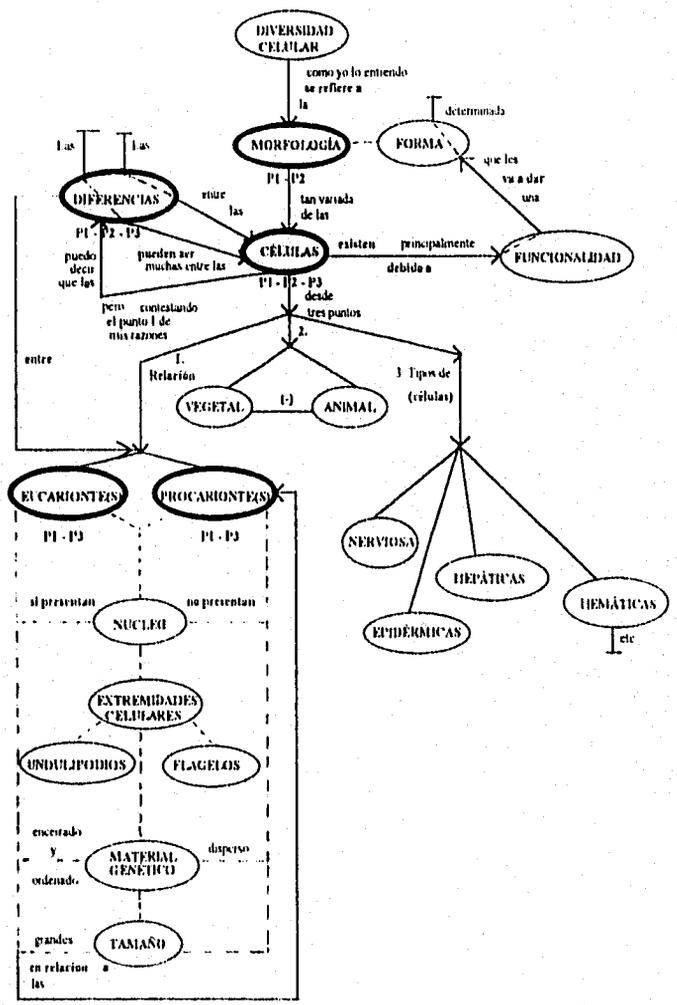
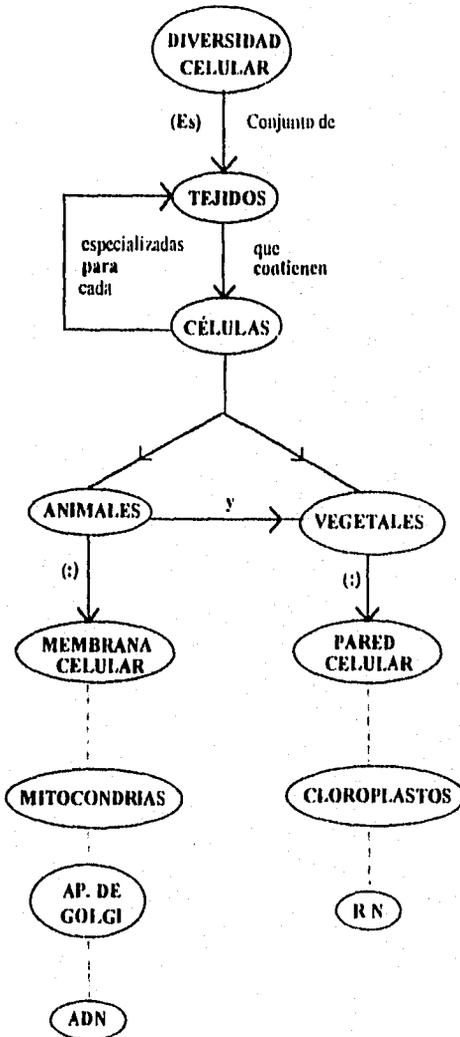


Figura 14. Mapa proposicional del estudiante menos exitoso de cuarto semestre



Los mapas proposicionales contruidos a partir de los discursos de los estudiantes de cuarto semestre muestran una gran diversidad en su configuración. El mapa proposicional del estudiante más exitoso muestra un núcleo múltiple formado por tres conceptos enlazados entre sí unidos directamente por una o varias relaciones (concepto **célula**, **origen** y **funciones**). De cada uno de estos conceptos se desprenden ramificaciones con cuatro subestructuras clasificatorias que le dan un aspecto arborescente. Esta configuración muestra la presencia de ejes conceptuales<sup>13</sup> (**célula** y **origen** conforman el primer eje; **célula** y **funciones** constituyen el segundo eje). Así, se observa que del concepto nuclear **célula**, se abre una clasificación entre **células vegetales** y **células animales**. También del concepto nuclear **origen** se abre otra clasificación entre **eucarionte** y **procarionte**. Del concepto nuclear **función**, a través del concepto **forma**, se abre otra clasificación en **células nerviosas** y **células musculares** y de estas, a su vez, se abre otra clasificación en **liso**, **estriadas**, y **cardíacas**. En este caso particular, los conceptos nucleares son también los que conforman el eje conceptual y coinciden con los conceptos que conforman el núcleo múltiple. Las características señaladas muestran una organización conceptual fuertemente estructurada.

El mapa proposicional del estudiante representativo no presenta eje conceptual, aunque sí muestra dos núcleos múltiples: uno entre las proposiciones 1 y 2 y el otro entre las proposiciones 1 y 3. Los conceptos nucleares en el primer caso son **célula**, **morfología** y **diferencias** y el segundo núcleo múltiple está formado por los conceptos **célula**, **diferencias**, **eucariontes** y **procariontes**. Su conformación se puede describir como estrellada, puesto que el concepto **célula** no sólo es el núcleo de su propia proposición sino que es el núcleo de dos núcleos múltiples y desde ese concepto se desprenden los demás conceptos nucleares. También se aprecia un estilo clasificatorio matricial diferente al que se abre en varias opciones.

Por último, el caso del estudiante menos exitoso nos muestra una organización típicamente clasificatoria y lineal. La carencia de relaciones hace que la última porción del discurso sea solamente un listado inconexo de conceptos. Si el estudiante hubiese incluido las relaciones entre ellos, esta porción habría tomado un aspecto más matricial que de listado de conceptos.

Si observamos nuevamente el Cuadro 13, se ven los núcleos y las proposiciones que los conforman; en el caso del estudiante más exitoso y en el representativo, sus propios núcleos contiene el concepto **célula** y en el primer caso, contiene ambos núcleos del profesor, aunque el concepto **evolución** no es núcleo en su discurso. Esto indica que su organización conceptual contiene los conceptos considerados como básicos para el tema en particular.

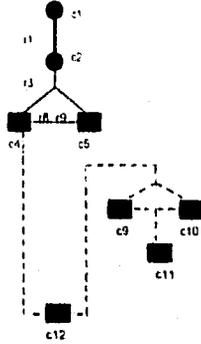
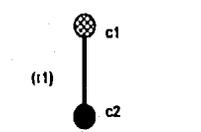
El análisis de correspondencia también nos muestra diagramas de organización conceptual muy diferentes entre sí (ver Cuadro 14).

<sup>13</sup> Se define un eje conceptual como una estructura proposicional definida por dos o más conceptos conectados entre sí, a partir de los cuales se ramifican otros conceptos o grupos de ellos como información clasificatoria (Campos y Gaspar, 1995a).

**Cuadro 14. Diagrama de correspondencia, índices y clasificación de las organizaciones conceptuales de tres estudiantes de cuarto semestre**

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante BAMP4</p>	<p><b>Densidad</b>  <math>= d = 36/46 = 0.783</math></p> <p><b>Índice de correspondencia conceptual</b>  <math>= cc = 7/18 = 0.389</math></p> <p><b>Índice de correspondencia relacional</b>  <math>= cr = 4/6 = 0.667</math></p> <p><b>Índice de correspondencia en el núcleo</b>  <math>= n = 2/2 = 1</math></p> <p><b>Índice de calidad general</b>  <math>= q = (0.389)(0.667) = 0.259</math></p> <p><b>Índice de calidad global del aprendizaje</b>  <math>= Q = (0.259 + 1)/0.783 = 1.609</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 0.783 \leq 1.38</math></p> <p><math>0.25 \leq cc = 0.389 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.667 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.25 \leq q = 0.259 \leq 1</math></p> <p><math>Q = 1.609 \geq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización conceptual:</b>  <b>Marco Referencial</b></p>

Continuación...

Diagrama de correspondencia	Indices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante FCVMA</p> 	<p>Densidad  <math>= d = 31/27 = 1.148</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual  <math>= cc = 8/18 = 0.444</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional  <math>= cr = 3/6 = 0.5</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo  <math>= n = 1/2 = 0.5</math></p> <p>Índice de calidad general  <math>n = q = (0.444)(0.5) = 0.222</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje  <math>= Q = (0.222 + 0.5)/1.148 = 0.629</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 1.148 \leq 1.38</math></p> <p><math>0.25 &lt; cc = 0.444 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.062 \leq q = 0.222 \leq 0.25</math></p> <p><math>Q = 0.629 \geq 0.543</math></p> <p>Clasificación global de la organización conceptual:  <b>Marco Referencial</b></p>
<p>Diagrama estudiante LRMF4</p> 	<p>Densidad  <math>= d = 15/6 = 2.5</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual  <math>= cc = 2/17 = 0.111</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional  <math>= cr = 1/1 = 1</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo  <math>= n = 1/2 = 0.5</math></p> <p>Índice de calidad general  <math>= q = (0.111)(1) = 0.111</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje  <math>= Q = (0.111 + 0.5)/2.5 = 0.244</math></p>	<p><math>d = 2.5 &gt; 2</math></p> <p><math>0 \leq cc = 0.111 \leq 0.25</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.062 \leq q = 0.111 \leq 0.25</math></p> <p><math>0.156 \leq Q = 0.244 &lt; 0.543</math></p> <p>Clasificación global de la organización conceptual:  <b>Marco Referencial</b></p>

En el diagrama del estudiante calificado como más exitoso podemos observar una correspondencia relacional más alta que el representativo, aunque el segundo tiene una correspondencia conceptual algo mayor. Esto significa que, aunque tiene una porción de sus organizaciones conceptuales idénticas, el primero tiene idea del porqué existe **diversidad celular**, aunque no da elementos que expliquen el mecanismo. En el segundo caso, no tiene esa porción de la organización conceptual

en correspondencia con el criterio y tiene un índice menor de correspondencia relacional.

Desde el punto de vista cuantitativo, en un análisis de los índices del MAP que presenta el estudiante más exitoso, vemos que la densidad de su discurso es  $d = 0.783$ , un valor extremadamente bajo que representa un discurso muy denso. Un análisis de las relaciones utilizadas, nos permite ver que el estudiante tiene un estilo de redacción que utiliza formas verbales compuestas. Si se reemplazaran por uno sólo tendría cuatro relaciones menos, lo que le daría un valor de densidad  $d = 36/42 = 0.857$ , todavía un valor muy bajo y su índice de calidad variaría a  $Q = 1.487$ , lo cual no cambia su ubicación en Marco Conceptual. La razón de hacer este análisis cualitativo en casos en que la densidad es muy alta, es que la causa puede ser un problema sintáctico y no de coherencia del texto analizado y por lo tanto, hace crecer el valor de Q, dando una calidad ficticia a la organización conceptual del estudiante. Su ubicación en este índice que su organización conceptual en correspondencia con el criterio representa a una porción de conocimiento sólidamente estructurado. Dado que el valor de  $d$  lo ubica en el rango de Marco Referencial, por el criterio de "heterogeneidad de rangos en alguna correspondencia o densidad", este estudiante se ubica en Marco global Referencial con una estructura potente para futuros aprendizajes relacionados con el tema.

El estudiante representativo es un caso típico de clasificación de características, pero razonablemente coherente. Este estudiante tiene un discurso que contiene un gran número de conceptos y relaciones implícitas. Al hacer un análisis más exhaustivo de su discurso, se decidió contar los conceptos y relaciones implícitas indispensables para darle coherencia a su discurso. Así, se obtuvo una densidad igual a 1.148, lo que lo ubica en el rango de Marco Conceptual. El Marco global es Referencial, es decir, razonablemente preciso y coherente. Si el estudiante cambiara su estilo de redacción podría emitir un discurso más comprensible.

En el caso del estudiante menos exitoso de la muestra, su respuesta es un caso clasificatorio extremo, completamente desarticulado, con conceptos y relaciones implícitos, pero muy poco claros. El estudiante describe las diferencias entre células animales y vegetales en forma esquemática y su discurso no tiene elementos sintácticos. Este es un caso especial donde el estudiante presenta un listado de características atribuibles a las células animales y vegetales. La razón por la que se agregaron relaciones implícitas para hacer comprensible su discurso, se debe a que el discurso está inserto en un contexto específico y como los conceptos vertidos por el estudiante son conceptos biológicos, se pueden reconocer algunas de las relaciones implícitas. Así, su listado produce una densidad de 2.5, que todavía refleja un discurso extremadamente incoherente y que se ubica en el rango de Marco Nacional. Si no se consideran las relaciones implícitas, la densidad baja a 6, valor que indica que el discurso es un listado de conceptos sin coherencia alguna. Este es el valor más extremoso de densidad de toda la muestra de 17 estudiantes. También

representa el caso menos exitoso de toda la muestra, ya que tiene un índice de correspondencia conceptual de 0.111, que la ubica en el rango de Marco Nocienal. Esto significa que el estudiante tiene una organización conceptual incoherente y con un alto grado de ambigüedad.

Al observar el diagrama correspondiente a cada uno, se aprecia las diferencias en calidad de cada uno de ellos, el primero y el segundo caso se encuentran ambos en Marco Referencial, pero en el primer caso tiene un valor alto de calidad del aprendizaje, tiene sólo un valor en el rango de Marco Referencial ( $cc = 0.5$ ). Tiene un gran potencial para aprender materias subsecuentes vinculadas a estos conceptos.

En el caso del estudiante representativo, tiene una organización conceptual con un mejor índice de correspondencia conceptual, pero tiene cuatro conceptos equivalentes sueltos en su estructura en comparación con el criterio, lo cual indica que carece de relaciones precisas y en correspondencia. El caso del estudiante menos exitoso, tiene la organización más pobre ya que tiene implícito el concepto de **diversidad celular** y sólo presenta el concepto **célula** y ambos conceptos están contenidos en la propia pregunta.

En este semestre estos estudiantes tienen en común que incorporan a sus respuestas una gran cantidad de información relacionada con el conocimiento de las células (aún en el caso menos exitoso) y que mencionan las diferencias que presentan las células en cuanto a **forma** y **función**.

## Quinto semestre

Las respuestas correspondientes a los tres estudiantes de quinto semestre se muestran en el Cuadro 15.

**Cuadro 15. Respuestas y resultados del análisis semántico de tres estudiantes de quinto semestre**

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta más exitosa</b>  <b>Estudiante FAGMS:</b> Se puede decir que es el grado de diferenciación, especialización de las células según al grupo que pertenezcan; tanto taxonómico como histológico.            Las diferencias existentes se han dado por dos causas principalmente: uno es la suma de las mutaciones acumuladas propias de cada especie e influenciadas por los cambios del medio; es aquí donde entra el siguiente aspecto ya que este es el hecho de que se favorezca o no un cambio dado y que el organismo con tal cambio pueda transmitirlo a su descendencia.</p>	<p><b>Conceptos:</b> (diversidad celular), grado de diferenciación, especialización, células, grupo, taxonómico, histológico, diferencias, mutaciones, especie, cambios, medio, cambio, organismo, cambio, descendencia. Total 16.  <b>Relaciones:</b> es, pertenezcan, tanto - como, se han dado, por, es, propias de, e, influenciadas, por, ya que, se favorezca, o, no, y, pueda, transmitirlo, su. Total 18.  <b>Conectores gramaticales:</b> de, a, que, de, de, de, que, un, que, con, a. <b>Modificadores gramaticales:</b> el, las, el las, existentes, dos, principales, una, la, las, acumuladas, cada, los, el, segundo, dado, el, tal. La respuesta presenta otros componentes: (se puede decir que, es aquí donde entra, este es el hecho).</p>
<p><b>Respuesta representativa</b>  <b>Estudiante ZOJF5:</b> Diversidad celular esto quiere decir que existe un gran número de células que son diferentes.            Existen diferencias entre las células debido a que todas presentan funciones diferentes dependiendo en donde se encuentran en un organismo. Las diferencias que existen entre las células pueden colocarse en dos puntos importantes: funcionales y morfológicos.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, células, diferencias, células, funciones, organismo, diferencias, células, funcionales, morfológicos. Total 10.  <b>Relaciones:</b> existe, son, existen, debido a, presentan, dependiendo en, se encuentran, existen, pueden, colocarse, y. Total 11.  <b>Conectores gramaticales:</b> de, que, entre, que, donde, en, que, entre, en. <b>Modificadores gramaticales:</b> un, gran, número, diferentes, las, todas, diferentes, un, las, las, dos, puntos, importantes. La respuesta presenta otros componentes: esto quiere decir que.</p>

Continuación...

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta menos exitosa</b>  <b>Estudiante RCMF5:</b> Diversidad celular hace referencia a los diferentes tipos de células que existen dentro de las células animales y vegetales en cuanto a forma, constitución, funciones específicas.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, células, células animales, (c) vegetales, forma, constitución, funciones. Total 7.  <b>Relaciones:</b> hace referencia a, existe, dentro de, y, en cuanto a. Total 5  <b>Conectores gramaticales:</b> que, de.  <b>Modificadores gramaticales:</b> los, diferentes, tipos, las, específicas. La respuesta presenta otros componentes: etc.</p>

En este semestre se observan discursos compactos en su tamaño y en general, una proporción importante de las unidades semánticas utilizadas para elaborar el discurso están en correspondencia con parte de la organización criterio y no abundan los ejemplos. También se observa el uso moderado de conectores y modificadores gramaticales. A diferencia de los casos analizados anteriormente, en este semestre se muestra una similitud entre el caso representativo y el caso menos exitoso, en referencia al número de conceptos en correspondencia. La diferencia entre ellos está en la precisión de las relaciones que hay entre esos conceptos. También es notable la diferencia entre estos dos casos y el caso más exitoso, ya que éste presenta más del doble del número de conceptos. Es decir, se podría pensar en una homogeneidad entre el caso representativo y el menos exitoso, pero muy diferentes respecto al más exitoso, lo que nos revela grados de asimilación conceptual muy heterogéneos.

El análisis proposicional de las respuestas nos muestra que en el caso del estudiante más exitoso se pueden observar dos proposiciones que conforman un núcleo: célula, al igual que el caso representativo. El menos exitoso no presenta núcleo (ver Cuadro 16).

**Cuadro 16. Resultados del análisis proposicional con proposiciones y núcleos de tres estudiantes de quinto semestre**

<b>Estudiante FGAM5</b>	<p><b>Proposición 1:</b> Diversidad celular (:) se puede decir que es el grado de diferenciación (y) especialización de las células según al grupo al que pertenezcan; tanto taxonómico como histológico.</p> <p><b>Proposición 2</b> Las diferencias existentes se han dado por dos causas principalmente: uno es la suma de las mutaciones acumuladas propias de cada especie e influenciadas por los cambios del medio; es aquí donde entra el segundo aspecto ya que este es el hecho de que se favorezca o no un cambio dado y que el organismo con tal cambio pueda transmitirlo a su descendencia.</p>	<b>Núcleos:</b> célula P1-P2
<b>Estudiante ZOJF5</b>	<p><b>Proposición 1</b> Diversidad celular esto quiere decir que existe un gran número de células que son diferentes.</p> <p><b>Proposición 2</b> Existen diferencias entre las células debido a que todas presentan funciones diferentes dependiendo en donde se encuentran en un organismo. Las diferencias que existen entre las células pueden colocarse en dos puntos importantes: funcionales y morfológicos.</p>	<b>Núcleos:</b> célula P1-P2
<b>Estudiante RGMF5</b>	<p><b>Proposición 1</b> Diversidad celular hace referencia a los diferentes tipos de células que existen dentro de las células animales y vegetales en cuanto a forma, constitución, funciones específicas.</p>	<b>Núcleo:</b> no presenta.

Los mapas proposicionales de los estudiantes se muestran en Figuras 15, 16 y 17.

Figura 15. Mapa proposicional del estudiante más exitoso de quinto semestre

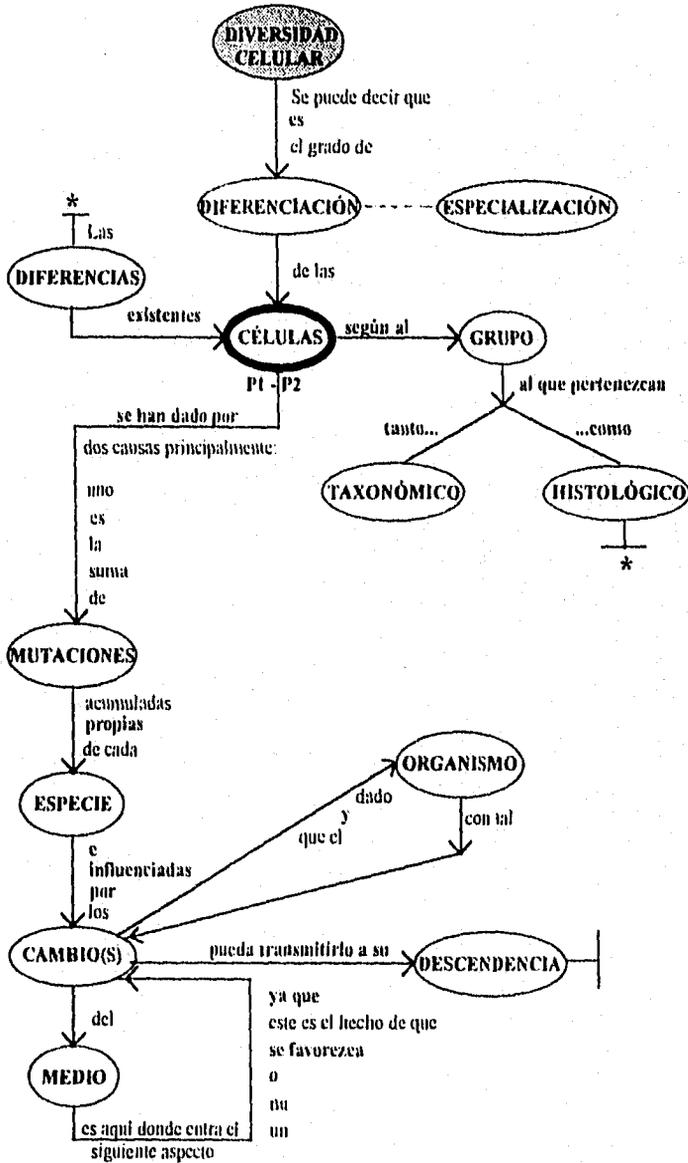


Figura 16. Mapa proposicional del estudiante representativo de quinto semestre

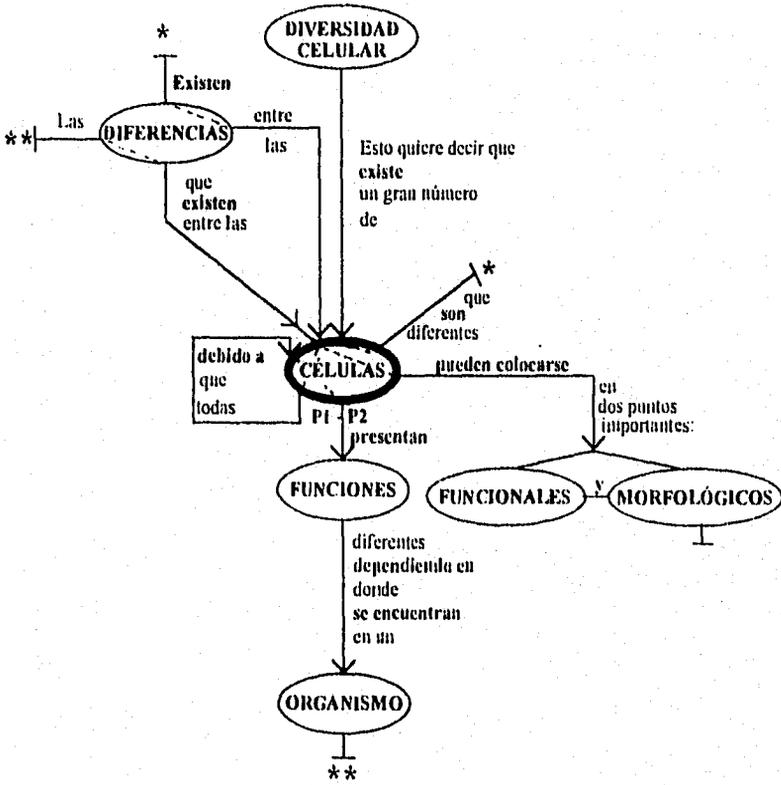
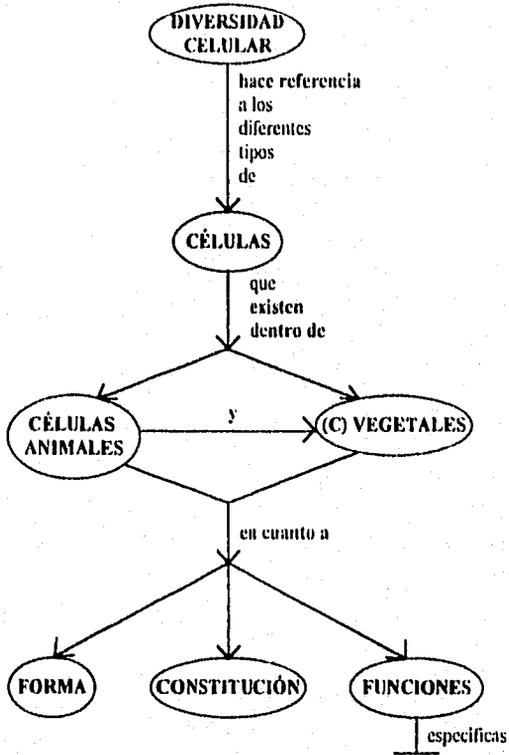
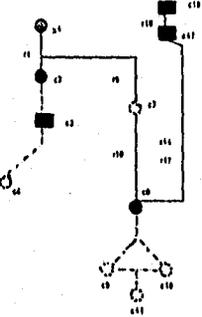


Figura 17. Mapa proposicional del estudiante menos exitoso de quinto semestre

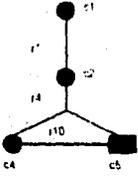
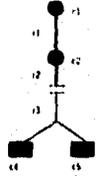


A continuación se muestran los índices de correspondencia y de calidad de las organizaciones conceptuales de los estudiantes de quinto semestre y sus respectivas clasificaciones (ver Cuadro 17).

**Cuadro 17. Diagrama de correspondencia y clasificación de las organizaciones conceptuales de tres estudiantes de quinto semestre**

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante FAGMS</p> 	<p>Densidad  <math>= d = 16/18 = 0.888</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual  <math>= cc = 11/18 = 0.611</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional  <math>= cr = 5/8 = 0.625</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo  <math>= n = 2/2 = 1</math></p> <p>Índice de calidad general  <math>= q = (0.611)(0.625) = 0.382</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje  <math>= Q = (0.382 + 1)/0.888 = 1.556</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 0.888 \leq 1.38</math></p> <p><math>0.5 \leq cc = 0.611 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.625 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.25 \leq q = 0.382 \leq 1</math></p> <p><math>Q = 1.556 \geq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización conceptual:</b>  <b>Marco Conceptual</b></p>

Continuación...

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criteria (Cuadro 1)
<p data-bbox="70 296 215 313">Diagrama estudiante ZDJF4</p> 	<p data-bbox="408 301 489 319"><b>Densidad</b></p> <p data-bbox="368 328 529 345">= <math>d = 10/11 = 0.909</math></p> <p data-bbox="288 354 609 372"><b>Índice de correspondencia conceptual</b></p> <p data-bbox="368 381 529 398">= <math>cc = 4/18 = 0.222</math></p> <p data-bbox="288 407 609 425"><b>Índice de correspondencia relacional</b></p> <p data-bbox="385 433 512 451">= <math>cr = 3/3 = 1</math></p> <p data-bbox="276 460 621 478"><b>Índice de correspondencia con el núcleo</b></p> <p data-bbox="385 486 517 504">= <math>n = 1/2 = 0.5</math></p> <p data-bbox="339 513 563 530"><b>Índice de calidad general</b></p> <p data-bbox="357 539 546 557">= <math>q = (0.222)(1) = 0.222</math></p> <p data-bbox="276 566 621 583"><b>Índice de calidad global del aprendizaje</b></p> <p data-bbox="316 592 580 610">= <math>Q = (0.222 + 0.5)/0.909 = 0.794</math></p>	<p data-bbox="661 301 833 319"><math>0 &lt; d = 0.909 \leq 1.38</math></p> <p data-bbox="661 354 833 372"><math>0 \leq cc = 0.222 \leq 0.25</math></p> <p data-bbox="678 407 816 425"><math>0.5 \leq cr = 1 \leq 1</math></p> <p data-bbox="661 460 816 478"><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p data-bbox="661 513 821 530"><math>0.5 \leq q = 0.222 \leq 1</math></p> <p data-bbox="672 566 810 583"><math>Q = 0.794 \geq 0.543</math></p> <p data-bbox="638 636 856 716">Clasificación global de la organización conceptual: Marco Referencial</p>
<p data-bbox="70 742 225 760">Diagrama estudiante RGMF5</p> 	<p data-bbox="408 747 489 765"><b>Densidad</b></p> <p data-bbox="368 774 506 792">= <math>d = 7.5 = 1.4</math></p> <p data-bbox="288 800 609 818"><b>Índice de correspondencia conceptual</b></p> <p data-bbox="368 827 529 844">= <math>cc = 4/18 = 0.222</math></p> <p data-bbox="288 853 609 871"><b>Índice de correspondencia relacional</b></p> <p data-bbox="385 880 523 897">= <math>cr = 3/4 = 0.75</math></p> <p data-bbox="276 906 621 924"><b>Índice de correspondencia con el núcleo</b></p> <p data-bbox="385 933 517 950">= <math>n = 1/2 = 0.5</math></p> <p data-bbox="339 959 563 977"><b>Índice de calidad general</b></p> <p data-bbox="357 986 557 1003">= <math>q = (0.222)(0.5) = 0.167</math></p> <p data-bbox="276 1012 621 1030"><b>Índice de calidad global del aprendizaje</b></p> <p data-bbox="316 1038 580 1056">= <math>Q = (0.167 + 0.5)/1.4 = 0.476</math></p>	<p data-bbox="672 747 821 765"><math>1.38 &lt; d = 1.4 \leq 2</math></p> <p data-bbox="661 800 833 818"><math>0 \leq cc = 0.222 \leq 0.25</math></p> <p data-bbox="666 853 827 871"><math>0.5 \leq cr = 0.75 \leq 1</math></p> <p data-bbox="672 906 821 924"><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p data-bbox="644 959 850 977"><math>0.062 \leq q = 0.167 \leq 0.25</math></p> <p data-bbox="644 1012 856 1030"><math>0.156 \leq Q = 0.476 \geq 0.543</math></p> <p data-bbox="638 1083 856 1162">Clasificación global de la organización conceptual: Marco Referencial</p>

El análisis de los índices que presenta el estudiante más exitoso nos muestra que la densidad de su discurso  $d = 0.888$ , es un valor bajo que refleja una alta densidad. De acuerdo al criterio del MAP de "la densidad fuera del rango proposicional" que ajusta el valor de la densidad a su dimensión lógica, se observa que el estudiante tiene un estilo de redacción algo difícil de comprender en un primer momento, por el uso de implícitos, tanto en conceptos como en relaciones. Por ejemplo, un signo ortográfico (coma) reemplaza una relación ( $y$ ). Además, el concepto *célula* está implícito en varias partes de su discurso.

A pesar de que el discurso sería menos denso si utilizara estos implícitos, no se consideraron<sup>14</sup>. Al analizar las relaciones se observa que no utiliza innecesariamente verbos compuestos en su texto, por lo que su densidad permanece inalterable. La densidad  $d = 0.888$  lo ubica en Marco Conceptual.

El estudiante más exitoso de este semestre es también el más exitoso de la muestra de 21 estudiantes utilizada para ejemplificar el comportamiento a nivel de individuo de la muestra de 47 estudiantes. Es el único estudiante que tiene una clasificación global de Marco Conceptual, aunque su índice de calidad  $Q = 1.556$  ubicado en el rango de Marco Conceptual no corresponde al valor más alto de los 21 estudiantes que sirven de ejemplo. Pero la homogeneidad en sus valores lo sitúa en dicho rango.

Un análisis cualitativo de su organización conceptual en correspondencia con el criterio nos muestra que:

1. tiene el número más alto de conceptos en correspondencia:
  - a. tres conceptos con nivel de precisión idéntica al criterio (**diversidad celular, célula y evolución**). Es importante destacar que **célula** y **evolución** son conceptos que conforman el núcleo de la organización conceptual del criterio, lo que indica que asimiló el 100% de lo fundamental del contenido en estudio.
  - b. tiene tres conceptos equivalentes (**biósfera, padres e hijos**) y es el único estudiante de la muestra de 47 estudiantes que incluye estos conceptos en su texto.
  - c. tiene cinco conceptos alusivos (**morfológico, tiempo, contenido, calidad e información genética**), sólo que con un grado de precisión conceptual a nivel nocional. La importancia de estos conceptos es que proporcionan información que da una explicación última del proceso de cambio.

2. las relaciones que conectan los conceptos idénticos y equivalentes son de calidad similar. En cambio, los conceptos alusivos se conectan con conceptos que no están presentes en el criterio. Esto evidencia la debilidad que presenta la organización conceptual en lo que corresponde a la parte procesual de la respuesta. La excepción está en el concepto **tiempo**, que a pesar de ser alusivo, se conecta al concepto **célula** con una relación idéntica al criterio: " las diferencias existentes *se han dado*". Esta relación es la que alude al concepto **tiempo**.

El estudiante representativo es un caso que presenta también una densidad muy alta  $d = 0.910$ . Un análisis de su discurso nos muestra sólo una relación que se podría sustituir ( *puede*). La sustitución da un valor de densidad  $d = 10/10 = 1$ : se mantiene la alta densidad y su ubicación en el rango de Marco Conceptual. Esta organización conceptual es muy compacta en la porción en correspondencia con el criterio (dos relaciones equivalentes y una idéntica), en cuanto a los conceptos tiene tres idénticos y uno equivalente. Su clasificación, de acuerdo a los criterios del

<sup>14</sup> La interpretación debe respetar en su totalidad el discurso del estudiante. El límite en la interpretación es sutil y podría pasar desapercibido por el analista, quien debe ser cuidadoso porque corre el riesgo de poner parte de su texto en el texto del analizado, como podría darse en este caso.

MAP, la ubica en el rango de Marco Referencial, aunque su índice de correspondencia en conceptos  $cc = 0.222$  sea menor que 0.25, ya que tiene una organización lógica fuerte ( $er = 1$ ), lo que le imprime a la organización conceptual una gran potencialidad para la asimilación de nuevos conceptos y relaciones en aprendizajes futuros.

Es interesante lo que ocurre en este caso. El estudiante muestra una organización conceptual muy estructurada, aunque representa sólo la porción descriptiva del criterio expresada con precisión conceptual, con las relaciones necesarias para conectarlos con precisión y conoce la mitad de lo básico. Este es uno de los casos típicos que requieren un cuidadoso análisis cualitativo para determinar la calidad del aprendizaje, ya que este estudiante asimiló conocimiento de calidad científica, pero insuficiente para lo demandado: sólo aprendió la porción descriptiva de la definición de **diversidad celular**, considerada como estática (el qué es). La porción dinámica de la respuesta no está presente, ya sea porque la ignora o no quiso manifestar el por qué y principalmente el cómo (parte procesual) se produce el proceso de diferenciación celular.

En el caso del estudiante menos exitoso su discurso es muy conciso, tiene siete conceptos y cinco relaciones, con una densidad  $d = 7/5 = 1.4$ , que lo ubica en Marco Referencial. Presenta un discurso muy parecido al del criterio en su primera parte, sólo que no menciona ni alude al concepto **biosfera** o sus equivalentes. En el diagrama se puede observar que desde el concepto **célula** se desprende una relación idéntica al criterio ("diferentes tipos de células que *existen...*"), sólo que en vez de continuar con: "en la **biosfera**", como en el criterio, el estudiante se refiere a "**células animales y vegetales**". Esto hace que deje inconclusa la idea y que la relación se transforme en una equivalente cuanto se conecta con **forma y función**. Por esta razón, en el diagrama aparece una línea más gruesa que indica una relación idéntica y que se corta, para continuar como una línea más fina que significa una relación equivalente a la del criterio.

Su bajo valor de densidad no corresponde a un discurso "razonablemente coherente" sino más bien, se debe a que hay relaciones implícitas en los signos ortográficos (comas) que podrían ser sustituidas por alguna relación ( $y$ ). Esto le daría una densidad  $d = 7/7 = 1$  y cambiaría su valor de  $Q = 0.567$ , lo que lo ubicaría en Marco Conceptual para la calidad de aprendizaje. Pero, dado que el estudiante plantea una clasificación, no se pueden considerar esas relaciones como implícitas; por lo tanto, no se cuentan y se mantiene su bajo valor de densidad, típico de organizaciones conceptuales clasificatorias. Este estudiante se ubica en Marco global Referencial.

## Sexto semestre

Las respuestas y el análisis semántico se presentan a continuación (ver Cuadro 18). El tamaño promedio de los discursos en este semestre tiene un valor similar al presentado por los estudiantes de segundo semestre (promedio de unidades de información = 40.7), por lo que se puede decir que son discursos compactos.

**Cuadro 18. Respuestas y resultados del análisis semántico de tres estudiantes de sexto semestre**

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta más exitosa</b>  <b>Estudiante NOIF6:</b> Diversidad celular, consiste en las diferencias morfológicas y funcionales que existe entre las células. Las diferencias existentes se deben a el "ambiente" que rodea a las células y a la acción de genes que se prenden o apagan según su función en ese ambiente y por interacción con otras células.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, diferencias, morfológicas, funcionales, células, diferencias, ambiente, células, genes, función, ambiente, células. Total 12.  <b>Relaciones:</b> consiste en, y, existe, se deben a, que rodea a, y, se prenden, o, apagan, según, y, por, interacción. Total 13.  <b>Conectores gramaticales:</b> que, entre, a, de, que, de, en, con, <b>Modificadores gramaticales:</b> las, las, las, existentes, el, las, la, su, etc, otras. La respuesta presenta otros componentes: acción.</p>
<p><b>Respuesta representativa</b>  <b>Estudiante RGEF6:</b> (Diversidad celular) son todos los tipos de células que puede haber tanto como funcional, como morfológicas.            Hay diferencias en ellas por la función que desempeñan dentro de un organismo o como individuos individuales, las diferencias entre ellas pueden ser los organelos por ejemplo.</p>	<p><b>Conceptos:</b> (diversidad celular), células, funcional, morfológicas, diferencias, función, organismo, individuos, diferencias, organelos. Total 10.  <b>Relaciones:</b> son, puede, haber, tanto - como, hay, por, desempeñan, o, pueden, ser. Total 10.  <b>Conectores gramaticales:</b> de, que, como, en, de, como, entre. <b>Modificadores gramaticales:</b> todos, los, tipos, ellas, la, un, individuales, las, ellas, los. La respuesta presenta otros componentes: por ejemplo.</p>

Continuación...

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta menos exitosa</b></p> <p><b>Estudiante GCHF6:</b> La diversidad celular es todo ese gradiente de forma y función que se presenta en los organismos que le permite la diferenciación en tejidos, órganos, y sistemas cada uno con una función distinta y determinada, la cual en armonía con las demás permiten la vida.</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, forma, función, (células), organismos, diferenciación, tejidos, órganos, sistemas, función, vida. Total 11. El concepto célula está implícito por el contexto de la pregunta.</p> <p><b>Relaciones:</b> es, y, se presenta, permite, y, con, permiten. Total 7.</p> <p><b>Conectores gramaticales:</b> ese, de, que, en, que, en, cada, y, cual, en, con. <b>Modificadores gramaticales:</b> la, todo, gradiente, los, le, una, distinta, determinada, la, armonía, las, demás, la. No utiliza otros componentes.</p>

En el caso del estudiante más exitoso, su texto tiene dos proposiciones y un núcleo conceptual múltiple (célula y función). El representativo también tiene núcleo (célula) y el menos exitoso no presenta (ver cuadro 19).

**Cuadro 19. Resultados del análisis proposicional con proposiciones y núcleos de tres estudiantes de sexto semestre**

<p><b>Estudiante GGAM2:</b></p>	<p><b>Proposición 1:</b> Diversidad celular, consiste en las diferencias morfológicas y funcionales que existe entre las células.</p> <p><b>Proposición 2:</b> Las diferencias existentes se deben a el "ambiente" que rodea a las células y a la acción de genes que se prenden o apagan según su función en ese ambiente y por interacción con otras células.</p>	<p><b>Núcleos:</b> célula P1-P2 función - funcionales P1-P2</p> <p>Núcleo múltiple</p>
<p><b>Estudiante RGEF6</b></p>	<p><b>Proposición 1:</b> (Diversidad celular) son todos los tipos de células que puede haber tanto como funcional, como morfológicas.</p> <p><b>Proposición 2:</b> Hay diferencias en ellas por la función que desempeñan dentro de un organismo o como individuos individuales, las diferencias entre ellas pueden ser los organelos por ejemplo.</p>	<p><b>Núcleo:</b> célula P1-P2</p>

Continuación...

<b>Estudiante</b> <b>GCHF6</b>	<b>Proposición 1:</b> La diversidad celular es todos ese gradiente de forma y función que se presenta en los organismos que le permite la diferenciación en tejidos, órganos, y sistemas cada uno con una función distinta y determinada, la cual en armonía con las demás permiten la vida.	<b>Núcleo:</b> no presenta
-----------------------------------	---	-------------------------------

El discurso extendido de los estudiantes se muestra en los mapas proposicionales (ver Figuras 18, 19 y 20).

Los mapas de los estudiantes más exitoso y representativo son similares, tienen una pequeña subestructura clasificatoria que se abre en lo **morfológico** y lo **funcional**. En la estructura del estudiante más exitoso, se puede observar que el concepto **diferencia** constituye uno de los núcleos de su discurso. Este concepto es usado en muchos contextos, pero se incluyó como tal porque está presente en la propia pregunta y porque es utilizada como equivalente a **diferenciación**, que en el contexto biológico, es un proceso importante. El mapa del estudiante más exitoso muestra una estructura lineal clasificatoria. A pesar de las "vueltas" que se observan en el concepto **función**, en su discurso no se aprecia un cambio de idea y no llegan a conformar una proposición diferente.

Figura 18. Mapa proposicional del estudiante más exitoso de sexto semestre

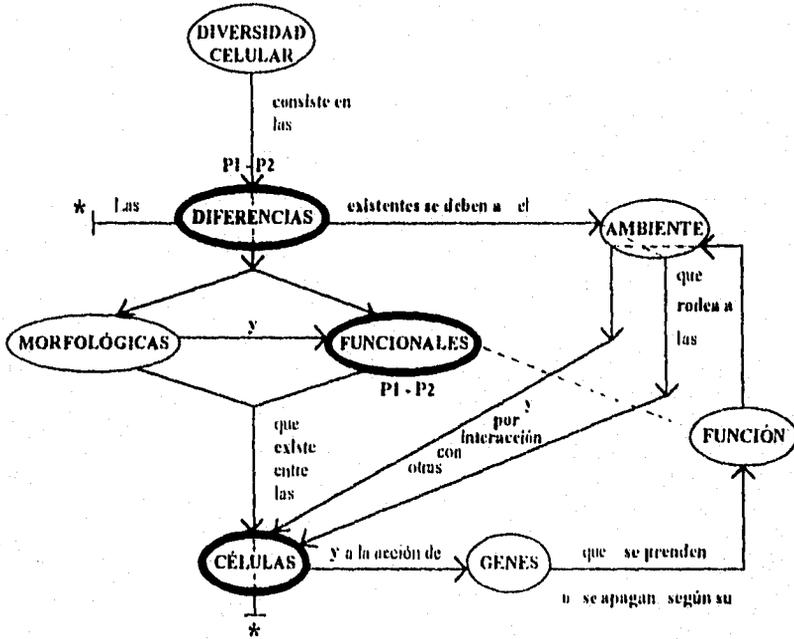


Figura 19. Mapa proposicional del estudiante representante de sexto semestre

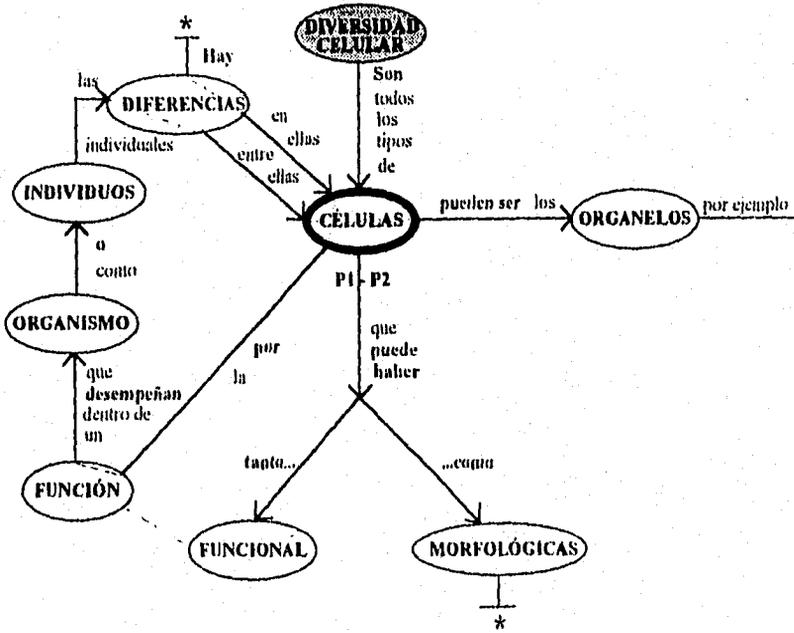
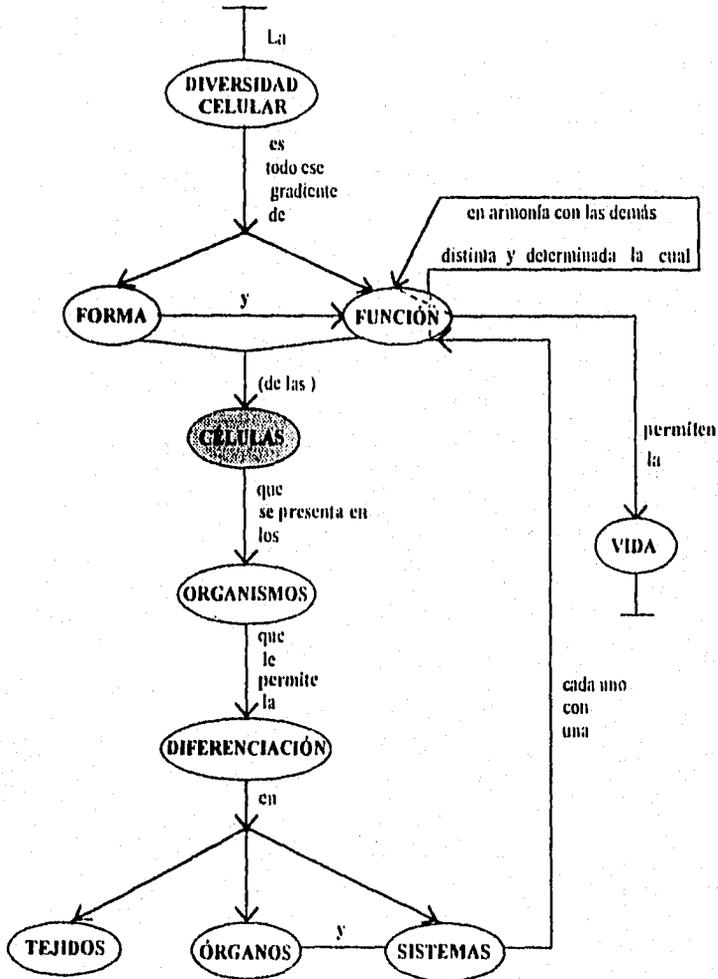


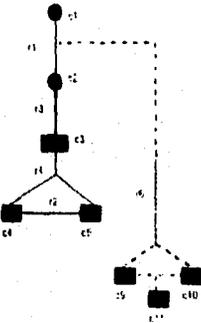
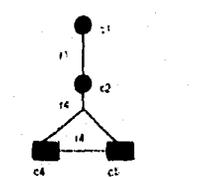
Figura 20. Mapa proposicional del estudiante menos exitoso de sexto semestre



En cuanto al análisis de correspondencias (ver Cuadro 20), el estudiante más exitoso de este grupo tiene un número razonable de conceptos (ocho) en correspondencia con el criterio. Se observa que su organización conceptual en la parte descriptiva es de buena calidad, completa respecto al criterio, pero muestra un conocimiento muy débil en las relaciones lógicas que utiliza para explicar dónde ocurren los cambios que producen diversidad celular ("*cambios en el contenido y calidad de la información genética*") y los conceptos equivalentes a **contenido**, **calidad**, e **información genética** quedan sueltos en su organización conceptual. Además, en su discurso utiliza expresiones como: "*las diferencias existentes se deben a... y a la acción de genes que se 'prenden o apagan' según su función*", que refleja poca precisión en su discurso porque son relaciones lógicas que aluden a una acción (activarse o desactivarse), pero el estudiante la expresa con términos traducidos de "off-on", derivado de otro idioma, que es más utilizado en el contexto de la ingeniería que de la biología. Su clasificación global es de Marco Referencial que corresponden a la calidad de su organización conceptual.

En el caso del estudiante representativo, al igual que en la mayoría de los casos anteriores, presenta una organización conceptual compacta en la parte descriptiva (estática) de la diversidad celular. Su densidad es igual a 1, lo que indica coherencia en su discurso. Pero este valor está incrementado por el uso de 2 relaciones dobles (*puede haber y pueden ser*), y al cambiar esta redacción, el valor de densidad cambia a 1.25 y el índice de calidad global será:  $Q = 0.588$ . Estos valores no cambian el Marco de clasificación inicial. Pero el valor de correspondencia conceptual es bajo y se clasifica en el rango de Marco Nacional. De acuerdo a los criterios del MAP, la clasificación global será Marco Referencial, que es congruente con las características que muestra su organización conceptual, esto es, tiene una porción de buena calidad pero insuficiente para explicar por qué se da la diversidad celular, cómo ocurre y dónde se produce el proceso.

**Cuadro 20. Diagrama de correspondencia y clasificación de las organizaciones conceptuales de tres estudiantes de sexto semestre**

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Clasificación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante NOHF6</p> 	<p><b>Densidad</b>  <math>d = 12/13 = 0.923</math></p> <p><b>Índice de correspondencia conceptual</b>  <math>cc = 8/18 = 0.444</math></p> <p><b>Índice de correspondencia relacional</b>  <math>cr = 5/6 = 0.833</math></p> <p><b>Índice de correspondencia en el núcleo</b>  <math>n = 1/2 = 0.5</math></p> <p><b>Índice de calidad general</b>  <math>q = (0.444)(0.833) = 0.371</math></p> <p><b>Índice de calidad global del aprendizaje</b>  <math>Q = (0.371 + 0.5)/0.923 = 0.943</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 0.923 \leq 1.38</math></p> <p><math>0.25 \leq cc = 0.444 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.833 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.25 \leq q = 0.371 \leq 1</math></p> <p><math>Q = 0.943 \geq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización conceptual:</b>  <b>Marco Referencial</b></p>
<p>Diagrama estudiante RGEF6</p> 	<p><b>Densidad</b>  <math>d = 10/10 = 1</math></p> <p><b>Índice de correspondencia conceptual</b>  <math>cc = 4/18 = 0.222</math></p> <p><b>Índice de correspondencia relacional</b>  <math>cr = 3/3 = 1</math></p> <p><b>Índice de correspondencia con el núcleo</b>  <math>n = 1/2 = 0.5</math></p> <p><b>Índice de calidad general</b>  <math>q = (0.222)(1) = 0.222</math></p> <p><b>Índice de calidad global del aprendizaje</b>  <math>Q = (0.222 + 0.5)/1 = 0.722</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 1 \leq 1.38</math></p> <p><math>0 \leq cc = 0.222 \leq 0.25</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.062 \leq q = 0.222 \leq 0.25</math></p> <p><math>Q = 0.722 \geq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización conceptual:</b>  <b>Marco Referencial</b></p>

Continuación...

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante GCMF6</p>	<p><b>Densidad</b>  <math>d = 11/7 = 1.57</math></p> <p><b>Índice de correspondencia conceptual</b>  <math>cc = 5/18 = 0.275</math></p> <p><b>Índice de correspondencia relacional</b>  <math>cr = 3/4 = 0.75</math></p> <p><b>Índice de correspondencia en el núcleo</b>  <math>n = 1/2 = 0.5</math></p> <p><b>Índice de calidad general</b>  <math>n = q = (0.275)(0.75) = 0.208</math></p> <p><b>Índice de calidad global del aprendizaje</b>  <math>Q = (0.208 + 0.5) / 1.57 = 0.451</math></p>	<p><math>1.38 \leq d = 1.57 \leq 2</math></p> <p><math>0.25 \leq cc = 0.275 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.75 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.25 \leq q = 0.208 &lt; 1</math></p> <p><math>0.156 \leq Q = 0.451 \geq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización conceptual:</b>  <b>Marco Referencial</b></p>

En el caso del estudiante menos exitoso tiene una organización conceptual que incluye un concepto más que el estudiante anterior que alude a biosfera pero su patrón de razonamiento muestra debilidad, comparado con el criterio.

Es importante señalar que al agregar un concepto más, el estudiante se ubicaría en el rango de Marco Referencial para la correspondencia conceptual, que nos permite evidenciar la sensibilidad de las medidas asociadas que propone el Modelo de Análisis Proposicional, puesto que una mínima variación cambia la clasificación. Por otra parte, también nos permite apreciar que esta clasificación valorativa de un estudiante no es estable sino que puede cambiar en cualquier momento de su aprendizaje al acceder a nuevo conocimiento o por reestructuración de sus propios patrones de razonamiento estableciendo las relaciones que requiere para darle la precisión relacional requerida a su discurso.

Es notable que en este semestre ningún estudiante de la muestra haya mencionado el concepto **evolución**, en ninguna de las categorías utilizadas en el análisis: idéntico, equivalente o alusivo. Lo anterior podría deberse a que en este semestre (sexto), los estudiantes de la muestra cursan la materia de Genética que tiene un carácter más orientado a procesos y mecañismos, es decir, sus explicaciones se orientan a las causas próximas, más que a explicaciones causales basadas en la historia evolutiva del fenómeno en cuestión (Mayr, 1988). La posibilidad de que exista alguna relación entre las características que tienen las organizaciones conceptuales de estos estudiantes y el contexto en que fueron seleccionados para responder la pregunta sobre diversidad celular, será explorada en estudios futuros.

## Séptimo semestre

Los discursos de los tres estudiantes seleccionados para ejemplificar este semestre se muestran en el Cuadro 21.

**Cuadro 21. Respuestas y resultados del análisis semántico de tres estudiantes de séptimo semestre**

Respuestas	Análisis semántico
<p><b>Respuesta más exitosa</b>  <b>Estudiante MCCF7:</b> Diversidad celular.- a) Para organismos Pluricelulares. Es el que se presenten distintos tipos celulares, dependiendo del tejido de que se trate y del organismo de que se trate.  De acuerdo a la función que desempeñan las células, se han ido especializando y por lo tanto, diferenciando, por lo cual tenemos células con diferente morfología e incluso con diferente información genética. algunas de las diferencias más notorias que encontramos son las de receptores de membrana, proteínas de reconocimiento, comunicación celular (como la glicoproteína Glucocalix). También por ejemplo en el tipo celular del tejido muscular encontramos proteínas contráctiles. También encontramos diferencias en el citoesqueleto, así como en las dimensiones de la célula.  b) En cuanto a organismos unicelulares se observa que existen diferentes morfologías entre diferentes organismos. Otras diferencias son: por ejemplo al hablar de los flagelos en los procariontes (sin núcleo) se observa que están constituidos por una proteína llamada flagelina, la cual es diferente en estructura a la tubulina, proteína de los cilios de Eucariontes (células nucleadas). (Las diferencias están dadas por el número de microtúbulo).</p>	<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, organismos pluricelulares, tipos celulares, tejido, organismo, función, células, células, morfología, información genética, diferencias, receptores de membrana, proteínas de reconocimiento, comunicación celular, glicoproteína glucocalix, tejido muscular, proteínas contráctiles, citoesqueleto, célula, organismos unicelulares, morfologías, organismos, flagelos, procariontes, núcleo, proteína, flagelina, estructura, tubulina, proteína, cilios, eucariontes, células nucleadas, microtúbulos. Total 34.  <b>Relaciones:</b> (:), para, es, se presenten, dependiendo, se trate, se trate, y, de acuerdo a, desempeñan, se han ido especializando, y, por lo tanto, diferenciando, por lo cual, tenemos, con, e, incluso, son, para, también, encontramos, encontramos, así como, en cuanto a, existen, son, (:), sin, están constituidos por, es, están dadas, por. Total 34.  <b>Conectores gramaticales:</b> que, del, del, que, con, de, de, como, en, en, de, entre, de, en, que, en, a, de, de, de. <b>Modificadores gramaticales:</b> el, distintos, la, las, diferente, diferente, algunas, las, más, notorias, las, el, el, las, dimensiones, la, diferentes, los diferentes, otras, los, los, una, la, cual, diferente, la, los, las, el, número. Utiliza otros componentes: por ejemplo, al hablar, por ejemplo, se observa.</p>

Continuación...

En este semestre los tres estudiantes presentan un discurso con características clasificatorias. El estudiante más exitoso, desde el inicio de su respuesta, abre una clasificación para organismos multicelulares y unicelulares y discute las diferencias entre cada uno de ellos. En los otros dos casos, las respuestas se presentan como cuadros estructurados que clasifican características. El análisis semántico muestra un alto número de conceptos y relaciones en sus discursos.

El análisis proposicional de estos estudiantes produce varias proposiciones y núcleos múltiples (ver Cuadro 22): el estudiante más exitoso, presenta cinco proposiciones que conforman seis núcleos múltiples, lo que indica que su discurso está fuertemente estructurado; el estudiante representativo cuatro proposiciones y cuatro núcleos, dos de ellos múltiples y el estudiante menos exitoso dos proposiciones y tres núcleos múltiples. La presencia de núcleos múltiples indica que sus discursos, a pesar de ser clasificatorios, tienen una estructura y no son sólo listados de conceptos.

Respuestas	Análisis semántico																				
<p><b>Respuesta representativa</b>  <b>Estudiante ARGM7:</b> Yo entiendo que se refiere a la distinción que existe entre las células procariontes y eucariontes las diferencias se pueden deber a causas evolutivas por ejemplo la teoría de endosimbiosis que postulan el origen procarionte de mitocondrias, núcleo y cloroplastos de las células eucariontes</p> <p><b>Procariontes</b>  sin membrana nuclear  material genético arreglado como cromatina</p> <p><b>Eucariontes</b>  con membrana nuclear  material genético arreglado en cromosomas  flagelos 9 + 2  hay diferencias en sus coeficientes de sedimentación en sus ribosomas</p> <p>Nota: por razones de espacio no se ubican estos conceptos en la forma original, es decir, como cuadro comparativo.</p>	<p><b>Conceptos:</b> (diversidad celular), células, procariontes, eucariontes, diferencias, causas evolutivas, teoría de endosimbiosis, origen procarionte, mitocondria, núcleo, cloroplastos, células eucariontes. Procariontes, membrana nuclear, material genético, cromatina, Eucariontes, membrana nuclear, material genético, cromosomas, flagelos 9+2, diferencias, coeficientes de sedimentación, ribosomas. Total 24.</p> <p><b>Relaciones:</b> se refiere a, existe, y, se pueden, deber, postulan, y, sin, (y), arreglado, como, y, arreglado, (tiene), hay, sus, sus. Total 17.</p> <p><b>Conectores gramaticales:</b> que, entre, a, que, de, de, como, en, en, de. <b>Modificadores gramaticales:</b> la, distinción, las, la, el, las</p> <p>Utiliza otros componentes: se entiende que.</p>																				
<p><b>Respuesta menos exitosa</b>  <b>Estudiante EVLF7:</b> La diversidad celular es la diferencia de células que se pueden clasificar en: eucariontes y procariontes. Las primeras se dice que tiene núcleo verdadero y las segundas son anucleadas.</p> <p><b>Eucariontes</b>  <b>Procariontes</b></p> <table data-bbox="204 1266 537 1527"> <tr> <td>núcleo</td> <td>no</td> </tr> <tr> <td>material genético</td> <td>suelto en</td> </tr> <tr> <td>empaquetado</td> <td>citoplasma</td> </tr> <tr> <td>pared celular</td> <td>no pared</td> </tr> <tr> <td>tubulina en</td> <td>flagelina</td> </tr> <tr> <td>flagelo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>flagelo</td> <td>flagelo y</td> </tr> <tr> <td>cilios</td> <td></td> </tr> <tr> <td>multicelulares</td> <td></td> </tr> <tr> <td>unicelulares</td> <td></td> </tr> </table>	núcleo	no	material genético	suelto en	empaquetado	citoplasma	pared celular	no pared	tubulina en	flagelina	flagelo		flagelo	flagelo y	cilios		multicelulares		unicelulares		<p><b>Conceptos:</b> diversidad celular, diferencia, células, eucariontes, procariontes, núcleo, anucleadas, eucariontes, núcleo, material genético, pared celular, tubulina, flagelo, flagelo, multicelulares, procariontes, (núcleo), (material genético), citoplasma, pared, flagelina, (flagelo), flagelo, cilios, unicelulares. Total 25.</p> <p><b>Relaciones:</b> es, se pueden, clasificar, y, tiene, y, son, no, no, y, (tiene), (tiene), (tiene), (tiene), (tiene), (tiene), (tiene), (tiene), (tiene), (son), (son). Total 21. En este caso, el estudiante elabora un cuadro comparativo entre eucariontes y procariontes, y las líneas divisorias explícitas están indicando la presencia implícita de once relaciones que se muestran entre paréntesis.</p> <p><b>Conectores gramaticales:</b> de, que, en.</p> <p><b>Modificadores gramaticales:</b> la, la, las, primeras, verdadero, las, segundas, empaquetado. No utiliza otros componentes.</p>
núcleo	no																				
material genético	suelto en																				
empaquetado	citoplasma																				
pared celular	no pared																				
tubulina en	flagelina																				
flagelo																					
flagelo	flagelo y																				
cilios																					
multicelulares																					
unicelulares																					

**Cuadro 22. Resultados del análisis proposicional con proposiciones y núcleos de tres estudiantes de séptimo semestre**

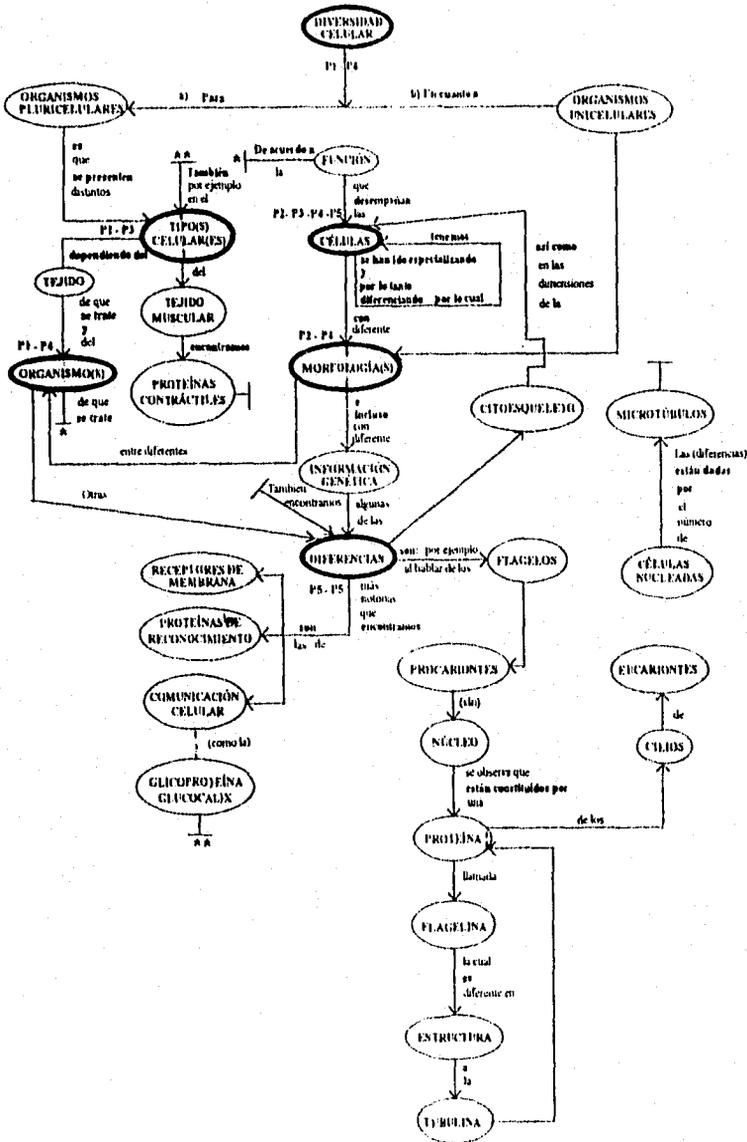
<p><b>Estudiante</b> <b>MCCF7:</b></p>	<p><b>Proposición 1:</b> Diversidad celular.- a) Para organismos Pluricelulares. Es el que se presente distintos tipos celulares, dependiendo del tejido de que se trate y del organismo de que se trate.</p> <p><b>Proposición 2:</b> De acuerdo a la función que desempeñan las células, se han ido especializando y por lo tanto, diferenciando, por lo cual tenemos células con diferente morfología e incluso con diferente información genética.</p> <p><b>Proposición 3:</b> Algunas de las diferencias más notorias que encontramos son las de receptores de membrana, proteoas de reconocimiento, comunicación celular (como la glicoproteína Glucocalix). También por ejemplo en el tipo celular del tejido muscular encontramos proteínas contráctiles. También encontramos diferencias en el citoesqueleto, así como en las dimensiones de la célula.</p> <p><b>Proposición 4:</b> b) En cuanto a organismos unicelulares se observa que existen diferentes morfologías entre diferentes organismos.</p> <p><b>Proposición 5:</b> Otras diferencias son: por ejemplo al hablar de los flagelos en los procariontes (sin núcleo) se observa que están constituidos por una proteína llamada flagelina, la cual es diferente en estructura a la tubulina, proteína de los cilios de Eucariontes (células nucleadas). (Las diferencias están dadas por el número de microtúbulos).</p>	<p><b>Núcleos:</b> diversidad celular P1-P4 organismos P1-P4 tipos celulares P1-P3 diferencias P3-P5 célula P2-P4-P3-P5 morfología P2-P4</p> <p><b>Núcleos múltiples:</b>  P1 - P4 P1 - P3 P2 - P4</p>
--	---	--

Continuación...

<b>Estudiante ARGM7:</b>	<p><b>Proposición 1:</b> Yo entiendo que se refiere a la distinción que existe entre las células procariontes y eucariontes</p> <p><b>Proposición 2:</b> las diferencias se pueden deber a causas evolutivas por ejemplo la teoría de endosimbiosis que postulan el origen procarionte de mitocondrias, núcleo y cloroplastos de las células eucariontes</p> <p><b>Proposición 3:</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Procariontes</td> <td>Eucariontes</td> </tr> <tr> <td>sin membrana nuclear</td> <td>con membrana nuclear</td> </tr> <tr> <td>materia genética arreglado</td> <td>y materia genética arreglado</td> </tr> <tr> <td>como cromatina</td> <td>en cromosomas</td> </tr> <tr> <td></td> <td>flagelos 9+2</td> </tr> </table> <p><b>Proposición 4:</b> hay diferencias en sus coeficientes de sedimentación de sus ribosomas</p>	Procariontes	Eucariontes	sin membrana nuclear	con membrana nuclear	materia genética arreglado	y materia genética arreglado	como cromatina	en cromosomas		flagelos 9+2	<p><b>Núcleos:</b> célula P1-P2-P3-P4 procariontes P1-P2-P3 eucarionte P1-P2-P3 diferencias P2-P4</p> <p><b>Núcleo múltiple:</b> P1 - P2 -P3</p>						
Procariontes	Eucariontes																	
sin membrana nuclear	con membrana nuclear																	
materia genética arreglado	y materia genética arreglado																	
como cromatina	en cromosomas																	
	flagelos 9+2																	
<b>Estudiante EVLF7:</b>	<p><b>Proposición 1:</b> La diversidad celular es la diferencia de células que se pueden clasificar en: eucariontes y procariontes. Las primeras se dice que tiene núcleo verdadero y las segundas son anucleadas</p> <p><b>Proposición 2:</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Eucariontes</td> <td>Procariontes</td> </tr> <tr> <td>núcleo</td> <td>no</td> </tr> <tr> <td>materia genética empaquetado</td> <td>suelto en</td> </tr> <tr> <td>citoplasma</td> <td></td> </tr> <tr> <td>pared celular</td> <td>no pared</td> </tr> <tr> <td>tubulina en flagelo</td> <td>flagelina</td> </tr> <tr> <td>flagelo</td> <td>flagelo y cilios</td> </tr> <tr> <td>multicelulares</td> <td>unicelulares</td> </tr> </table>	Eucariontes	Procariontes	núcleo	no	materia genética empaquetado	suelto en	citoplasma		pared celular	no pared	tubulina en flagelo	flagelina	flagelo	flagelo y cilios	multicelulares	unicelulares	<p><b>Núcleos:</b> eucariontes P1-P2 procariontes P1-P2 núcleo P1-P2</p> <p><b>Núcleo múltiple:</b> P1 - P2</p>
Eucariontes	Procariontes																	
núcleo	no																	
materia genética empaquetado	suelto en																	
citoplasma																		
pared celular	no pared																	
tubulina en flagelo	flagelina																	
flagelo	flagelo y cilios																	
multicelulares	unicelulares																	

Los mapas proposicionales de los discursos extendidos se muestran en las Figuras 21, 22 y 23. Se observa que los mapas de los estudiantes de este semestre también son estructurados, aunque se trate de clasificaciones. Presentan núcleos en sus organizaciones conceptuales, que no es característico de organizaciones clasificatorias que son lineales y sin relaciones lógicas entre ellos.

Figura 21. Mapa proposicional del estudiante más exitoso de séptimo semestre

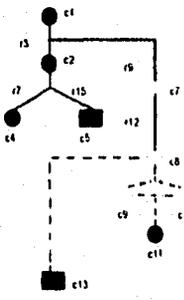






Los diagramas de correspondencia con el criterio (ver Cuadro 23) muestran algunas inconsistencias en cuanto a su clasificación, debidas principalmente al estilo de respuesta de los estudiantes. La forma clasificatoria mediante cuadros, aunque comprensibles, disminuyen el valor del índice de correspondencia relacional, puesto que hay relaciones implícitas representadas, en el mejor de los casos, por líneas (como una matriz). Esto le resta coherencia al discurso y disminuye el índice de calidad global.

**Cuadro 25 Análisis de correspondencia y clasificación de las organizaciones conceptuales de tres estudiantes de séptimo semestre**

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante MCCF7</p> 	<p>Densidad = <math>d = 34/34 = 1</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual = <math>cc = 10/18 = 0,555</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional = <math>cr = 4/7 = 0,571</math></p> <p>Índice de correspondencia en el nócleo = <math>n = 2/2 = 1</math></p> <p>Índice de calidad general = <math>q = (0,555)(0,571) = 0,318</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje = <math>Q = (0,318 + 1) / 1 = 1,318</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 1 \leq 1,38</math></p> <p><math>0,5 \leq cc = 0,555 \leq 1</math></p> <p><math>0,5 \leq cr = 0,571 \leq 1</math></p> <p><math>0,5 \leq n = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0,25 \leq q = 0,318 \leq 1</math></p> <p><math>Q = 1,318 \geq 0,543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización conceptual: Marco Conceptual</b></p>

Continuación...

Diagrama de correspondencia	Índices de correspondencia y calidad	Ubicación dentro del rango criterio (Cuadro 1)
<p>Diagrama estudiante ARGM7</p>	<p>Densidad  <math>= d = 24/17 = 1.412</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual  <math>= cc = 8/18 = 0.444</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional  <math>= cr = 4/5 = 0.8</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo  <math>= n = 2/2 = 1</math></p> <p>Índice de calidad general  <math>= q = (0.444)(0.8) = 0.356</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje  <math>= Q = (0.356 + 1)/1.6 = 0.847</math></p>	<p><math>1.38 &lt; d = 1.412 \leq 2</math></p> <p><math>0.25 \leq cc = 0.444 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq cr = 0.8 \leq 1</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 1 \leq 1</math></p> <p><math>0.25 \leq q = 0.356 \leq 0.5</math></p> <p><math>Q = 0.847 \geq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización conceptual: Marco Referencial</b></p>
<p>Diagrama estudiante EVLF7</p>	<p>Densidad:  <math>= d = 25/22 = 1.136</math></p> <p>Índice de correspondencia conceptual  <math>= cc = 6/18 = 0.333</math></p> <p>Índice de correspondencia relacional  <math>= cr = 1/4 = 0.25</math></p> <p>Índice de correspondencia en el núcleo  <math>= n = 1/2 = 0.5</math></p> <p>Índice de calidad general  <math>= q = (0.333)(0.25) = 0.0833</math></p> <p>Índice de calidad global del aprendizaje  <math>= Q = (0.0833 + 0.5)/1.136 = 0.514</math></p>	<p><math>0 &lt; d = 1.136 \leq 1.38</math></p> <p><math>0.25 \leq cc = 0.333 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.25 \leq cr = 0.25 \leq 0.5</math></p> <p><math>0.5 \leq n = 0.5 \leq 1</math></p> <p><math>0.062 \leq q = 0.083 \leq 0.25</math></p> <p><math>0.156 \leq Q = 0.514 \geq 0.543</math></p> <p><b>Clasificación global de la organización conceptual: Marco Referencial</b></p>

Así, en la propia clasificación inicial del estudiante más exitoso, representativo y menos exitoso, hay una influencia muy fuerte de la baja densidad que caracteriza una clasificación (valores numéricos altos), ya que disminuye el valor del índice de calidad del aprendizaje y lo ubica en otra categoría menor.

Si hacemos un análisis del índice de calidad global  $Q$  considerando cuál sería su variación si no se ponderara por la densidad, obtendríamos un índice  $Q^*$  que no tomaría en cuenta la coherencia del discurso. El objetivo de este ejercicio analítico

es determinar el peso que tiene la coherencia en el índice de calidad del aprendizaje. Entonces, si consideramos sólo el valor de  $q$  y le sumamos la correspondencia con el núcleo, los estudiantes quedarían como sigue:

a. estudiante más exitoso:  $Q^* = 1.318$  (sin variación porque la densidad es 1)

b. estudiante representativo:  $Q = 1.847$  ( $d = 1.4$ ), se transformaría en  $Q^* = 1.355$ , más alto que el más exitoso, por lo cual calificaría como "el más exitoso".

c. estudiante menos exitoso:  $Q = 0.514$  ( $d = 1.136$ ), se transformaría en  $Q^* = 0.583$ , lo cual lo deja como el menos exitoso, pero cambiaría la clasificación de su índice de calidad del aprendizaje de Marco Referencial a Conceptual.

El ejercicio anterior muestra que la densidad tiene efecto en algunos casos cambiando el valor del índice de calidad global del aprendizaje. Las densidades muy pequeñas (valores numéricos altos), afectan el valor del índice. Por esta razón, en el análisis se debe ser muy cuidadoso en el sentido de no ubicar automáticamente una organización conceptual según los valores numéricos, sino que es necesario realizar un cuidadoso análisis cualitativo, especialmente con el valor de densidad, para ubicar finalmente la organización de un estudiante en un determinado Marco.

Dado que el criterio para seleccionar a los diferentes estudiantes fue el valor numérico que obtuvieron de calidad global del aprendizaje, el análisis anterior queda sólo como un ejemplo de la plasticidad del Modelo en su análisis cualitativo.

Considerando al estudiante más exitoso, todos sus índices se encuentran en el rango de Marco Conceptual, lo que indica: precisión en la información a nivel conceptual; en el patrón de razonamiento en correspondencia con el criterio, aunque no presenta la relación R4 del criterio (relación  $y$  que vincula los conceptos morfológica(mente) y fisiológicamente). Además, utiliza dos relaciones que no están en correspondencia con las R7 y R8 del profesor (R7 es la relación  $y$ ; R8 es la relación *son*). Esta situación hace que disminuya su índice de correspondencia relacional.

Otra razón por la que tiene un índice de calidad global del aprendizaje algo superior al límite, se debe a que a mayor número de conceptos en correspondencia con el criterio (en este caso son diez conceptos), requiere tener más relaciones en correspondencia (siete). Pero el índice de calidad de la organización conceptual, por definición, atenúa estas diferencias y el estudiante se clasifica en forma global en Marco Conceptual.

En el caso del estudiante representativo, se ubicaría de todas maneras en Marco Referencial, dado que su índice de correspondencia conceptual se ubica en este Marco. En el caso del estudiante menos exitoso, su ubicación en Marco Referencial no tiene discusión, ya que cuatro de sus índices se clasifican en dicho Marco.

## Análisis grupal por semestre

En este capítulo se muestran los resultados a nivel de grupo por cada semestre. Estos resultados corresponden a la muestra de 47 estudiantes de los siete semestres en estudio. Se hace una comparación de las distribuciones entre cada uno de los semestres en relación con cada uno de los índices. Cada uno de ellos presenta un comportamiento singular como se puede observar en cada una de las gráficas (Gráfica 1 a la Gráfica 6).

El resumen de los resultados obtenidos mediante la utilización del Modelo de Análisis Proposicional por grupo/semestre se muestran en la Tabla 1. En ella podemos observar los valores promedios y la desviación estándar de los índices de precisión de la información del discurso respecto al profesor (índice de correspondencia conceptual), índice de precisión en el patrón de razonamiento del mismo (correspondencia en relaciones lógicas), índice de precisión respecto a la información básica o fundamental del contenido enseñado por el profesor (correspondencia con el núcleo conceptual del criterio), índice de coherencia del discurso extendido (densidad lógico-conceptual), índice de calidad de conceptos y relaciones lógicas en correspondencia con el criterio (índice q), el índice de calidad global del aprendizaje (índice Q) y las diferencias significativas encontradas en la muestra.

Se incluyen las clasificaciones en los rangos de Marco Conceptual (MC), Referencial (MR) y Nocional (MN) de todos los índices para cada grupo/semestre y la clasificación grupal por semestre, producto tanto de análisis cuantitativo como cualitativo. Dado que, cada uno de los diferentes índices valoran aspectos diferentes de la organización conceptual de los estudiantes, se analizan y discuten los índices por separado a partir de tablas y su respectiva gráfica.

**Tabla 1. Valores promedios y desviación estándar de Índices y clasificación por grupo/semestre**

Índices Semestre	Correspond. conceptual (cc)	Correspond. relacional (cr)	Correspond. en el núcleo (n)	Densidad (d)	Índice de calidad (q)	Índice de calidad global (Q)	Marco grupal
Semestre 1 N=11	x = .242 s = .091 MN	x = .718 s = .228 MC	x = .682 s = .252 MC	x = 1.059 s = .176 MC	x = .185 s = .091 MR	x = .836 s = .307 MC	MR
Semestre 2 N=8	x = .222 s = .039 MN	x = .803 s = .187 MC	x = .500 s = .000 MC	x = 1.038 s = .274 MC	x = .186 s = .067 MR	x = .683 s = .177 MC	MR
Semestre 3 N=6	x = .343 s = .138 MR	x = .712 s = .225 MC	x = .667 s = .258 MC	x = 1.041 s = .276 MC	x = .231 s = .101 MR	x = .946 s = .536 MC	MR
Semestre 4 N=8	x = .319 s = .145 MR	x = .614 s = .280 MC	x = .754 s = .225 MC	x = 1.106 s = .583 MC	x = .221 s = .077 MR	x = .978 s = .473 MC	MR
Semestre 5 N=3	x = .372 s = .224 MR	x = .793 s = .180 MC	x = .667 s = .287 MC	x = 1.066 s = .287 MC	x = .257 s = .112 MC	x = .942 s = .555 MC	MR
Semestre 6 N=6	x = .333 s = .145 MR	x = .684 s = .314 MC	x = .500 s = .000 MC	x = 1.067 s = .313 MC	x = .241 s = .097 MC	x = .733 s = .174 MC	MR
Semestre 7 N=7	x = .424 s = .080 MR	x = .499 s = .225 MR	x = .714 s = .267 MC	x = 1.189 s = .107 MC	x = .218 s = .108 MR	x = .778 s = .268 MC	MR
Diferencias significativas	SI cc1-cc7 cc2-cc7	SI cr2-cr7 cr5-cr7	SI n1-n6 n6-n7 n4-n6				

A continuación se presentan los resultados de los promedios de los valores de los índices del Modelo a nivel grupal de cada semestre.

### Índice de correspondencia conceptual a nivel grupal

En primer lugar se muestra el comportamiento grupal por semestre del índice de correspondencia conceptual comparados con la organización criterio. Desde la perspectiva del aprendizaje, esos valores representan la cantidad de conceptos en correspondencia con la organización del criterio que presentan los estudiantes y se clasifican en Marco Nocional, Referencial o Conceptual, según el valor numérico que presentan. La Tabla 2 muestra los valores promedio, desviación estándar y diferencias significativas entre los semestres, así como la clasificación a nivel grupal. (ver Tabla 2).

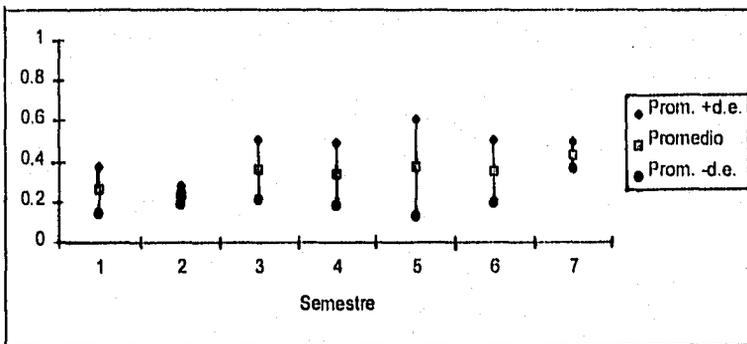
**Tabla 2. Valores promedio y desviación estándar del Índice de Correspondencia Conceptual a nivel grupal por semestre**

Semestre	Promedio y desviación estándar	Diferencias significativas	Clasificación grupal en el rango de
Primero N = 11	x = 0.242 s = 0.091	c1- c7	Marco Nocional
Segundo N = 5	x = 0.222 s = 0.039	c2-c7	Marco Nocional
Tercero N = 6	x = 0.343 s = 0.138		Marco Referencial
Cuarto N = 8	x = 0.319 s = 0.145		Marco Referencial
Quinto N = 3	x = 0.372 s = 0.224		Marco Referencial
Sexto N = 6	x = 0.333 s = 0.145		Marco Referencial
Séptimo N = 7	x = 0.424 s = 0.080	c7-c1 c7-c2	Marco Referencial

Los valores de los índices de correspondencia promedio de los estudiantes de primero y segundo semestre se clasifican en el rango de Marco Nocional. Esta clasificación indica que su nivel de precisión conceptual es inferior al 25% respecto al criterio. Este nivel de precisión era esperado puesto que estos estudiantes aun no cursan la materia de Biología Celular. La determinación de este índice tiene un valor

diagnóstico. Los discursos emitidos por los estudiantes del resto de los semestres, a partir del tercero tienen un nivel de precisión de la información que se clasifica en el rango de Marco Referencial, que indica que sus discursos son razonablemente precisos en los conceptos en correspondencia con el criterio. Estos valores obtenidos confirman la hipótesis general que plantea el Modelo de Análisis Proposicional de que los estudiantes no aprenden información científica con precisión conceptual superior al 50 %. Aunque esta hipótesis parece muy drástica, los resultados obtenidos la confirman. A nivel individual, se puede encontrar estudiantes que tienen valores más altos del 50 %; por ejemplo, el caso de los estudiante más exitoso de quinto y séptimo semestre (ver Cuadros 19 y 25). Las diferencias de estos estudiantes al interior de cada grupo y entre los semestres se muestra en la Gráfica 1.

**Gráfica 1. Promedio y grado de dispersión del Índice de Correspondencia Conceptual a nivel grupal por semestre**



En esta gráfica se puede observar una tendencia al incremento en la correspondencia conceptual de los estudiantes hacia el séptimo semestre. Es notable la diferencia en los grados de dispersión que se presenta en cada uno de ellos, siendo la mayor en el quinto semestre, congruente con el análisis cualitativo realizado en el análisis por casos individuales, dado que el estudiante con el mayor número de conceptos (once conceptos en correspondencia, el más exitoso y cuatro, el menos exitoso) pertenece a este grupo. En el séptimo semestre se observa que hay un grado de dispersión menor, lo que indica que hay una mayor homogeneidad en este grupo de estudiantes que en el resto. Este es el promedio más alto de la muestra. El caso más exitoso tiene diez conceptos y el menos exitoso seis en correspondencia (ver Cuadro 25).

El grupo que presenta el valor promedio más bajo es el segundo semestre y también el grado de dispersión más bajo, lo que indica homogeneidad. Si vemos el Cuadro 10, podremos notar que los tres estudiantes de este semestre (el más exitoso, el representativo y el menos exitoso) tienen el mismo número de conceptos en correspondencia (cuatro). El primer semestre tiene un valor promedio ligeramente superior al del segundo semestre pero muestra un grado de dispersión mayor. En este semestre encontramos que el estudiante más exitoso tiene siete conceptos en correspondencia, el representativo tiene cinco y el menos exitoso dos (ver Cuadro 7), que explica la heterogeneidad reflejada en el grado de dispersión. Aunque un estudiante presente un número alto de conceptos en correspondencia, el promedio del grupo es bajo, similar a los estudiantes del segundo semestre, lo que explica las diferencias significativas respecto al séptimo semestre que tiene el promedio más alto.

El grupo que está en tercer lugar, es el cuarto semestre, cuyo valor promedio es ligeramente inferior al del quinto. En este semestre, el caso más exitoso presenta siete conceptos en correspondencia, el representativo ocho y el menos exitoso solamente dos (ver Cuadro 16). A pesar de no presentar un grado de dispersión muy alto, el promedio del grupo es relativamente bajo.

### **Indices de Correspondencia Relacional a nivel grupal**

El índice de correspondencia relacional indica la proporción de relaciones que presentan los estudiantes respecto al número de relaciones que el profesor ha utilizado para un conjunto de conceptos en correspondencia. Los valores promedio de los índices de correspondencia relacional por semestre y la desviación estándar se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Valores promedio y desviación estándar del Índice de Correspondencia Relacional a nivel grupal por semestre**

Semestre	Promedio y desviación estándar	Diferencias significativas	Clasificación grupal en el rango de
Primero N = 11	x = 0.718 s = 0.228		Marco Conceptual
Segundo N = 5	x = 0.803 s = 0.187	cr2-cr7	Marco Conceptual
Tercero N = 6	x = 0.712 s = 0.225		Marco Conceptual
Cuarto N = 8	x = 0.614 s = 0.280		Marco Conceptual
Quinto N = 3	x = 0.793 s = 0.180	cr5-cr7	Marco Conceptual
Sexto N = 6	x = 0.685 s = 0.314		Marco Conceptual
Séptimo N = 7	x = 0.499 s = 0.225	cr7-cr2 cr7-cr5	Marco Referencial

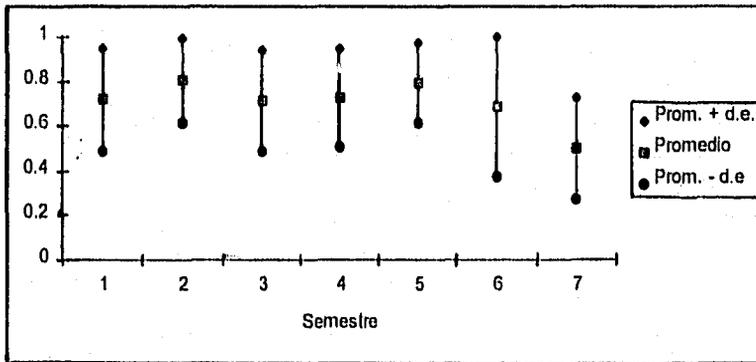
Estos valores indican que la precisión en el patrón de razonamiento de los estudiantes se encuentra en el rango de Marco Conceptual, excepto en el séptimo semestre que se encuentra en el límite del rango que lo clasifica en Marco Referencial (si se redondea este valor, se ubicaría en el rango de Marco Conceptual).

La razón por la que este valor promedio es relativamente más bajo tiene que ver con el índice de correspondencia conceptual. En este semestre los estudiantes tienen, en promedio, un número mayor de conceptos en correspondencia con el criterio que los estudiantes del resto de los semestres. Esto demanda un número mayor de relaciones lógicas que los conecten y que estén en correspondencia con el criterio. Dado que sus discursos no presentan las relaciones requeridas, se observa esta situación que parece paradójica.

En los casos analizados individualmente se puede observar en el Cuadro 5 que en distintos grados, los estudiantes presentan sus propias relaciones entre los conceptos pero éstos no están en correspondencia con el criterio. Una posible explicación a este fenómeno es que los estudiantes se alejan del patrón de razonamiento del criterio, porque los discursos que emiten tienen una característica común: tienden a elaborar cuadros sintéticos con relaciones implícitas. Esta característica observada se corrobora con los valores de densidad del discurso, que para este semestre, tiene el valor numérico más alto, es decir, la densidad más baja de todos los semestres. Un cuadro sintético disminuye el número de relaciones lógicas explícitas, pero no le resta coherencia al discurso, puesto que, presentado en forma matricial, refleja una buena estructuración del contenido.

Los valores obtenidos difieren de la hipótesis general que plantea el Modelo de Análisis Proposicional de que "los estudiantes no aprenden información científica con precisión relacional superior al 50 %". En el estudio, sólo el séptimo semestre presenta un valor ligeramente inferior a 50%. Es preciso señalar que la respuesta criterio del ítem que se ha utilizado como instrumento en este estudio tiene características particulares. Contiene un número relativamente pequeño de conceptos: dieciocho conceptos y trece relaciones lógicas (ver diagrama del criterio en la Figura 2). A pesar de esta peculiaridad, los estudiantes no alcanzan valores altos en correspondencia conceptual. El único promedio que se acerca al 50% ( $x = 0.424$ ), es el que corresponde al séptimo semestre, aunque no alcanza el 50% en correspondencia relacional ( $x = 0.499$ ). Sin embargo, los valores de correspondencia relacional superiores al 50% se presentan en el resto de los semestres y se pueden interpretar como que la porción de conceptos asimilada por los estudiantes está fuertemente conectada. El comportamiento grupal se puede observar en la Gráfica 2.

**Gráfica 2. Promedio y grado de dispersión del Índice de Correspondencia Relacional a nivel grupal por semestre**



En la gráfica observamos que los índices de correspondencia relacional son variables. Se incrementa a nivel del segundo semestre, alcanza casi el mismo valor en el tercer semestre para volver a incrementar en el cuarto semestre y nuevamente disminuir hasta el valor más bajo, que corresponde al séptimo semestre.

Dado que este valor es dependiente de la correspondencia conceptual, podemos inferir que a mayor número de conceptos en correspondencia, la demanda de relaciones se incrementa porque en la organización criterio, cada par de conceptos

contiene una o más relaciones lógicas que deberían estar presentes en el estudiante cuando utiliza dichos conceptos. Si el discurso emitido por el estudiante no contiene las relaciones necesarias para conectarlos, este índice disminuirá notablemente, como ocurre en los casos analizados y en particular, en el séptimo semestre.

### Correspondencia con el núcleo a nivel grupal

El índice de correspondencia en el núcleo del criterio es importante porque representa la asimilación de lo básico enseñado en la organización conceptual de los estudiantes. Los valores promedio y la desviación estándar de los índices de correspondencia con el núcleo del criterio se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4. Valores promedio y desviación estándar del Índice de Correspondencia con el núcleo a nivel grupal por semestre**

Semestre	Promedio y desviación estándar	Diferencias significativas	Clasificación grupal en el rango de
Primero N = 11	x = 0.682 s = 0.252	n1-n6	Marco Conceptual
Segundo N = 5	x = 0.500 s = 0.000		Marco Conceptual
Tercero N = 6	x = 0.667 s = 0.2582		Marco Conceptual
Cuarto N = 8	x = 0.754 s = 0.225	n4-n6	Marco Conceptual
Quinto N = 3	x = 0.667 s = 0.287		Marco Conceptual
Sexto N = 6	x = 0.500 s = 0.000	n6-n1 n6-n7 n6-n4	Marco Conceptual
Séptimo N = 7	x = 0.714 s = 0.267	n7-n6	Marco Conceptual

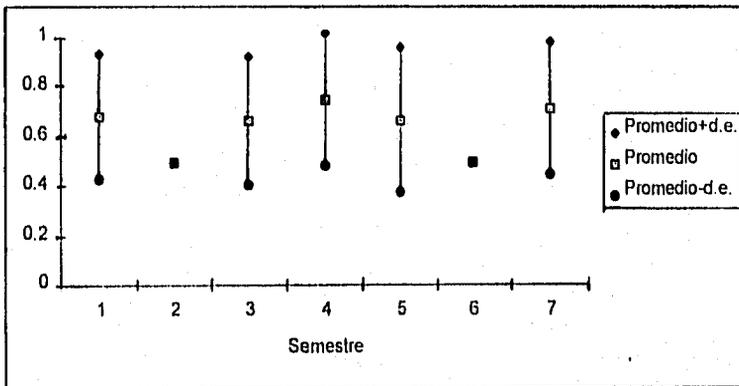
El índice de correspondencia con el núcleo es uno de los más importantes en el Modelo, ya que estos valores indican que los estudiantes han asimilado los conceptos que organizan "lo básico o fundamental" de un contenido temático. Para el caso del concepto **diversidad celular** utilizado en este estudio, el análisis proposicional de la respuesta del profesor considerada como el criterio de comparación, nos muestra que su discurso se estructura en dos conceptos: **célula** y **cambio**, que constituyen los núcleos conceptuales. Ambos conceptos son el mínimo esperado en los discursos de los estudiantes. En este caso particular, dado que son

sólo dos conceptos nucleares, los valores de los estudiantes se mueven en un rango que varía desde cero, 0.5 a uno, es decir, si no lo presentan,  $n = 0$ ; si tienen uno de ellos  $n = 0.5$  y si tiene los dos conceptos,  $n = 1$ . La presencia de sólo dos conceptos nucleares, donde uno de ellos, el concepto **célula** es de uso casi obligado para responder la pregunta -aunque sea en su mínima expresión- da valores del índice de correspondencia con el núcleo que clasifica en el rango de Marco Conceptual, en los estudiantes de todos los semestres. La peculiaridad de este caso (sólo dos conceptos nucleares) no es frecuente y en otros contenidos analizados en el proyecto general hemos encontrado un mayor número de núcleos, lo cual hace muy difícil una correspondencia de 100% con el criterio, como se presenta aquí.

La discusión anterior es importante, porque los altos promedios obtenidas por los estudiantes y su clasificación en el rango de Marco Conceptual en todos los grupos en estudio, podrían llevar a una conclusión errónea, en el sentido de suponer que los estudiantes han asimilado mucho más del 50% de los conceptos básicos del contenido analizado. Es preciso aclarar que el total de conceptos básicos es dieciocho, por lo que los conceptos en correspondencia con el núcleo alcanzan sólo el 11.1% del total de conceptos en correspondencia que constituyen el conocimiento básica sobre el tema. Esto sucede cuando el estudiante tiene los dos núcleos presentes en su organización conceptual. Aunado a lo anterior, la propia pregunta (*¿Qué entiende por diversidad celular? Con base en este concepto, explica por qué existen diferencias entre las células y cuáles son.*), contiene el concepto **célula**. Por lo anterior, aunque el estudiante sólo respondiera: *"la diversidad celular son los diferentes tipos de células"*, tiene ya la mitad del núcleo conceptual y en el estudio, es la respuesta mínima en algunos casos analizados.

Dada la discusión anterior y que el 100% de las estudiantes tiene el concepto **célula**, para este ítem en particular, cualquier valor del índice de correspondencia en el núcleo superior a 0.5 está indicando que algún estudiante de la muestra tiene el concepto **evolución** o **cambio** incorporado a su organización conceptual con algún grado de precisión. El comportamiento grupal se puede observar en la Gráfica 3.

**Gráfica 3. Promedio y grado de dispersión de Índice de Correspondencia con el Núcleo a nivel grupal por semestre**



Como se puede apreciar en la Gráfica 3, los semestres 1, 3, 4, 5 y 7 muestran la presencia del concepto **cambio** o **evolución**, siendo el cuarto semestre el que con mayor frecuencia utiliza este concepto. Los grados de dispersión en los mismos semestres es apreciable, lo que indica que hay una gran diferencia entre las respuestas de los estudiantes. En los casos de los semestres 2 y 6 no hay diferencias debido a que no utilizan el concepto **cambio** o **evolución** en sus discursos. Todo lo anterior está indicando que hay una gran variabilidad en la asimilación de los conceptos nucleares y en particular, en lo que se refiere al concepto **evolución**.

En los valores promedio hay diferencias significativas entre el primero y el sexto semestre; entre el cuarto y el sexto semestre y entre el cuarto y séptimo semestre. Esto quiere decir que en los semestres primero, cuarto y séptimo comparado con el sexto, hay una proporción significativa en el uso del concepto nuclear.

### **Coherencia del discurso a nivel grupal**

La densidad del discurso representa la proporción entre el número de conceptos y las relaciones lógicas de un discurso. El promedio de los resultados obtenidos del índice de coherencia del discurso que representa esta densidad lógico-conceptual se muestran en la Tabla 5.

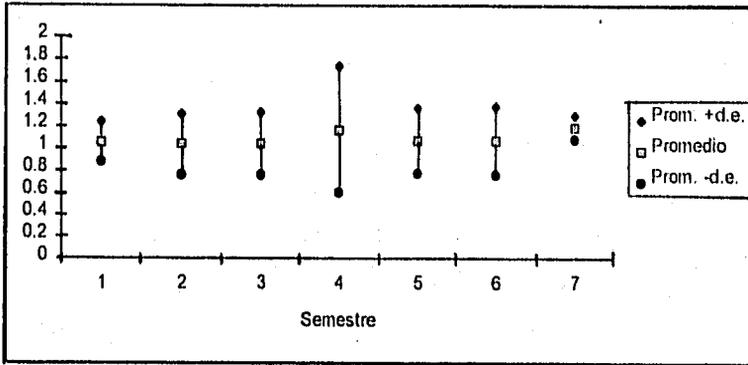
**Tabla 5. Valores promedio y desviación estándar del Índice de Coherencia del discurso a nivel grupal por semestre**

Semestre	Promedio y desviación estándar	Diferencias significativas	Clasificación grupal en el rango de
Primero N = 11	x = 1.059 s = 0.176		Marco Conceptual
Segundo N = 5	x = 1.038 s = 0.274		Marco Conceptual
Tercero N = 6	x = 1.041 s = 0.276		Marco Conceptual
Cuarto N = 8	x = 1.106 s = 0.583		Marco Conceptual
Quinto N = 3	x = 1.066 s = 0.287		Marco Conceptual
Sexto N = 6	x = 1.067 s = 0.313		Marco Conceptual
Séptimo N = 7	x = 1.189 s = 0.107		Marco Conceptual

Los valores mostrados en la tabla 5 indican que en promedio, los discursos emitidos por los estudiantes de toda la muestra se encuentran en el rango de Marco Conceptual, lo que significa que son discursos comprensibles y coherentes. Pero valores promedio están conformados por valores que tiene una gran variabilidad. Así encontramos casos extremos en donde el índice de densidad ha sido igual a 2.4, que indica un listado de conceptos o clasificaciones sin relación lógica entre ellos o que carecen de relaciones lógicas posibles de visualizar como implícitas y adquieren estos altos valores numéricos, pero bajos en coherencia (como en el caso menos exitoso del cuarto semestre) y que corresponden a discursos clasificatorios, vagos e incoherentes.

En contraste, en ese mismo semestre se presenta el caso más exitoso y extremo de densidad alta, con un índice igual a 0.782. Este valor indica un discurso extremadamente denso, donde se puede apreciar la presencia de conceptos implícitos y un gran número de relaciones, a veces innecesarias, entre cada uno de los conceptos. Esto explica el alto grado de dispersión que se presenta en ese semestre (ver Gráfica 4).

**Gráfica 4. Promedio y grado de dispersión del Índice de Coherencia del discurso (densidad) a nivel grupal por semestre**



La Gráfica 4 muestra la gran variabilidad de la coherencia de los discursos de los estudiantes. Se puede observar una diferencia drástica en el grado de dispersión que presenta el cuarto y el séptimo semestre, que nos indica que la coherencia del discurso en los estudiantes de séptimo semestre es la más alta y muy homogénea.

En general, los valores mostrados en la Tabla 5 nos indican que los estudiantes han alcanzado un nivel de coherencia analítica y formal en la producción de sus discursos en un contexto científico. A nivel individual se dan casos anómalos o extraños en este índice, que han sido analizados anteriormente.

### **Calidad general de la correspondencia lógica y conceptual a nivel grupal**

El índice de calidad de la correspondencia lógica y conceptual representa la intersección de elementos conceptuales y relacionales en correspondencia de las dos organizaciones conceptuales: la del estudiante y la del profesor, considerando la variación semántica y sintáctica de ambos discursos. La correspondencia entre estos elementos semánticos puede clasificarse, de acuerdo al rango, en Marcos. Estos valores no consideran la información complementaria que emite el estudiante en su discurso y que no es pertinente al tema requerido. Los promedios, desviación estándar y la clasificación grupal de los índices de calidad de correspondencia lógico-conceptual (Índice de calidad general) se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6. Valores promedio y desviación estándar del Índice de Calidad de la Correspondencia lógica y conceptual a nivel grupal por semestre**

Semestre	Promedio y desviación estándar	Diferencias significativas	Clasificación grupal en el rango de
Primero N = 11	$\bar{x} = 0.185$ $s = 0.091$		Marco Referencial
Segundo N = 5	$\bar{x} = 0.186$ $s = 0.067$		Marco Referencial
Tercero N = 6	$\bar{x} = 0.231$ $s = 0.101$		Marco Referencial
Cuarto N = 8	$\bar{x} = 0.221$ $s = 0.077$		Marco Referencial
Quinto N = 3	$\bar{x} = 0.257$ $s = 0.112$		Marco Conceptual
Sexto N = 6	$\bar{x} = 0.241$ $s = 0.097$		Marco Referencial
Séptimo N = 7	$\bar{x} = 0.218$ $s = 0.108$		Marco Referencial

Los valores promedio de la calidad de la correspondencia lógico-conceptual nos muestran que la porción en correspondencia con el criterio (intersección de ambas organizaciones conceptuales), en casi todos los grupos de estudiantes se clasifican en el rango de Marco Referencial, con excepción de quinto semestre. Los estudiantes del sexto semestre tiene un valor promedio en el rango de Marco Referencial, pero dentro de ese rango es el más alto. Así, a pesar de encontrarse en el rango de Marcos diferentes, son los semestres que tienen los valores promedio más cercanos entre sí.

Estos valores nos indican que la asimilación de la información científica del conjunto temático del estudio, en general, es razonablemente precisa pero incompleta, puesto que los estudiantes del sexto semestre, aunque clasifican en el rango de Marco Conceptual, tiene una diferencia muy pequeña respecto al resto de los valores promedio de los estudiantes de los demás semestres.

Si el séptimo semestre también hubiera estado incluido en este grupo, hubiese sido un resultado esperado de acuerdo a la hipótesis de trabajo de este estudio, pero el valor promedio que presenta es inferior al promedio de los estudiantes de tercero y cuarto semestre y su clasificación en el rango de Marco Referencial resulta anómala, en cuanto a la hipótesis planteada que señala que se espera que los estudiantes de los últimos semestres tengan una organización conceptual más estructurada, coherente y precisa, es decir, con características de Marco Conceptual.

La causa de que no se encuentre en una clasificación en el rango de Marco Conceptual obedece a que presentan en promedio un número de conceptos mayor que los semestres que le anteceden (ver Tabla 2). Pero, estos conceptos no están

conectados mediante conexiones lógicas en correspondencia con el criterio, lo que se confirma con su inclusión en el rango de Marco Referencial en correspondencia en relaciones (ver Tabla 3).

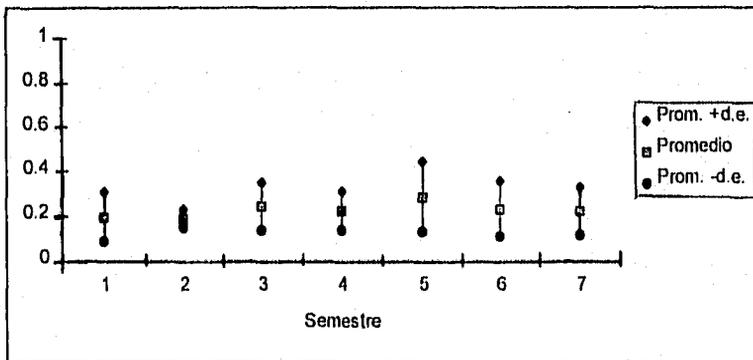
Aunque estos valores son independientes entre sí, en el índice de calidad  $q$  que estamos analizando ya no lo son, puesto que se multiplican entre sí y se ponderan las diferencias, entre los valores de los índices de correspondencia conceptual y relacional.

En casos extremos como en segundo semestre, el grupo se encuentra en el rango de Marco Nocial para correspondencia conceptual, pero en el rango de Marco Conceptual para correspondencia relacional y en el rango de Marco Conceptual para correspondencia en el núcleo, lo cual lo ubica en el rango de Marco Referencial para el índice que analizamos, de acuerdo al criterio "de la heterogeneidad de rangos en alguna correspondencia o densidad" del MAP.

No es el caso del séptimo semestre, que se ubica en ambos casos en el rango de Marco Referencial y así continúa. El hecho de que en este semestre los estudiantes no muestren un aumento proporcional de relaciones lógicas, hace que el valor de  $q$  resulte disminuido. La calidad de esta correspondencia es indicador de conceptos relacionados en correspondencia con el criterio, lo que le da el carácter científico al discurso, pero no toma en cuenta que los estudiantes manifiesten un patrón de razonamiento diferente al criterio. Los estudiantes del séptimo semestre se caracterizan por la emisión de cuadros sintéticos que disminuyen las relaciones lógicas explícitas.

Los valores promedio y su grado de dispersión en cada semestre se presentan en la Gráfica 5.

**Gráfica 5. Promedio y grado de dispersión de los Índices de Calidad de la Correspondencia lógica y conceptual a nivel grupal por semestre**



Como se puede observar en la gráfica, el semestre en que los estudiantes presentan el menor índice de calidad general promedio es el segundo y tiene el menor grado de dispersión. El análisis de casos individuales de este semestre se caracterizó por tener un número muy reducido de conceptos y aunque presentó relaciones en correspondencia con esos conceptos, resultó el grupo más bajo, lo que se corrobora a nivel grupal. En los otros semestres, se observan promedios y grados de dispersión variables que concuerdan con el análisis de los casos individuales.

### Calidad de la Organización Conceptual a nivel grupal

La calidad de la organización conceptual es el índice que presenta el mayor nivel de complejidad. Se interpreta como precisión, coherencia y correspondencia con el criterio. Los valores promedio obtenidos en cada uno de los semestres se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores promedio y desviación estándar del Índice de Calidad Global del Aprendizaje

Semestre	Promedio y desviación estándar	Diferencias significativas	Clasificación grupal
Primero N = 11	$\bar{x} = 0.836$ $s = 0.307$		Marco Conceptual
Segundo N = 5	$\bar{x} = 0.683$ $s = 0.177$		Marco Conceptual
Tercero N = 6	$\bar{x} = 0.946$ $s = 0.536$		Marco Conceptual
Cuarto N = 8	$\bar{x} = 0.978$ $s = 0.473$		Marco Conceptual
Quinto N = 3	$\bar{x} = 0.942$ $s = 0.555$		Marco Conceptual
Sexto N = 6	$\bar{x} = 0.733$ $s = 0.174$		Marco Conceptual
Séptimo N = 7	$\bar{x} = 0.778$ $s = 0.268$		Marco Conceptual

Los valores que se observan en la Tabla 7, nos indican la calidad promedio de las organizaciones conceptuales que tienen los estudiantes de cada semestre. Este valor indica la proporción de la organización de los estudiantes que intersecta con la organización criterio, sumada a la proporción de conceptos que los estudiantes

tienen del núcleo del discurso del profesor y ponderada por la coherencia del discurso extendido que emiten.

Los valores del numerador tienen una gran estabilidad y dan cuenta -en su conjunto- de la precisión lógico-conceptual de la organización conceptual. La porción de los conceptos del núcleo del profesor que el estudiante posee ( $n$ ) que se le suma al valor de precisión es muy importante, puesto que representa el conocimiento de lo "básico o fundamental" del conocimiento ofrecido en un tema particular. En todos los semestres, dada la peculiaridad que presenta la estructura criterio (ya analizada), se observa que en todos los semestres el promedio de los estudiantes logra ubicarse en el rango de Marco Conceptual, de acuerdo a la hipótesis que plantea el MAP para la correspondencia en lo fundamental, para los estudiantes de este estudio no se cumple.

Siguiendo el análisis de los factores que influyen en los valores del índice de calidad  $Q$ , se observa que tanto los conceptos en correspondencia, los conceptos fundamentales como las relaciones se encuentran en la masa conceptual del discurso completo que el estudiante emite para explicar el contenido de la pregunta al que ha sido expuesto. Por lo tanto, debe estar ponderado por la densidad, ya que la coherencia del discurso también está presente en esa porción en correspondencia con el criterio. Todo esto representa el conocimiento científico que los estudiantes poseen.

Se aprecian valores inesperados como el que los estudiantes de primer semestre tienen una calidad en su organización conceptual que se ubica en el rango de Marco Conceptual. Esto nos indica que la porción de conocimiento científico que han asimilado es de buena calidad, lo cual les da una base potencial para adquirir otros conceptos y relaciones y reorganizar sus estructuras conceptuales.

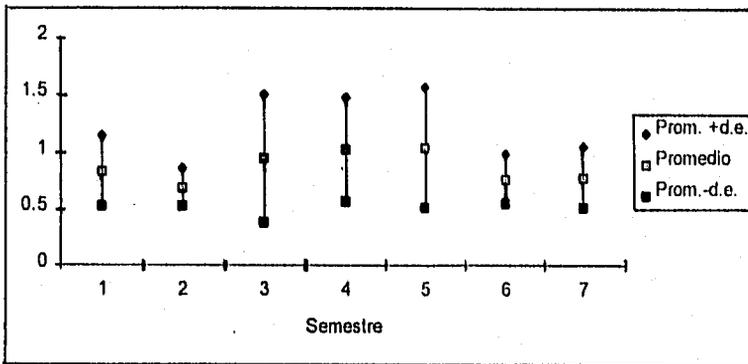
Sin embargo, los valores que muestran los grupos analizados en este estudio no siguen la hipotética tendencia creciente en los valores promedio a medida que avanzan en los semestres y por consiguiente, desde el punto de vista cuantitativo no se percibe una transformación de las organizaciones conceptuales hacia unas más parecidas o cercanas a la organización que representa el conocimiento científico.

Los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre los semestres. Una de las razones es que la densidad del discurso afecta el valor de  $Q$  y, por lo tanto, cuando se presentan valores altos de densidad (menores a 1), éstos hacen que aumente el valor de  $Q$  y a la inversa, cuando el valor de densidad es mayor que uno, provoca una disminución en este valor de  $Q$ . Otro factor importante que produce variación en los valores de  $Q$ , es el valor de la correspondencia en el núcleo, que da cuenta de la presencia de los conceptos básicos o fundamentales en el texto del estudiante. El efecto de los valores de  $n$  y  $d$  en los valores de  $Q$ , explican el cambio que se observa al comparar los Marcos en los que se ubican los estudiantes de los diferentes semestres de acuerdo a los valores de calidad  $q$  (ya analizados) y los

valores de Q. En este último caso, los promedios se ubican todos en el rango de Marco Conceptual.

La dispersión que muestran los valores promedio de calidad global del aprendizaje se muestran en la Gráfica 6.

**Gráfico 6. Promedio y grado de dispersión de los Indices de Calidad Global del Aprendizaje a nivel grupal por semestre**



Los valores promedio de la calidad del aprendizaje y su grado de dispersión nos muestra las diferencias hacia el interior del grupo y también entre cada uno de ellos. No obstante la aparente homogeneidad de los valores promedio de calidad global del aprendizaje de la Tabla 7, se observa en la gráfica que hay diferencias no sólo entre los grupos sino al interior de cada uno de ellos. Los estudiantes del primer semestre tiene un valor promedio relativamente alto y un grado de dispersión razonablemente homogéneo y muy similar al séptimo semestre. En el segundo semestre los estudiantes nuevamente presentan el menor grado de dispersión de todos los grupos analizados, aunque también la menor calidad en sus organizaciones conceptuales. A partir de este semestre hay un incremento notable en el valor promedio en el tercer semestre, pero también el grado mayor de dispersión. Esto indica que las organizaciones conceptuales de los estudiantes son muy heterogéneas. La variabilidad se puede interpretar como grados de aprendizaje diferenciales entre estos estudiantes al estar expuestos a la enseñanza del tema por el profesor. El tema diversidad celular forma parte del contenido al que han estado expuesto en el curso de Biología Celular. Si se revisa el análisis individual de tres casos de estudiantes de este semestre, se puede entender mejor la razón de estas diferencias.

Los estudiantes de los semestres cuarto y quinto, presentan valores promedio con una tendencia al incremento de la calidad de la organización conceptual, pero

también un grado de dispersión alto. El incremento se debe a que han incorporado, en promedio, un número mayor de conceptos y relaciones en correspondencia, pero también se observan casos extremos, tanto en los estudiantes calificados como más exitosos, que tienen organizaciones conceptuales más completas como en los casos menos exitosos, que muestran organizaciones conceptuales extremadamente pobres.

En el sexto semestre se produce una homogeneización parecida al segundo semestre, con una calidad promedio algo mayor que aquel, pero notablemente inferior a los semestres tercero, cuarto y quinto. El decremento de la dispersión se atribuye a la influencia del índice de correspondencia con el núcleo, que para este caso, al igual que en el segundo semestre, es 0.5 para todos los estudiantes. Lo anterior podría significar que estos estudiantes no utilizaron el concepto **evolución** en sus discursos, sólo si hay evidencia de que todos los estudiantes del grupo tienen el concepto **célula**.

El séptimo semestre muestra un valor promedio algo superior al sexto semestre, pero notablemente más bajo que los semestres cuarto, quinto y sexto, con un grado de dispersión razonable. La razón de que presenten este valor inesperado, se atribuye principalmente a la disminución de la correspondencia relacional que se discutió antes, lo cual no significa que la calidad sea tan notoriamente inferior sino se debe más bien, a una tendencia a emitir discursos sintéticos presentados como una matriz con estructura clasificatoria, lo que hace que se incremente el valor numérico de densidad y por consiguiente, una disminución del valor de Q.

## Análisis e interpretación de los resultados desde la Biología

Para expresar sus ideas, los estudiantes utilizan en sus discursos una gama de conceptos, donde algunos son sinónimos de los que están presentes en la organización conceptual del profesor (Campos y Gaspar, 1995b). Dentro de esta gama hay diferentes tipos de correspondencia con los conceptos del criterio y se han clasificado en tres grados diferentes de precisión como componente de la validez epistemológica (Campos, Ruiz y Alucema, 1995a, b).

### Concepto *diversidad celular*

A continuación, se presentan los conceptos emitidos por los estudiantes por cada semestre respecto a **diversidad celular** (ver Cuadro 26).

Cuadro 26. Comparación de la calidad de la correspondencia del concepto **diversidad celular**, por grupo/semestre

Diversidad celular			
Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1	diversidad celular	diferenciación	
Semestre 2	diversidad celular	variedad diversidad	
Semestre 3	diversidad celular	diversidad diversificación celular	
Semestre 4		variedad diversidad diferenciación	
Semestre 5	diversidad celular	diferenciación	
Semestre 6	diversidad celular	diferenciación diferencias celulares	
Semestre 7	diversidad celular		"diferenciarse"

En los datos presentados en el cuadro 26 podemos observar que el concepto **diversidad celular** es un término utilizado de manera idéntica en todos los semestres, excepto en el cuarto, donde no aparece como tal.

En este trabajo, el criterio de comparación es lo que el profesor ha enseñado en la clase, pero, si se considera que los estudiantes también acuden a textos para complementar la información proporcionada en clases, se encuentra que hay autores

que también usan el concepto de **variedad** para referirse a **diversidad celular** (Dyson, 1975), al igual que los estudiantes de segundo y cuarto semestre.

Otros usan el concepto de **diversidad** como sinónimo (Holzman y Novikoff, 1986) como los estudiantes de segundo, tercero y cuarto semestre. El concepto **diferenciación** es utilizado para referirse a un proceso mediante el cual una célula llega a especializarse como resultado de un proceso evolutivo (Karp, 1987) y es utilizado por los estudiantes de primero, cuarto, quinto y sexto semestre. Este concepto diferenciación es un concepto polémico en este contexto porque tiene un significado en biología del desarrollo que podría no aludir a un proceso histórico, en particular al concepto evolución. Por lo anterior podemos ver que los estudiantes utilizan términos que asimilan, tanto por interacción con el profesor en la clase, en el momento en que cursa la materia (excepto en los semestres 1 y 2), como probablemente por otros medios, que pueden ser los textos, los profesores de otros cursos o la interacción entre los propios estudiantes.

Resulta interesante el hecho de que este concepto **diferenciación**<sup>15</sup> (que encierra un significado evolutivo), aparece en primer semestre y lo utilizan como equivalente al concepto **diversidad celular**<sup>16</sup>. Este concepto reaparece en la organización conceptual de los estudiantes de cuarto, quinto y sexto semestre y se transforma en relación lógica *-diferenciarse-* en los estudiantes de séptimo semestre.

Este cambio podría indicar que el concepto **diversidad celular** ya no es sólo una categoría conceptual estática sino que se ve como proceso. La correspondencia con la organización conceptual criterio queda con carácter alusivo, debido a que la relación *diferenciarse*, aunque realmente no es un sinónimo, se refiere a una acción que conlleva la noción de diversidad y la **diversidad celular** es el producto de dicho proceso, es decir, es una relación que alude a un concepto. Roth y Shoben, citados por Barsalou (1989), demostraron que la estructura de una categoría graduada puede ser transformada en su contexto lingüístico, lo cual la hace más típica o menos típica dependiendo del contexto, puesto que afecta los juicios de tipicidad. Lo anterior podría explicar porqué la inclusión de algunos conceptos polisémicos adquieren sentido en Biología, aunque no sean propios del campo.

<sup>15</sup> El concepto diferenciación es un concepto que tiene dos significados en biología, dependiendo de si alude a causas próximas o últimas. En primer lugar, representa un proceso que ocurre durante el crecimiento de un organismo multicelular, a nivel embriológico, en el que se producen cambios estructurales y bioquímicos y ocurren después de la fertilización de un cigoto. En segundo lugar, representa un proceso evolutivo como un proceso de la especialización de las células a lo largo del tiempo

<sup>16</sup> Esto permite generar la hipótesis de que los temas biológicos que aprenden los estudiantes en el nivel medio superior tiene, por lo menos, un enfoque evolutivo.

### Concepto *célula*

A continuación se presenta el análisis de la calidad de la correspondencia con el concepto *célula* y los diferentes conceptos que utilizan los estudiantes como sinónimos (ver Cuadro 27).

**Cuadro 27. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Célula, por grupo/semestre**

<b>Célula</b>			
<b>Semestre/Calidad</b>	<b>Idéntico</b>	<b>Equivalente</b>	<b>Alusivo</b>
<b>Semestre 1</b>	célula	tipo celular (c) del riñón (c) vegetal (c) animal (c) autótrofas (c) heterótrofas (c) procariontes	modelo celular
<b>Semestre 2</b>	célula	(c) heterótrofas (c) autótrofas (c) del cerebro (c) de la piel (c) procariontes	
<b>Semestre 3</b>	célula	tipos celulares (c) procariontes (c) animales (c) vegetales (c) especializadas (c) epiteliales	
<b>Semestre 4</b>	célula	tipos celulares (c) vegetales (c) animales (c) nerviosas (c) musculares (c) procariontes (c) epiteliales (c) hepáticas (c) hemáticas	
<b>Semestre 5</b>	célula	tipos celulares (c) vegetales (c) animales	

Continuación...

Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 6		linaje celular (c) sexuales (c) vegetales (c) animales (c) germinales (c) somáticas	
Semestre 7		tipo(s) celular(es) (c) parénquimas (c) nucleadas (c) anucleadas (c) nerviosas (c) musculares (c) procariontes (c) de reserva (c) clorofilicas (c) de sostén (c) de conducción	

En la clasificación de conceptos equivalente se puede observar que hay sólo algunos conceptos que no son ejemplos de **células** como son: **tipo celular**, **linaje celular** y **modelo celular**, que se refieren a la categoría aunque tienen un significado algo diferente. En la respuesta criterio no se utiliza este concepto, sólo la categoría **célula**. El concepto **tipo celular** es una construcción categorial que representa las características comunes que tiene las células, es decir similitudes y no diferencias (Holzman y Novikoff, 1986). Por lo anterior, sólo por el contexto puede aceptarse este concepto como equivalente, es decir, adquiere un significado diferente en el discurso semántico, por la manera en que expresa la idea. Este término **tipo celular**, a su vez, es usado como sinónimo de **modelo celular**, y se considera que sólo alude al concepto **célula**. El concepto **linaje celular** tiene también un significado diferente y da la idea de progeñie, es decir, ascendencia y descendencia, pero es aceptable como equivalente en el contexto. Es notable que este concepto aparece sólo en sexto semestre y coincide con el contexto de la materia de Genética que cursaban los estudiantes.

En cuanto a los conceptos equivalentes se puede observar el uso generalizado en todos los semestres de numerosos ejemplos de tipos de células. Pero aún en estos ejemplos se pueden observar diferencias, ya que los conceptos que utilizan en primero y segundo semestre, como **células de riñón**, **células del cerebro**, **células de la piel** corresponden a células de órganos y tejidos, y su referencia es aún vaga. Asimismo, utilizan **células autótrofas** y **heterótrofas**, que corresponden a la categoría nutrición celular, pero que utilizan de manera poco precisa y sin hacer explícito su significado y función en los organismos. En cambio, los estudiantes de

los semestres siguientes presentan ejemplos más pertinentes al concepto de tipos de células. También en séptimo semestre se encuentran los conceptos *arqueobacterias* y *eubacterias* que corresponden a una división taxonómica de las bacterias y responde a una controvertida subdivisión de las células procariontes (Woese, 1981).<sup>17</sup> Estos dos conceptos son ejemplo de un sinónimo muy alejado del concepto como tal y por lo tanto, en el contexto del conocimiento científico, su grado de precisión está a nivel alusivo.

### Concepto *biosfera*

A continuación se presentan los conceptos en correspondencia que tiene los estudiantes del concepto *biosfera* (ver Cuadro 28).

**Cuadro 28. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto *Biosfera*, por grupo/semestre**

<b>Biosfera</b>			
<b>Semestre/Calidad</b>	<b>Idéntico</b>	<b>Equivalente</b>	<b>Alusivo</b>
Semestre 1		medio ambiente ser vivo + superficie terrestre	reino + energía solar condiciones
Semestre 2			alimento + energía seres vivos
Semestre 3		planeta ("especies que habitan en el...")	
Semestre 4		medio	sistema atmósfera oxígeno
Semestre 5		medio	
Semestre 6		ambiente	seres vivos vida
Semestre 7		medio relación microecológica	seres vivos

En relación con este concepto, la variabilidad es menor, pero es mayor el uso de alusiones. Es notable que el concepto *biosfera* no se haya presentado en ninguno de

<sup>17</sup> Woese (1981) las llama *archibacterias* y señala que son las verdaderas bacterias. Sostiene que "en términos genealógicos, no son ni procariontes ni eucariotas", desde el punto de vista evolutivo. De acuerdo con Karp (1987), esta división de las bacterias en dos grupos taxonómicos *arqueobacterias* y *eubacterias* se basa más en criterios bioquímicos que morfológicos.

los 46 estudiante de la muestra. Este concepto significa "seres vivos y su medio ambiente" o "la parte del mundo donde existe vida" (Webster, 1994) Como se puede observar, esta categoría utilizada en la definición del criterio es muy amplia y tal vez sea la razón por la cual los estudiantes no la utilizan como tal. La variabilidad en el uso de los conceptos se aprecia menor, pero este concepto tiene grados de imprecisión mayores. Entre las equivalencias y alusiones al concepto se observa que para referirse a él, los estudiantes utilizan más de un concepto, como por ejemplo: "ser vivo más superficie terrestre " o "reino más energía solar". En otros casos, una proposición equivale al concepto, como en: "especies que habitan en el planeta". Es importante señalar que los estudiantes se aproximan más al significado que le asignan diversos autores que al concepto como tal. Como ejemplo, están más de acuerdo con la aseveración de Prevosti (1989), quien dice: "La vida en nuestro planeta constituye un macrosistema de gran complejidad, la **biosfera**, que resulta de la integración jerarquizada de componentes más sencillos" (Prevosti, 1985). Por otra parte, la literatura también refiere una equivalencia a este concepto como "medio ambiente" o "medio ambiente extracelular" (Dyson, 1975; Karp, 1987).

En síntesis, tanto en la literatura especializada como en el criterio encontramos diferentes calidades de precisión conceptual para este concepto. Esto se refleja también en la heterogeneidad que muestran los estudiantes y en los niveles de precisión mostrados.

### **Concepto Morfológica(mente)**

Es importante señalar que este concepto representa más bien un enfoque que un concepto tal y como se ha definido en el MAP y se ha considerado concepto en el contexto en que se inserta. Esta característica que presenta el término **morfológico** permite la inclusión de un gran número de conceptos como alusivos y que "dan la idea " de este enfoque. Los conceptos idénticos, equivalentes y alusivos se presentan en el cuadro 29.

Cuadro 29. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Morfológica(mente), por grupo/semestre

Morfológica(mente)			
Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1		características morfológicas	componentes básicos unidad fundamental características
Semestre 2			características estructura composición patrón unidad
Semestre 3		estructura forma(s) estructuralmente	especialización compartamentalización constitución características patrón común
Semestre 4	morfología	unidad estructural estructura características morfológicas forma variación morfológica	componentes modificaciones componentes celulares especialización
Semestre 5	morfología	diferencias morfológicas forma	constitución grupo taxonómico grupo histológico
Semestre 6	morfología	tipo morfológico formas celulares forma diferencias morfológicas	
Semestre 7	morfología	características estructurales forma estructuras	citoesqueletos unidad

En este cuadro podemos apreciar ciertas regularidades, como es el uso del concepto **morfología** a partir del cuarto semestre. Una interpretación es que en cuarto semestre se imparte la materia de Histología Animal (estudio de los tejidos) donde se describen virtualmente todos los tipos de células y sus características morfológicas y fisiológicas. La parte estructural de la célula corresponde a la presencia o ausencia de determinados elementos en la célula (Dyson, 1975; Karp, 1987). Está en íntima relación con la **morfología**, por lo cual, los estudiantes utilizan el concepto **estructura** y diversas formas gramaticales como sinónimo de **forma** o

**morfología**. Particularmente, se observa con frecuencia en el tercer y cuarto semestre el uso del concepto de **estructura**. Se repite en séptimo semestre, donde nuevamente se utiliza como sinónimo. En los textos se maneja la misma ambigüedad en el uso de estos términos, pero en algunos autores, el concepto **morfología** se restringe a la forma de las células; ejemplo: "...estructuras sobresalientes de forma alargada..." (Karp, 1987).

### **Concepto fisiológicamente**

Al igual que el concepto anterior, los estudiantes utilizan una variedad de sinónimos para referirse al concepto **fisiológicamente**, ya que al igual que **morfológicamente**, representa un enfoque (ver Cuadro 30).

**Cuadro 30. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Fisiológicamente, por grupo/semestre**

Fisiológicamente			
Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1		función características fisiológicas nivel funcional	características complejidad actividades reacciones
Semestre 2		función trabajos	actividad de vida funcionamiento unidad patrón
Semestre 3		función mecanismos funcionales	patrón común f. de soporte f. de nutrición f. de protección especialización
Semestre 4	fisiología	función características fisiológicas funcionalidad variación fisiológica variación funcional unidad funcional	
Semestre 5	fisiología	diferencias funcionales funciones	
Semestre 6		tipo funcional función diferencias funcionales	"funcione"
Semestre 7	fisiología	función funciones fisiológicas	unidad funcional

En la literatura el concepto más utilizado es de función o función celular. Este concepto se aplica a división de funciones como "...funciones metabólicas, de crecimiento, reproducción...y otras más complejas" (Karp, 1987). También resulta notable encontrar en los textos el concepto **trabajo** o la forma verbal "*trabajan*" para referirse a la realización de algún tipo de función o al acto de realizarla (Holtzman y Novikoff, 1986). Aunque este concepto **trabajo** parece aparentemente "prestado" por otros contextos, el hecho de encontrarlo como sinónimo en un texto hace suponer que los estudiantes lo toman de algún texto especializado más que tomada del discurso de profesor.

En cuanto al comportamiento de los grupos, se puede observar en los primeros tres semestres una tendencia a utilizar diversos conceptos alusivos al concepto **fisiología**. Esta tendencia prácticamente desaparece a partir del cuarto semestre y

sólo en sexto se usa la relación "*funcione*" para aludir al concepto. En el séptimo semestre se encuentra el concepto **unidad**, como una referencia tanto a lo morfológico como a lo fisiológico en el contexto de la pregunta.

### Concepto tiempo

Este concepto está íntimamente ligado al concepto **cambio** en el criterio y representa tiempo geológico más que cronológico. Son conceptos que representan una explicación causal de la diversidad celular y es un concepto necesario para la comprensión de la teoría evolutiva (Trowbridge, 1992). En el cuadro 31, se puede ver los diferentes sinónimos que utilizan los estudiantes y el nivel de precisión en su uso.

Cuadro 31. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Tiempo, por grupo/semestre

Semestre/Calidad	Tiempo		
	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1	tiempo	era primitiva	célula primitiva
Semestre 2			
Semestre 3			ancestro origen
Semestre 4			origen "originando"
Semestre 5			"suma de mutaciones acumuladas"
Semestre 6			
Semestre 7			origen

Este concepto es utilizado únicamente por los estudiantes de primer semestre y, a pesar de que como término es idéntico, semánticamente es diferente porque el estudiante que lo utiliza en su discurso, lo refiere como tiempo cronológico ("*hace tiempo que se hubiera extinguido la vida*"). Los otros conceptos utilizados por estudiantes del primer semestre sí se encuentran en el contexto evolutivo. En sus expresiones "**era primitiva**" y "**célula primitiva**", los estudiantes de la muestra sólo aluden a él, pero esta alusión es semánticamente igual al concepto **tiempo geológico**. También utilizan la relación "**originando**" como alusiva. Además, se da el caso de la necesidad de expresar un concepto con varios términos: "**suma de mutaciones acumuladas**", es decir, expresado como una proposición.

### Concepto *cambio o evolución*

El concepto **cambio**, es idéntico al concepto **evolución**, a juicio del profesor en el contexto del concepto **diversidad celular**. Junto con el concepto **célula** organizan el discurso del criterio. Los estudiantes también utilizan este concepto básico y lo muestran con diferentes grados de precisión y de expresiones semánticas (ver Cuadro 32).

**Cuadro 32 Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Cambio - Evolución, por grupo/semestre**

Semestre/Calidad	Cambio - Evolución		
	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1	evolución	"han ido evolucionando"	presión de selección células primitivas "se tiene que adaptar" supervivencia selección
Semestre 2			
Semestre 3	evolución	mecanismos evolutivos	variantes "han adquirido una especialización"
Semestre 4	evolución	evolucionadas diferencias evolutiva	"desarrollándose" adaptación "para adaptarse" especialización modificaciones "se han modificado"
Semestre 5	evolución cambio	"suma de mutaciones acumuladas"	especialización mutaciones "se favorezca o no un cambio"
Semestre 6			
Semestre 7		causas evolutivas procesos evolutivos	"se han ido especializando" "se han ido diferenciando"

El concepto **evolución** es utilizado por los estudiantes de todos los semestres, excepto en segundo y sexto. Los grados de precisión son variables. Podemos observar que desde el primer semestre, se observa que el grupo tiene incorporado el concepto **evolución** a sus organizaciones conceptuales (aunque no necesariamente se encontró en las respuestas de los estudiantes tomados como ejemplo, pero sí en algunos estudiantes de la muestra). No utilizan conceptos sinónimos equivalentes y sí utilizan alusiones al mismo, refiriéndose al concepto con: **presión de selección**, **células primitivas** o **selección**, que alude a uno de los mecanismos de la evolución.

También, en los demás semestres (excepto segundo y sexto), los estudiantes aluden al concepto **evolución** con relaciones como "*han ido evolucionando*", "*se*

*tiene que adaptar*", *"han adquirido una especialización"*, *"desarrollándose"*, *"para adaptarse"*, *"se han modificado"*, *"se favorezca o no un cambio"*, *"se han ido especializando"*, *"se han ido diferenciando"*, que aluden al concepto **evolución**, mediante expresiones que significan procesos evolutivos, en el contexto de la respuesta.

El concepto **evolución** no se presenta en los estudios de segundo y sexto semestre en ninguna de sus calidades. Este hecho se puede interpretar por el contexto de las materias en que fueron muestreados los estudiantes -Biología General I y Genética-, ya que en estas materias no hay una referencia explícita a la evolución o este hecho puede ser sólo circunstancial.

Respecto a los conceptos equivalentes vertidos por los estudiantes de los demás semestres, se puede observar la connotación procesual que tienen los conceptos y proposiciones utilizadas por los estudiantes. Así, encontramos: **mecanismos evolutivos**, **suma de mutaciones acumuladas**, **causas evolutivas** o **procesos evolutivos**, lo que nos indica que el sentido en que utilizan el concepto es como un proceso que describe el por qué de la diversidad celular.

### **Conceptos contenido, calidad e información genética**

Estos tres conceptos son difíciles de separar para una interpretación individual (ver Cuadros 33 y 34), puesto que en la organización criterio constituyen una pequeña subestructura estrechamente relacionada, como se muestra en el diagrama de la respuesta del profesor en la Figura 2.

**Cuadro 33. Comparación de la calidad de la correspondencia con los conceptos Contenido y Calidad, por grupo/semestre**

Contenido y Calidad			
Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1			"van a manejar la información dentro de la célula.."
Semestre 2			
Semestre 3			material genético
Semestre 4			
Semestre 5			mutación
Semestre 6		gene(s)	código genético
Semestre 7			material genético

Cuadro 34. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Información genética, por grupo/semestre

Información genética			
Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1		información	
Semestre 2			
Semestre 3		material genético	
Semestre 4			
Semestre 5			"transmitir un cambio"
Semestre 6		código genético genes	células germinales
Semestre 7	información genética	material genético	comunicación celular

El concepto más utilizado por los estudiantes en esta subestructura que presenta la organización criterio fue el de **información genética**, ya que **contenido** y **calidad** fueron solamente aludidos por todos los estudiantes, excepto los del sexto semestre, quienes usan el concepto **gene(s)** como sinónimo para referirse a **contenido** y **calidad** (de la información genética).

En cuanto al concepto **información genética** sólo los estudiantes de séptimo semestre lo refieren como idéntico. En el primer semestre, el concepto de **información** es poco específico ya que utilizan el término pero con un significado vago del concepto: "*van a manejar la información dentro de la célula*". Es notable que son pocos los estudiantes que asocian **diversidad celular** con "*cambios en el contenido y calidad de la información genética*". Pareciera que la diversidad celular es estática y no tiene relación con el proceso y dónde se lleva a cabo. En tercer semestre se usa **material genético** como equivalente y puede deberse a que este contenido se enseña en la materia Biología Celular. En el contexto de Anatomía Animal Comparada no hay alusiones a los cambios en la información genética y no se presenta en estos estudiantes en ningún nivel de precisión. La literatura especializada se refiere al material genético que se encuentra en el núcleo de la célula en el contexto del control de las actividades de la célula y este control lo atribuye a la presencia de genes, encargados del manejo de la información genética (Karp, 1987).

### Concepto *células eucariontes*

Las células se pueden clasificar, según las características físicas a nivel microscópico, en eucarióticas y procarióticas de acuerdo con la forma en que contienen sus genes contenidos en un núcleo bien definido o no, respectivamente

(Dyson, 1975). En la organización conceptual del criterio está explícito el concepto **célula eucarionte**, que en el contexto de la Biología Celular, se usa como sinónimo de **eucarionte**. Los conceptos clasificados se presentan en el Cuadro 35.

**Cuadro 35. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Células eucariontes, por grupo/semestre**

**Células eucariontes**

Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1	células eucariontes	eucariontes	bacteria
Semestre 2	células eucariontes		
Semestre 3	células eucariontes	eucariontes	núcleo individuo eucarionte doble membrana organelos
Semestre 4	células eucariontes	eucariontes	membrana nuclear organelos envoltura nuclear o. pluricelulares axón dendritas
Semestre 5			
Semestre 6			célula sexual célula germinal organelos
Semestre 7		eucarionte	núcleo membrana celular flagelos 9+2 organismo eucariote

En el cuadro 35 podemos observar que los estudiantes de los primeros semestres utilizan el mismo término, aunque algunos usan el concepto **bacteria** para referirse erróneamente a célula eucarionte. Los estudiantes de todos los semestres, excepto los de quinto, aluden al concepto con características que presentan las células eucariontes, como presencia de **núcleo**, **membrana nuclear** o **envoltura nuclear**. También refieren estructuras como **flagelos**, **organelos**, **axón** y **dendritas**. Otros aluden a célula eucarionte con **célula germinal** o **célula sexual**. Otra alusión es como **organismo** o **individuo**. Lo anterior nos muestra que hay una masa conceptual alrededor del concepto poco precisa. Los textos enfatizan las características estructurales de las diferencias entre células procariontes y eucariontes (Dyson, 1975) de manera similar a las alusiones de los estudiantes.

### Conceptos reproducción sexual, recombinación génica, padres, hijos

Esta parte del análisis corresponde a los conceptos que describe el mecanismo mediante el cual se produce diversidad celular. Por su connotación procesual, los conceptos se analizan como un conjunto. El profesor dice en su discurso: *"Estos cambios son más numerosos en las células eucariotes debido a que presentan reproducción sexual en la que se involucra el fenómeno de la recombinación génica que propicia cambios de padres a hijos"*. En los Cuadros 36, 37 y 38, se muestran los conceptos que utilizan los estudiantes.

**Cuadro 36. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Reproducción sexual, por grupo/semestre**

Reproducción sexual			
Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1			
Semestre 2			
Semestre 3			
Semestre 4			
Semestre 5			"transmitir un cambio"
Semestre 6		células sexuales + función de reproducción	células germinales
Semestre 7			

**Cuadro 37. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Recombinación génica, por grupo/semestre**

Recombinación génica			
Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1			
Semestre 2			
Semestre 3			
Semestre 4			
Semestre 5			
Semestre 6			
Semestre 7			

**Cuadro 37. Comparación de la calidad de la correspondencia con el concepto Padres - hijos, por grupo/semestre**

Padres - hijos			
Semestre/Calidad	Idéntico	Equivalente	Alusivo
Semestre 1			
Semestre 2			
Semestre 3		ancestro	
Semestre 4			
Semestre 5		descendencia	
Semestre 6			
Semestre 7			

En los cuadros anteriores se observa una ausencia de conceptos principalmente en primero y segundo semestre, lo cual es explicable porque aún no han cursado Biología Celular y Genética. Pero en los semestres siguientes, particularmente sexto y séptimo semestre, se espera que los estudiantes hayan incorporado en sus organizaciones conceptuales estos conceptos que dan cuenta del mecanismo que produce diversidad celular. Aunque hay una equivalencia del concepto **reproducción sexual**, ésta se expresa como "células sexuales que junto con función de **reproducción**" corresponde más bien a una definición: "reproducción que involucre la formación de células germinales maduras (por ejemplo, óvulos y espermatozoides)" (Gardner, 1971, 505).

Esta situación es muy clara en los diagramas individuales de los casos que se muestran en la sección de análisis individuales (ver diagramas en los Cuadros 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25), puesto que, la correspondencia con esa porción de la organización conceptual del profesor es muy escasa y nos muestra claramente que los mecanismos no están incorporados en las organizaciones conceptuales de los estudiantes para explicar este fenómeno en estudio.

El concepto **recombinación génica**, de acuerdo con Gardner (1971), se entiende como el resultado del entrecruzamiento de cromátidas que produce combinaciones de características diferentes a aquellas combinaciones exhibidas por los progenitores. La recombinación al azar ocurre en las células eucariotes y tiene que ver con los resultados genéticos. Es decir, este concepto de **recombinación génica** es el que describe el proceso por el cual se produce la diversidad celular y se observa una ausencia total del mismo en todos los estudiantes de la muestra de 46 estudiantes. Las causas pueden ser innumerables, pero una de ellas puede ser que hay una falta de integración de los contenidos de las diversas materias que se ven como unidades de conocimiento aislados, lo que produce en el estudiante una falta de relaciones adecuadas entre ellos. Este es un aspecto importante que deberá ser considerado en futuras investigaciones.

Los conceptos **padres e hijos**, en el contexto de la respuesta criterio representa la categoría herencia y los estudiantes la refieren vagamente como **ancestro o descendencia**, lo cual da sólo una idea de que los cambios se heredan de generación en generación para que tengan carácter evolutivo.

En síntesis, desde el punto de vista cognoscitivo, se puede ver que el concepto **evolución** no juega el papel de concepto nuclear que se le había asignado hipotéticamente en este estudio, puesto que los estudiantes, si bien en algunos casos lo vinculan con la diversidad celular de manera descriptiva, no ocurre lo mismo cuando se les requiere a que expliquen el mecanismo o sus consecuencias. También es importante señalar que, como resultado de este análisis de las estructuras graduadas que muestran los estudiantes que emergen al calificar la calidad de las correspondencias conceptuales que tienen los estudiantes de acuerdo al MAP, surgen algunas evidencias sobre la posible relación que podría haber entre la materia que cursa el estudiante en el momento en que se obtiene la información y la calidad de la organización conceptual que muestra, en este tema en estudio. En futuras investigaciones se abordará en forma específica esta posible relación.

## DISCUSIÓN

Los discursos producidos por estudiantes de la carrera de Biología, referidos a un ítem sobre el tema diversidad celular con enfoque evolutivo, al ser sometidos a análisis proposicional, son la base para caracterizar las organizaciones conceptuales.

El análisis de los resultados individuales da cuenta de una gran diversidad en las organizaciones conceptuales. Las diferencias reflejan lo idiosincrático de las organizaciones conceptuales asimiladas por los estudiantes (Ausubel, 1972) y la variación es la resultante de la incorporación que hacen las personas de las diferentes informaciones respecto a la misma categoría (Barsalou, 1989).

En particular, las organizaciones conceptuales asimiladas por los estudiantes muestran diferencias significativas en la incorporación de conceptos científicos entre el primero y segundo semestre respecto al séptimo. El análisis cualitativo mostró, además, diferencias en la calidad de los conceptos utilizados por los estudiantes, variando desde una mayor proporción de conceptos alusivos a equivalente e idénticos, lo que nos da diferentes grados de precisión científica. Resultados similares se han encontrado en otros estudios (Campos y Gaspar, 1995a; Campos, Ruiz y Alucema, 1995).

También en la correspondencia relacional se detectan diferencias. Las evidencias encontradas en este trabajo señalan que los estudiantes de los primeros semestres tienen una base relacional que se ubica en Marco Conceptual y esta situación es muy favorable para ellos, puesto que la habilidad mostrada por estos estudiantes para organizar lógicamente la información los capacita para acceder a nuevo conocimiento, lo cual coincide con lo señalado por Prawat (1989) y Campos, Gaspar y Alucema, (1993). Esta misma situación se observa en los demás semestres, excepto en el último. Lo anterior podría significar que sus organizaciones conceptuales poseen una base lógico conceptual que les permitirá el acceso a nuevo conocimiento a lo largo de su formación (Campos y Gaspar, 1994a). Esta aseveración es válida sólo en la porción de sus estructuras que están en correspondencia con el criterio.

Así, podemos observar también diferencias en cuanto a la porción en correspondencia que está representada en el Modelo por el índice de calidad general (q). En esta porción, que corresponde a la intersección formada por la organización del profesor y el promedio de cada uno de los estudiantes, se obtienen variaciones pequeñas, no significativas desde el punto de vista estadístico, pero cualitativamente importantes.

El hecho de que no se presenten grandes variaciones cuantitativas se debe al efecto amortiguador que ejercen entre sí las correspondencias en conceptos y relaciones, ya que son interdependientes. Esto significa que si el número de

conceptos en correspondencia es pequeño, también es pequeño el número de relaciones utilizadas en el criterio para esos conceptos. En la medida en que el número de conceptos aumenta, también aumenta el número de relaciones que podrían estar en correspondencia con esos conceptos, lo que implica una mayor demanda. Por esta razón encontramos que el valor de  $q$  disminuye en los estudiantes del séptimo semestre y es alto en estudiantes del primer semestre. Cualitativamente se puede decir que "aunque los estudiantes sepan poco, este poco lo tienen bien estructurado".

En la correspondencia relacional se dan diferencias significativas entre el segundo y quinto semestre respecto al séptimo, que tiene una disminución aparentemente paradójica, que se explica por la discusión anterior. Con respecto a los estudiantes del segundo semestre, éstos se encuentran en el rango de Marco Nacional en conceptos en correspondencia y significa que sus organizaciones conceptuales muestran un escaso número de conceptos (cuatro). Los cuatro conceptos demandan también un número pequeño de relaciones lógicas, mismas que los estudiantes poseen y así, el índice  $er$  para el segundo semestre es el más alto de todos los semestres muestreados.

La situación curricular de estos estudiantes es diferente con respecto a los estudiantes de primer semestre, quienes se han incorporado al plan de estudios con una modificación a su diseño original, esto es, cursan Biología General I en el primer semestre, en lugar de la materia de Física General I. Esto significa que en ningún momento se descontextualizan, en lo que se refiere a la Biología, aunque el contenido temático de la materia de Biología General I sea diferente a Biología Celular.

En los estudiantes de segundo semestre la situación es diferente y a su ingreso a la carrera cursan en primer semestre: Química General I, Matemáticas Generales I, Geología (comunes a los de primer semestre) y Física General I en lugar de Biología General I. Esta situación curricular podría afectar los niveles de calidad de sus organizaciones conceptuales, porque han sido valorados después de haber permanecido un semestre sin contacto con conocimiento biológico.

Desde el punto de vista cognoscitivo, se podría explicar como una reducción de conceptos periféricos, producto de sus experiencias con materias tan analíticas como Física General I y Matemática General I, las que exigen un alto grado de precisión y coherencia lógico-conceptual. Lo anterior podría explicar el hecho de que mantienen sólo una porción de la organización conceptual con buena calidad. Otra razón podría ser una pérdida de conceptos por desuso y falta de contexto biológico (Barsalou, 1989) o por olvido, si su aprendizaje anterior fue sólo memorístico, puesto que, si hubo aprendizaje memorístico, el conocimiento se distribuyó de un modo arbitrario en la estructura cognoscitiva, sin relación con los conceptos relevantes que se encontraban en ella (Novak, 1992).

Todas las posibilidades anteriormente planteadas son viables en alguna medida. Así, los estudiantes reflejan sólo el conocimiento aprendido significativamente (Ausubel, 1972), que ha sido asimilado en nivel escolar anterior y que se mantiene en las organizaciones conceptuales, ya que, por razones curriculares, no hubo oportunidad de acrecentarlo.

La razón más importante para sostener lo anterior es que presentan una gran homogeneidad en sus organizaciones conceptuales en correspondencia. La homogeneidad cualitativa también se ve corroborada estadísticamente, ya que el segundo semestre es el que presenta valores de desviación estándar menor que cualquier semestre, lo que confirma las diferencias cualitativas observadas.

La discusión anterior no es válida para los estudiantes de los semestres posteriores al tercero, ya que todos estuvieron expuestos a contenidos similares en la materia de Biología Celular<sup>18</sup>. Las organizaciones conceptuales de los estudiantes se modificaron cualitativamente y cuantitativamente desde el tercer semestre en adelante de acuerdo con los resultados obtenidos. Como señala Campos (1995), la configuración conceptual de los estudiantes se modifica por experiencias nuevas o por enseñanza, de acuerdo a la masa conceptual y a las conexiones lógicas y genera nuevas formas de razonamiento.

Esta aseveración permitiría explicar los resultados encontrados, particularmente en el séptimo semestre, donde los estudiantes muestran una tendencia a la síntesis y al uso de conceptos con nivel de precisión más alto (menos alusiones y más conceptos idénticos y equivalentes al criterio). También el promedio de conceptos en correspondencia es mayor. La tendencia creciente que se esperaba en este último semestre del estudio se corroboró sólo parcialmente. Puede atribuirse a que, dada las exigencias que plantea el MAP en la evaluación del conocimiento científico, los estudiantes deben mostrar relaciones en correspondencia con alguna precisión (idénticas, equivalentes o alusivas). Los estudiantes del último semestre mostraron una tendencia a organizar sus discursos a manera de cuadros sintéticos o matrices, lo que hace difícil detectar algunas de las relaciones que se encuentran implícitas en la matriz.

La evidencia encontrada puede ser consecuencia de que los estudiantes en los últimos semestres tienen un patrón de razonamiento diferente al criterio, por lo que al determinar los índices del MAP en correspondencia relacional, resultaron valores bajos para la correspondencia relacional y la densidad. Estos valores bajos afectan los valores del índice de calidad global del aprendizaje Q (Q "bruto"). Este índice evalúa la calidad de la organización conceptual y en la muestra del estudio, dio valores que la ubicaron en el rango de Marco Conceptual para todos los semestres.

Significa entonces, que los discursos emitidos por los estudiantes tiene un grado de precisión aceptable en cuanto a la información, al patrón de razonamiento, al

---

<sup>18</sup> Es importante señalar que en esta materia los profesores, desde hace mucho tiempo, unificaron los contenidos del programa.

manejo de contenidos básicos y están expresados de una manera comprensible y coherente. Lo anterior es válido sólo si se considera que la ubicación en el rango de Marco Conceptual corresponde a "la porción de la organización conceptual del estudiante que intersecta con la del criterio". Así, se explica que haya diferencias significativas sólo en los índices de precisión, ya que es en éstos donde se muestran claramente las diferencias entre los estudiantes de los diferentes semestres.

La importancia de determinar la calidad de la organización que expresada por los estudiantes como un discurso argumentativo, es que muestra el contenido conceptual y la forma lógica que poseen en ese momento (Frederiksen, 1981). La evidencia de la buena calidad de la organización conceptual, en la porción de conocimiento que poseen los estudiantes en el momento en que fueron interrogados, es fundamental porque constituye la base que les permite reorganizar ese conocimiento y transferirlo a otras situaciones o dimensiones del mismo, debido a que las organizaciones conceptuales son dinámicas y en constante transformación.

La organización, estabilidad, y claridad lograda por un individuo en el conocimiento del campo de una materia particular, es el factor fundamental que influye sobre el aprendizaje y retención de nuevo material significativo en ese mismo campo. Si la estructura cognoscitiva es estable, clara y está organizada en forma conveniente, surgen significados precisos, no ambiguos y tienden a conservar su potencia de disociabilidad o disponibilidad (Ausubel, 1973, 223).

El análisis de la calidad y el grado de precisión de los conceptos biológicos usados por los estudiantes muestra que para cada uno de los conceptos del criterio, hay una serie de conceptos que van desde idénticas, equivalentes hasta alusivos en relación al concepto del criterio. La gradación se evidencia en los diferentes niveles de precisión del conocimiento científico presente en sus organizaciones conceptuales. Esto significa que la construcción social del conocimiento científico en el aula da como resultado una gran diversidad en la organización y estructura del conocimiento en los estudiantes y se refleja en la fluidez y eficiencia con la que lo usan.

La gradación conceptual que muestran los estudiantes a nivel individual, no permanece estable a través de distintas situaciones, sino que cambia con el tiempo. Estos resultados refuerzan el planteamiento hecho por Barsalou (1989), de que en los individuos las estructuras graduadas son inestables y reflejan la estructura del ambiente. Las estructuras graduadas van a cambiar de acuerdo con los contextos, porque los conceptos construidos respecto a una categoría en particular, van a variar mucho y rara vez van a ser los mismos para varios sujetos (entre sujetos) y aun en la misma persona (ib.).

Es interesante señalar que aunque la hipótesis de este trabajo y las preguntas que guiaron la investigación están orientadas a una caracterización de las organizaciones conceptuales, tanto a nivel individual como por grupo, el análisis proposicional de los discursos de los estudiantes a nivel individual evidenciaron, también, estructuras

graduadas en la construcción de categorías (Barsalou, 1989; Neisser, 1989). Por ejemplo, el estudiante SRJM1 usa el concepto de **función(es), nivel funcional y características fisiológicas** en su discurso, para referirse a la misma categoría **fisiológicamente**.

La evidencia de que los estudiantes construyen categorías conceptuales con diversos grados de precisión se puso de manifiesto en el análisis proposicional, al asignar a cada uno de los conceptos la calificación de idéntico, equivalente o alusivo. La gradación que muestran los conceptos a nivel individual no se explica como tipicidad (Barsalou, 1989), puesto que ésta es una medida de tendencia central y no es un grado de precisión, como plantea el MAP. Lo importante es que las estructuras graduadas de una categoría pueden transformarse en el tiempo por cambios en el contexto y tiene una repercusión directa en las características que muestren las organizaciones conceptuales, si la transformación se da hacia la precisión conceptual, lo que repercute directamente en la evaluación de la calidad de las organizaciones.

En cuanto al comportamiento a nivel grupal, la gradación conceptual mostrada por el conjunto de estudiantes de cada semestre, da evidencias de que también se pueden apreciar diferencias en los grados de precisión al referirse a los diferentes conceptos y se observa un incremento en el nivel de precisión. Así, en los primeros semestres hay una tendencia mayor a la utilización de conceptos equivalentes y alusivos. Los estudiantes no utilizan el término preciso para referirse a un concepto sino que hay una inclinación a usar varios términos, incluso proposiciones, para aludir a un concepto. La tendencia a usar un mayor número de conceptos idénticos y equivalentes hacia los semestres posteriores, es una clara evidencia de transformación a nivel conceptual y por lo tanto, cambio en sus organizaciones conceptuales individuales.

Los resultados obtenidos muestran una posible relación entre la calidad de las organizaciones conceptuales que muestran los estudiantes calificados como "más exitoso", "representativo" y "menos exitoso" con el Marco Global en el que se ubican. Se aprecia una tendencia en los estudiantes más exitosos de los semestres tercero, quinto y séptimo a tener una organización conceptual ubicada en Marco Conceptual, mientras que entre los estudiantes representativos y menos exitosos no hay cambio en su ubicación en Marco Referencial.

Donde sí se aprecian altibajos es en el índice de correspondencia conceptual. En este índice se observa el paso del rango de Marco Referencial en el semestre primero al rango de Nocional en los semestres segundo y tercero; luego cambian del rango de Nocional a Referencial, en el cuarto semestre, para volver al rango de Nocional en el quinto y sexto. El estudiante representativo del séptimo semestre se ubica en el rango de Marco Referencial.

También se observan altibajos en los estudiantes menos exitosos. Del rango de Nocional en los del primer y segundo semestre, cambia a Referencial en el tercero

para volver al rango de Nocional en los estudiantes del cuarto y quinto semestre. Los del sexto y séptimo semestre se ubican en el rango de Marco Referencial, para el mismo índice. La tendencia que se evidencia es clara en los estudiantes exitosos, pero se requiere un estudio más profundo para confirmar si existe o no una relación entre estos índices y el tipo de estudiante y sus repercusiones a nivel grupal.

En relación con el papel del concepto **evolución** como un concepto estructurante de la organización conceptual de los estudiantes, se puede ver que el concepto no sólo no es un concepto que organiza el discurso, sino que también se observa que acerca del tema en estudio, los estudiantes no muestran claramente un enfoque evolutivo que contextualice sus respuestas y pareciera que la tendencia es a dar explicaciones que describen fenómenos; en otros casos, describen procesos, pero se observa la ausencia de explicaciones que den cuenta de la historia evolutiva del fenómeno en cuestión. Pareciera que la demanda en el aula por explicar las causas últimas de diferentes fenómenos biológicos es menos frecuente que la explicación de las causas próximas. Esta situación pudiera ser una evidencia de la necesidad de que los estudiantes aprendan biología en un contexto evolutivo y también sugiere la necesidad de realizar estudios encaminados a hacer evidente la o las concepciones que subyacen en los estudiantes respecto al concepto de evolución y a las teorías evolutivas, en general.

## CONCLUSIONES

En este estudio se analizaron las características del conocimiento aprendido por estudiantes de la carrera de Biología, a lo largo de siete semestres, mediante el análisis de las organizaciones conceptuales individuales que presentaron en un momento dado de su formación. Se utilizó el Modelo de Análisis Proposicional propuesto por Campos y Gaspar (1995) y se clasificaron estas organizaciones para explorar su transformación en el tiempo. Se obtuvieron respuestas escritas a una pregunta correspondiente a la asignatura de Biología Celular en una muestra de 47 estudiantes de primero al séptimo semestre. El ítem fue proporcionado por el profesor de dicha materia con énfasis en el concepto de evolución. Los aspectos teóricos de este estudio están fundamentados en la construcción categorial y en la organización, que son las bases del Modelo de Análisis Proposicional y en la categoría de transformación referida a cambios detectables tanto cualitativos como cuantitativos en la organización conceptual que muestran los estudiantes, como una medida de aprendizaje grupal.

Las preguntas que guiaron la investigación se responden usando la metodología cualitativa propuesta en el Modelo, así como sus hipótesis generales e indicadores.

La primera pregunta fue: ¿Qué aprenden los estudiantes de lo básico de un contenido con precisión y coherencia en correspondencia con lo enseñado por el profesor? Es decir, ¿Cuál es la calidad de la organización conceptual construida por estudiantes de la carrera de Biología?

La calidad de esta organización fue determinada por el Índice de Calidad Global propuesto en el Modelo a nivel grupal. Se encontró que los índices de calidad global del aprendizaje del grupo de estudiantes en promedio se clasificaron todos en Marco Referencial, aunque a nivel individual se encontraron clasificaciones en los tres tipos de Marcos. De acuerdo al Modelo de Análisis Proposicional, el Marco Referencial significa que la porción de conocimiento científico que los estudiantes asimilaron en promedio, fue de una calidad razonablemente buena, independientemente del tamaño de esa porción.

La segunda pregunta fue: ¿Existen diferencias en la calidad de la organización conceptual que presentan los estudiantes cuando se les demanda conocimiento sobre un tema específico? Las respuestas de los estudiantes se sometieron a una prueba estadística y se determinó algunas diferencias significativas por grupo, algunas de ellas esperadas, como lo son las diferencias en la correspondencia conceptual entre el primero y segundo semestre, y el séptimo. El análisis cualitativo mostró, además, diferencias en la calidad de los conceptos utilizados por los estudiantes, variando desde una mayor proporción de conceptos alusivos a equivalente e idénticos, lo que nos da diferentes grados de precisión científica.

Pero también hubo diferencias no esperadas como en el caso de las diferencias significativas en correspondencia relacional entre el segundo y el quinto semestre en comparación con el séptimo. Aquí hay una disminución aparentemente paradójica que se explica porque los estudiantes del último semestre muestran una tendencia a emitir discursos sintéticos y expresados en forma matricial. La característica de estos discursos disminuye el número de relaciones porque están incluidas en las redes de la matriz y es muy difícil detectar las relaciones implícitas, sin poner parte de la organización del analista en la del estudiante. Este fenómeno no sólo se presenta cuando el estudiante de manera explícita dibuja una matriz, sino también cuando el discurso está explícito pero su forma discursiva es similar.

El análisis cualitativo permitió detectar diferencias a nivel conceptual entre los grupos, es decir, un incremento de conceptos en correspondencia desde los estudiantes de primer semestre al tercero y del tercero al séptimo. A nivel de relaciones lógicas hay una disminución en las relaciones en correspondencia desde el primero al tercer semestre, siendo más drástica en el séptimo. Dada la definición en el Modelo de la correspondencia en relaciones lógicas, un número mayor de conceptos, demanda un número mayor de relaciones en correspondencia con el criterio. Eso explicaría la disminución en el valor numérico.

La tercera pregunta fue: ¿Hay transformación en la organización conceptual del estudiante a través del tiempo? La clasificación de los Índices en Marcos Conceptuales, Referenciales y Nacionales detectó que la organización conceptual de todos los grupos se encuentra en Marco Referencial. Sólo el análisis más fino de los valores de los índices reveló diferencias entre ellos, ya que no todos tienen los mismos valores.

El análisis cualitativo muestra que desde tercer semestre al séptimo hay una mayor frecuencia de estudiantes que alcanzan Marco Conceptual en algunos de los índices. En los estudiantes de los dos primeros semestres, se observó un cambio, pero no es atribuible a la interacción con el contenido, motivo de este estudio, y su interpretación requiere de un estudio posterior. La información obtenida para primer y segundo semestre ha permitido conocer, a nivel diagnóstico, la base conceptual que tiene el estudiante antes de la oferta de conocimiento por parte del profesor de la asignatura de Biología Celular.

En todos los semestres, los estudiantes que presentaron valores en los índices fuera del rango de dispersión, fueron examinados cualitativamente por su comportamiento anómalo.

La cuarta pregunta fue: ¿En qué medida los estudiantes utilizan el concepto de evolución en la argumentación solicitada en el examen como un organizador de su estructura conceptual? Al respecto, dado que lo evolutivo está representado en la parte procesual en la estructura criterio y, en particular, por los conceptos "**tiempo**", "**cambio**", "**padres**", "**hijos**", se encontró que esta porción de la estructura tuvo una correspondencia mínima en la organización conceptual de los estudiantes y, por lo

tanto, el concepto **evolución** se presentó con una escasa frecuencia. En general, los estudiantes responden a "qué" es la diversidad celular, pero la frecuencia de estudiantes que responde a "por qué", es menor. La frecuencia de estudiantes que responden a "cómo", es mucho menor. Se encontró una ausencia total en la organización conceptual de los estudiantes del concepto **recombinación génica**. Este concepto representa una parte del mecanismo que explica cómo ha llegado a ser la diversidad celular.

También la frecuencia es más escasa en la respuesta a "dónde" ocurre el proceso de cambio y los conceptos **contenido** y **calidad** de la **información genética** se presenta en una escasa proporción.

En general, hay una gran diversidad en las organizaciones conceptuales que muestran diferencias significativas en la incorporación de conceptos científicos y diferencias en la correspondencia relacional. La base relacional refleja la habilidad mostrada por estos estudiantes para organizar lógicamente la información que los capacita para acceder a nuevo conocimiento. También se detectaron diferencias en el grado de precisión científica de los conceptos utilizados por los estudiantes.

La respuesta de los estudiantes respecto a la diversidad celular, en la mayoría de los estudiantes de todos los semestre se encuentra a nivel descriptivo. En ese nivel de descripción hay dos tipos: una descripción estática y una dinámica. El grado en que el estudiante usa el concepto **evolución** en alguna de sus formas, da también la idea del grado en que describen la parte dinámica de la pregunta y principalmente las causas últimas del fenómeno, que son de naturaleza evolutiva.

Las diferencias que se encuentran en las organizaciones conceptuales de los estudiantes del séptimo semestre respecto a los anteriores permite asumir que ha habido transformación en sus organizaciones conceptuales por la adquisición de nuevos conceptos y relaciones al incrementar su conocimiento base por la oferta educativa en el contexto biológico. Este contenido se encuentra muy débilmente referido en textos de Biología Celular y la construcción de organizaciones conceptuales en este tema en particular y su asimilación, deben producirse por la interacción en el aula.

De esta investigación surgen otros posibles estudios que tiene relación con la comparación entre las organizaciones cognitivas que presentan los estudiantes de acuerdo al género; las diferencias entre las organizaciones que presentan en relación con contenidos propios del semestre que cursan; la influencia que se presenta entre las organizaciones de los estudiantes dependiendo de la forma de ingreso, entre otras.

Existen otros posibles aspectos para profundizar como son el análisis de la demanda cognoscitiva a partir de la información que proporciona el propio Modelo como de metodología que está en desarrollo. Otro aspecto importante es el que se vincula con el estudio de las estrategias de aprendizaje en el aula, que además requieren de metodología microetnográfica.

Las observaciones anteriores tienen implicaciones a nivel educativo puesto que que sin pretender generalizar, tiene una utilidad diagnóstica en cuestiones didácticas, ya que proporciona información acerca de ausencias e incluso presencia, de conceptos y relaciones que podrían ayudar a una mejor organización en la transmisión de este contenido y así poner más énfasis en los aspectos que se muestran deficientes. También tiene implicaciones epistemológicas porque permite detectar las concepciones que subyacen en las organizaciones conceptuales de los estudiantes y del profesor.

## REFERENCIAS

- Atkinson, R. y Shiffrin R. (1968) Human Memory: a Proposed System an its Control Process, en K. Spence y J. Spence, *The Psychology of learning and motivation, II*, New York: Academic Press: 89-195.
- Ausubel. D. (1973). Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento. En S. Elam (Eds.), *La Educación y la Estructura del Conocimiento*, Buenos Aires: Ed. Ateneo:211-251.
- Bachelard, G. (1987). *La formación del espíritu científico*, México: Siglo XXI.
- Barsalou, L.W. (1989) The Instability of Graded Structure: Implications for the Nature of Concepts. In Ulric Neisser (Ed.), *Concept and conceptual development*, Cambridge (Mass.): Cambridge University.
- Beyerbach, B. A. y Smith, J.M. (1990) Using a Computerized Concept Mapping Program to Assess Preservice Teachers' Thinking about Effective Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10): 961-971.
- Bloome, D. (1992). Interacción e intertextualidad en el estudio de la lectoescritura en las aulas: microanálisis como una tarea teórica. En Rueda, M., y M.A. Campos, *La Investigación Etnográfica en Educación*, México: CISE, UNAM:123-180.
- Bishop, B.A. y Anderson, C.W. (1990). Student Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5):415- 427.
- Brumby, M.N. (1984). Misconceptions about the Concept of Natural Selection by Medical Biology Students. *Science Education*, 68: 493-503.
- Campos, M.A. (1989). La problemática del aprendizaje cognitivo en el aula. En M. Rueda y M. Escobar, *La investigación Educativa sobre el salón de clases universitario*. México: CISE, UNAM:6-21.
- Campos, M.A. (1995). Lógica no monotónica en explicaciones de estudiantes de estadística y biología. Ponencia presentada en el Seminario de Cognición, epistemología y enseñanza de las ciencias. HIMAS y Facultad de Ciencias, UNAM, noviembre 1994 - mayo 1995.
- Campos, M.A. y Gaspar, S. (1994a). Propositional Analysis in Concept Mapping: A Logical-Conceptual Approach. Mecanoescrito: 33 p.
- Campos, M.A. y S. Gaspar. (1994b). La estructura didáctica: análisis del proceso de interacción en el aula. Mecanoescrito: 30 p.
- Campos, M.A. y S. Gaspar. (1994c). Las condiciones inmediatas de la construcción del conocimiento: un esquema para el análisis de la interacción en el aula. Mecanoescrito: 37 p.

- Campos M.A. y S. Gaspar. (1995). El Modelo de Análisis Proposicional: un método para el estudio de la organización lógico-conceptual. En M.A. Campos y R. Ruiz. *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM (en prensa).
- Campos M.A. y S. Gaspar. (1995a). The Propositional Analysis Model: A Concept-link Approach to Text-based Knowledge Organization Analysis. *Reportes de Investigación*, 5(46): 46 p.
- Campos, M.A., S. Gaspar y C. López (1992). Oferta y asimilación de valores científicos en la enseñanza de la Biología. En M. Rueda y M.A. Campos. *Investigación etnográfica en educación*, México: UNAM:181-208.
- Campos, M.A. y M.A. Rossano. (1992). ANPROP: programa para análisis semántica de un texto, México: IIMAS, UNAM.
- Campos, M.A., S. Gaspar y A. Alucema (1993). Concept Mapping in Life Science: A Propositional Approach. Ponencia presentada en el III International Seminar on Misconceptions in Science, Cornell University, Ithaca (NY), Julio 31- Agosto 4.
- Campos, M.A., S. Gaspar y A. Alucema (1994). Análisis de estructuras conceptuales mediante análisis proposicional. Mecanoscrito.
- Campos, M.A., S. Gaspar y A. Alucema (1995). Mapeo conceptual de conocimiento científico mediante Análisis Proposicional. Trabajo presentado en el Congreso Latinoamericano "Pedagogía 95", La Habana, Cuba. Febrero de 1995.
- Campos, M.A., R. Ruiz y A. Alucema (1995a). Estructuras conceptuales graduadas de estudiantes de Biología y sus implicaciones epistemológicas. Ponencia presentada en el Seminario de Cognición, Epistemología y Enseñanza de las Ciencias. IIMAS y Facultad de Ciencias, UNAM, noviembre 1994 - mayo 1995.
- Campos, M.A., R. Ruiz y A. Alucema. (1995b). Estructuras conceptuales graduadas en el conocimiento aprendido. En M.A. Campos y R. Ruiz. *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM (en prensa).
- Cobern, W.W. (1994). Point: Belief, Understanding and Teaching of Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5):583-590.
- Cummins, C.L. (1992). Reasoning using Biological Content: Relationship among Evidence, Theory and Interpretation. Tesis doctoral para obtener el grado de Doctor en Filosofía en Louisiana State University, Baton Rouge, U.S.A.
- Cummins, C.L. y Remsen, J.V. (1992). Research Suggestions for Studying Student Conceptions of Ultimate and Proximate Causation. In *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*. Baton Rouge: Louisiana State:89-92.

- Desmastes, S.S. (1992) In Favor of Maintaining a Broad Perspective of Evolution Education. In *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*. Baton Rouge: Louisiana State University:96-98.
- Chinn, C.A. y Brewer, W.F. (1993). The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*, 63(1):1-49.
- Dobzhansky T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution. *American Biology Teacher*, 35:125-129.
- Dobzhansky, T., Ayala, F., Stebbins, L. y Valentine, J. (1983). *Evolución*. España: Ed. Omega.
- Dyson, R.D. (1975). *Essentials of Cell Biology*. Allyn and Bacon, Inc.
- Fisher, K.M. (1990). Semantic Networking: The New Kid on the Block. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10):1001-1018.
- Fisher, K.M. (1992). Teaching of Evolution. In *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*. Baton Rouge: Louisiana State University:103-108.
- Frederiksen, C.H. (1981). Inference in Preschool Children's Conversations-A Cognitive Perspective. In Judith Green y Cynthia Wallat. *Ethnography and Language in Educational Settings*. Norwood (NJ): Ablex.
- Gagné, R.M. (1962) The Acquisition of Knowledge, *Psychological Review*, 69: 335-365.
- Goldsmith T.E. y Johnson, P.J. (1990). A Structural Assessment of Classroom Learning. In R.W. Schwaneveldt (Ed.), *Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge Organization*. Norwood. (NJ): Ablex:241-254.
- González, J., A. Alucema, E. Alvarez, N. Galindo, C. Hernández, S. Islas, J. Moreno, P. Ojeda, A. Pino y Y. Sakurai. (1994). Diagnóstico de la Licenciatura en Biología del Departamento de Biología, Facultad de Ciencias de la UNAM. Comisión de Diagnóstico. Mecanoscrito.
- Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Greene, E.D. (1990). The Logic of the University Student's Misunderstanding of Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(9):875-885.
- Hauslein, P., Good, R. y Cummins, C. (1992). Biology Content Cognitive Structure: from Science Student to Science Teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(9):936-964.
- Helenuum, K. (1992) Problems Facing Education in Evolution. In *Proceedings of Evolution Education Research Conference*. Louisiana State University at Baton Rouge, diciembre 4-5:129-132.
- Holtzman, E. y Novikoff A.B. (1986). *Estructura y Dinámica Celular*. México: Nueva Editorial Interamericana.

- Jegede, O.J., Alaiyemola, F.F. y Okebukola, P.A. (1990) The Effects of Concept Mapping in Student's Anxiety and Achievement in Biology. Journal of Research in Science Teaching, 27(10):951-960.
- Karp, G. (1987). *Biología Celular*. México: McGraw-Hill.
- King, A. (1994). Guiding Knowledge Construction in the Classroom: Effects of Teaching Children How to Question and How to Explain. American Educational Research Journal, 31(2):338-368.
- Linn, M.C. (1987). Establishing a Research Base for Science Education: Challenger Trends and Recommendations. Journal of Research in Science Teaching, 34:191-216.
- Linder, C.J. (1993). A Challenge to Conceptual Change. Science Education, 77(3):293-300.
- Mayr, E. (1961). Cause and Effect in Biology. Science, 134: 1501-1506.
- Mayr, E. (1978). La Evolución. Scientific American, 239:46-55.
- Mayr, E. (1982). *The Growth of Biological Thought*. Cambridge, (MA): Harvard University Press.
- Mayr, E. (1988). *Toward a New Philosophy of Biology: Observations of an Evolutionist*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press.
- Mintzes, J.J. (1992). Proposal for Research Agenda on Conceptual Change in Evolutionary Biology. In *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*. Baton Rouge: Louisiana State University:153-156.
- Neisser, U. (1989). From Direct Perception to Conceptual Structure. In Ulric Neisser (Ed.). *Concept and conceptual development*. Cambridge (Mass.): Cambridge University.
- Novak, J.D. (1982) *Teoría y práctica de la educación*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Novak J.D.(1988). Learning Science and the Science of Learning. Studies of Science Education, 15:77-101.
- Novak, J.D. (1990). Concept Mapping: A Useful Tool for Science Education, Journal of Research in Science Teaching, 27(10):937-949.
- Novak, J.D. (1992) A View on the Current Status of Ausubel's Assimilation Theory of Learning. A paper presented at the meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, California, April 24.
- Novak, J.D. y Musonda, D. (1991). A Twelve - Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. American Educational Research Journal, 28:1. 117-153.
- Novak, J.D. y Gowin, R. (1984): *Learning to Learn*, Cambridge University Press: Cambridge.
- Piaget, J. (1985). *Biología y Conocimiento*. México: Siglo XXI Eds.

- Pintrich, P.R., Marx, R.W. y Boyle, R.A. (1993). Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. Review of Educational Research, 63(2):167-199.
- Prevosti A. (1985). La Genética de Poblaciones Hoy. Mundo Científico, 38(4):786 - 793.
- Posner, G.J., Strike, K.H., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. Science Education, 66: 211- 227.
- Prawat, R.S. (1989). Promoting Access to Knowledge, Strategy, and Disposition in Students: A Research Synthesis. Review of Educational Research, 59(1):1- 41.
- Rodríguez, D. (1989). Gelidiales-Rhodophita: una contribución a la flora tónica del Pacífico Tropical Mexicano. Propuesta teórico-metodológica a partir de la Teoría de Procesos Alterados. Tesis para optar al Grado de Doctor en Ciencias (Biología), México: UNAM.
- Rogan, J.M. (1988). Development of a Framework of Heat. Science Education, 72(1):103-113.
- Rosenberg, A. (1985). *The Structure of Biological Science*. NY: Cambridge University Press.
- Roth W.M. (1994) Student Views of Collaborative Concept Mapping: An Emancipatory Research Project. Science Education, 78(1):1-34.
- Royer, J.M., Cisero, Ch.A. y Carlo, M.S. (1993). Techniques and Procedures for Assessing Cognitive Skills. Review of Educational Research, 63(2):201-243.
- Ruiz, R. (1995). La Construcción del Conocimiento Científico y el Aprendizaje de las Ciencias. Ponencia presentada en el Seminario de Cognición, Epistemología y Enseñanza de las Ciencias, IIMAS y Facultad de Ciencias, UNAM, nov. 1994 -mayo 1995.
- Rutowski, R.I. (1992). Two Issues in Evolution Education. In *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*. Baton Rouge: Louisiana State University: 166-169.
- Schindler, J.E. (1992). Understanding Evolution: University Undergraduates General Observations. In *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*. Baton Rouge: Louisiana State University: 172-174.
- Settlage, J. (1992). A Perspective on Evolution Education. In *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*. Baton Rouge: Louisiana State University: 175-180.
- Smith, M. (1994). Counterpoint: Belief, Understanding and Teaching of Evolution. Journal of Research in Science Teaching, 31(5):591-597.

- Tomanek, D. (1994). Cases of Content: Studying Content as a Part of a Curriculum Process. Science Education, **78**(1):73-82.
- Trowbridge, J.E. (1992). How to Visualize Time? In *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference*. Baton Rouge: Louisiana State University:201-203.
- Trowbridge, J.E. y Wandersee, J.H. (1994). Identifying Critical Junctures in Learning in a College Course in Evolution. Journal of Research in Science Teaching, **31**(5):459-474.
- von Glasersfeld, E. (1989). Cognition, Construction of Knowledge and Teaching. Synthese, **80**:121-140.
- Wallace, J.D. y Mintzes, J.J. (1990). The Concept Maps as a Research Tool: Exploring Conceptual Change in Biology. Journal of Research in Science Teaching, **27**(10), 1033-1052.
- Wandersee, J.H. (1990). Concept Mapping and the Cartography of Cognition. Journal of Research In Science Teaching, **27**(10), 923-936.
- Woese, C.R. (1981). Archibacterias. Investigación y Ciencia, **244**: 95-106.

## APENDICE I

### "PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SOBRE APRENDIZAJE EN LA BIOLOGÍA", HIMAS, CISE, FACULTAD DE CIENCIAS

#### I. DATOS GENERALES

NOMBRE (iniciales) .....MES Y AÑO DE INGRESO  
.....

Señala con una x cuáles de las siguientes materias has cursado y/o acreditado y con un círculo las que estas cursando:

1. MATEMÁTICAS GENERALES I	C	A
2. BIOLOGÍA GENERAL I	C	A
3. BIOLOGÍA CELULAR	C	A
4. ANATOMIA ANIMAL COMPARADA	C	A
5. FISILOGÍA ANIMAL	C	A
6. GENÉTICA	C	A
7. PALEONTOLOGÍA	C	A

#### II. RESPONDE LIBRE Y CUIDADOSAMENTE A LA SIGUIENTE PREGUNTA:

¿Qué se entiende por diversidad celular? Con base en este concepto, explica ¿por qué existen diferencias entre las células y cuáles son?