

# **EL ABORDAJE DE CONOCIMIENTO ABSTRACTO DE ESTUDIANTES PRE-UNIVERSITARIOS EN EL CASO DEL TEMA DE EVOLUCIÓN EN BIOLOGÍA**

**Miguel Angel Campos Hernández**

**Leticia Cortés Ríos**

*Universidad Nacional Autónoma de México*

## **Resumen**

Se estudian los conocimientos sobre el tema de evolución que presentan estudiantes del nivel pre-universitario con base en el análisis de exámenes formulados en los niveles epistemológicos descriptivo y explicativo, y en los niveles cognoscitivos de reconocimiento analítico y pensamiento hipotético-explicativo; se realizó una intervención pedagógica orientada a la construcción de conocimiento abstracto en uno de los grupos y se registró todo el proceso mediante videograbación. Se observó un avance en la comprensión y construcción de dichos conocimientos en ambos grupos una vez revisado el tema en clase, con un avance sustancialmente mayor en el grupo en que se realizó la intervención pedagógica mencionada.

**Palabras Claves:** Construcción de Conocimiento; Cognición; Intervención Pedagógica.

## **Abstract**

Knowledge structure on evolution theory constructed by high school students is studied, according to epistemological level (description, explanation) and cognitive level (analytical reasoning, hypothetical-explanatory reasoning). An instructional method directed to foster abstract knowledge construction was applied in one of two groups studied, and the whole classroom interactive process was videotaped in both groups. Results of this experience show both groups substantially improved on each level of the epistemological dimension regarding analytical reasoning, but the improvement was significantly larger in the group in which the instructional method was applied.

**Key Words:** Knowledge's Construction; Cognition; Pedagogical Estrategics.

**Recibido:** 09/03/2005

**Aceptado:** 25/05/2005

## **Presentación**

Se analiza la conceptualización de la teoría evolutiva moderna (TEM) que presentan estudiantes pre-universitarios, del 2º año de preparatoria (11º grado escolar). Este concepto es central en el conocimiento y la comprensión de los fenómenos biológicos.

Diversos estudios han reportado que estudiantes de diferentes grados escolares y campos disciplinarios muestran dificultades para construir conocimiento en el nivel explicativo en varios campos disciplinarios y niveles escolares (v.g., Campos, Jiménez, Gaspar y Ruiz, 1999; García, Campos y Pirrón, 2003) y problemas en pruebas de desempeño cognitivo en aspectos causales y razonamiento verbal (v.g., Pavón, Galicia y Sánchez, 1997). Estudios previos en el campo de la Biología han mostrado en 7º grado dificultades similares, además de problemas en el entendimiento de la teoría evolutiva moderna (Guillén, 1995; Sánchez, 2000). Por ello, es necesario el estudio de aspectos cognoscitivos y de conceptualización de ideas fundamentales en un área de conocimiento tan importante como lo es la Biología. Los resultados pueden ayudar a

plantear soluciones alternativas, realistas y fundamentadas, a los problemas identificados, con el propósito de mejorar la enseñanza, el aprendizaje y la estructura curricular.

Por lo anterior, en este trabajo se estudia la conceptualización de los estudiantes sobre el tema de teoría evolutiva moderna. Para ello se aplicó una prueba antes y después de revisar el tema formalmente en clase, con el propósito de identificar el conocimiento previo y el conocimiento adquirido respectivamente, de acuerdo con su contenido descriptivo y explicativo (Campos y Gaspar, 1996; 2004) y los niveles cognoscitivos de reconocimiento analítico e hipotético-explicativo (van Dijk y Kintsch, 1983; Sternberg, 1987) acerca del tema en estudio. Además, se desarrolló una estrategia didáctica orientada a promover la construcción de conocimiento abstracto (Campos y Gaspar 2004a; Campos, Gaspar y Cortés, 2003), cuyos resultados han mostrado resultados favorables especialmente en el campo de la Biología en relación con el mismo tema de evolución tanto en educación media (7° grado: Campos y Cortés, 2004) como en pre-universitaria (12° grado: Campos, Cortés y Rossi, 2002); el proceso de aplicación didáctica fue registrado en su totalidad mediante videograbación.

### **Aspectos contextuales**

La teoría evolutiva moderna (TEM) se revisa en la asignatura de Biología IV, un programa anual que ofrece la Universidad del Valle de México en 2° grado del ciclo pre-universitario o de educación media superior (preparatoria: grados 10-12). Es una asignatura obligatoria del núcleo básico, de carácter teórico-práctico, en el área de formación de ciencias naturales, orientada a ciencias biológicas y de la salud. Se imparte en cuatro horas semanales: tres teóricas y una de práctica en laboratorio, en un total de 120 horas en el año escolar. Entre los propósitos centrales de la asignatura, se pretende que el alumno "adquiera las bases principales de la Biología, tenga una cultura general sobre los fenómenos biológicos y fomente el desarrollo de una actitud responsable frente a la naturaleza" (Programa de Estudios, 4). Este curso sirve como antecedente a la asignatura de Biología V (propedéutica del área de formación mencionada, y por lo tanto obligatoria, y optativa para las otras áreas de formación) y de Temas Selectos de Biología (optativa en el área de ciencias naturales).

### **Consideraciones teóricas**

*Aspectos epistemológicos del contenido.* La teoría moderna de la evolución (TEM) explica el estado actual de un organismo y sus características, derivados de un ancestro y adquiridos porque representan una ventaja evolutiva, relacionando los cambios ambientales y del programa genético de los propios organismos a través del tiempo (Mayr, 1982; Stebbins y Ayala, 1985). Esta explicación se basa en las siguientes ideas fundamentales (Mayr, 1978; Barahona, 1990): (a) el mundo y las especies cambian, (b) los cambios son graduales, (c) existe descendencia común, lo cual incluye la noción de especie como estructura poblacional aislada reproductivamente de otras especies, y (d) estos procesos son posibles debido a la selección natural, que actúa sobre la diversidad genética, la cual se origina por mutaciones y recombinación de genes, y que puede favorecer o no la variación y la adaptación al medio. Así, la evolución tiene lugar por selección natural de las diferencias hereditarias que surgen aleatoriamente en cada generación, en respuesta a las exigencias del medio; con ello, se multiplican generacionalmente, proceso en el cual sus portadores presentan una mayor probabilidad de adaptación al medio; por su parte, las diferencias generacionales que no tienen este efecto de supervivencia y adaptación, se van eliminando. Las nociones modernas de la genética, la paleontología y la dinámica de poblaciones han fortalecido esta visión. Los elementos anteriores establecen las exigencias teóricas que los estudiantes requieren comprender acerca del tema, en este nivel educativo.

*Construcción de conocimiento.* El reconocimiento analítico y el pensamiento hipotético-explicativo son dos formas de abordar al conocimiento. El primero permite establecer la relación entre lo que un estudiante sabe y lo que se le pregunta; esta relación se basa en habilidades analítico-categoriales que activan componentes lógico-conceptuales, con perspectivas paradigmáticas implícitas, ante conocimiento verbalizado (Sternberg, id.; van Dijk y Kintsch, id.). Los componentes lógico-conceptuales que se activan conforman el conocimiento previo, construido mediante diversos procesos de clasificación y jerarquización de contenidos semánticos, integrando diversos niveles de concatenación semántica (Ausubel, 1973; Sternberg, id.). Por su parte, el pensamiento hipotético-explicativo activa relaciones estratégicas, como las secuenciales y causales, integrativas y evaluativas, dependientes de teorías específicas (Lohman, 1989); este proceso analítico-argumentativo se presenta en el plano del razonamiento productivo para llegar a conclusiones inferenciales, y se transforma conforme se tiene más conocimiento (Alexander et al., 1994; Demetriou, 1998); por ello, el conocimiento previo y las habilidades analíticas lógico-conceptuales mencionadas anteriormente son muy importantes (Brown, Campione y Day, 1981).

*El Modelo de Análisis Proposicional.* El MAP (Campos y Gaspar, 1996; 2004b) es un método para el análisis de la organización conceptual del conocimiento aprendido y expresado en textos, y su contenido lógico y epistemológico, con base en teorías cognitivas, epistemológicas y sociolingüísticas, desde una perspectiva constructivista. En este estudio sólo se toman sus bases metodológicas relativas al análisis de componentes proposicionales, que consiste en identificar proposiciones (**Pi**), definidas como enunciados temático-contextuales, y sus unidades sintáctico-semánticas: (a) conceptuales o conceptos, **C**, por lo menos dos de ellos; (b) relacionales o relaciones lógicas, **R**, por lo menos una de ellas, que conectan los **C**; y (c) otros componentes gramaticales (**O**). Así, una proposición es un encadenamiento **CRC**, con varios **C** y **R**. La subproposición es un segmento dentro de una proposición, que presenta una estructura **CRC** mínima, temáticamente significativa. Esta configuración proposicional se encuentra en todo texto, como en el caso del que producen los estudiantes, procesualmente en clase o en exámenes, y se analiza de acuerdo con su contenido científico. Para ello, estos textos se contrastan semánticamente con un texto sintético científicamente válido llamado criterio (id.), elaborado por expertos y adecuado al nivel escolar, que se encuentra organizado en los niveles epistemológicos descriptivo, explicativo y ejemplificativo. El contenido subproposicional del criterio permite elaborar la prueba y las guías de observación como las que se utilizan en este estudio (ver siguiente sección).

## Metodología

*Población.* Se realizó el estudio en dos grupos del 5° grado del Sistema Preparatoria UNAM (educación media superior: grados 10-12) de la Universidad del Valle de México, plantel Lomas Verdes, en la asignatura de Biología IV. Uno de los grupos tenía 34 estudiantes (G1), y el otro 36 (G2).

*Prueba.* Se aplicó un examen antes y después de revisar en clase el tema de la TEM. La posprueba se aplicó dos semanas después de que se revisó dicho tema. El examen consta de dos partes: la primera tiene el propósito de identificar el contenido epistemológico en los niveles descriptivo y explicativo sobre el tema, en el plano cognoscitivo de reconocimiento analítico; la segunda parte tiene el propósito de identificar el mismo contenido en el plano cognoscitivo del razonamiento hipotético-explicativo. La primera parte se elaboró con base en la problemática cognitiva, las exigencias epistemológicas del tema y la estructura teórico-metodológica del MAP (Campos y Gaspar, id.). Así, siguiendo el procedimiento propuesto por Campos y Cortés (2004):

(a) se elabora una pregunta sobre el tema de interés en cada uno de los niveles epistemológicos bajo estudio; en este caso, el descriptivo (Qué) y el explicativo (Cómo, Por qué);

(b) se elabora el criterio, adecuado al contenido temático del nivel escolar, que se revisa en clase;

(c) se analiza el criterio de acuerdo con su configuración proposicional (**Pi**, **C**, **R**, **O**) y se identifican subproposiciones;

(d) se seleccionan subproposiciones para usarlas en la evaluación, de acuerdo con su relevancia para determinar asimilación de conocimiento;

(e) las subproposiciones seleccionadas se re-escriben para utilizar su contenido en forma de ítems de la prueba, de acuerdo con algún formato específico y los ajustes de redacción pertinentes.

(f) se realiza un ordenamiento aleatorio por ítem y por ubicación de la respuesta correcta (izquierda o derecha).

De acuerdo con este procedimiento, las preguntas son (inciso a; se señala aquí su nivel epistemológico):

¿En qué consiste la teoría evolutiva moderna? (Descriptivo). ¿Cómo explica esta teoría la adaptación y la diversidad?

El criterio (incisos b-c) es el siguiente, organizado por proposiciones (**Pi**):

**P1.** La Teoría Evolución Moderna (TEM) incorpora o integra a la teoría de la selección natural de Darwin, las bases genéticas, entendiendo esta integración como fuente de los cambios evolutivos de las poblaciones.

**P2.** Esto ha permitido consolidar los principios de la evolución por selección natural ya que se acepta que de la diversidad de caracteres que heredan los organismos permanecen aquellos [caracteres] que propician o favorecen su adaptación al medio y tienden a incrementarse de generación en generación, mientras los [organismos] no favorecidos por la selección natural se eliminan.

**P3.** La TEM rechaza el principio lamarckiano de la herencia de los caracteres adquiridos y acepta que las poblaciones con mayor variabilidad genética presentan una mejor adaptabilidad a su medio, con mayor probabilidad de subsistir y reproducirse.

**P4.** Esto genera un proceso de selección natural entre las poblaciones, lo cual favorece o no la adaptación de los organismos al ambiente.

**P5.** Las principales causas de la variabilidad genética son: las mutaciones, la recombinación, la deriva génica y flujo genético.

**P6.** Las mutaciones son cambios que se presentan en los genes.

**P7.** La recombinación génica se realiza en un tipo de división celular, llamado meiosis.

- P8.** En la meiosis las cromátidas homólogas se rompen y sus extremos se entrecruzan, con lo que se intercambia material genético
- P9.** La deriva génica se refiere a los cambios ocurridos al azar en la frecuencia de los genes de una población.
- P10.** El flujo genético se refiere a los procesos migratorios y es causa del cambio en la frecuencia génica de la población.
- P11.** En la TEM, la selección natural no genera los cambios genéticos sino que actúa sobre ellos cuando ya se dieron.
- P12.** A la larga, los procesos mencionados muestran que la selección natural puede beneficiar a los organismos y poblaciones que poseen mejores características de adaptación al medio, entendidas en términos de la posibilidad de aquellos de sobrevivir y reproducirse, lo que a su vez puede conducir a la diversidad biológica.

Los dos niveles epistemológicos se encuentran en las siguientes proposiciones: (a) *descriptivo* (**P1-P3** y **P6-P9**), en el que se establece el carácter integrador de la teoría y sus principios básicos; (b) *explicativo* (**P4-P5** y **P10-P12**), en el que se plantea la relación causal entre adaptación, selección natural y diversos procesos genéticos. Como se puede observar, este criterio constituye una síntesis epistemológicamente válida del tema que se estudia, en función de los elementos teóricos del campo, presentados en la sección anterior.

De acuerdo con el procedimiento señalado anteriormente para la elaboración del examen (incisos *d-e*), se identificaron 16 subproposiciones en el criterio (Anexo 1), y con base en ellas se formularon 8 ítems en el formato de *Selección de Frase Correcta y Duda/No me acuerdo*, utilizado por Sánchez (2000). El Anexo 2 (Primera Parte) se presenta el examen aplicado, en su forma final. Seis de estos ítems presentan contenido primariamente descriptivo (#2 a #7) y dos contienen material primariamente explicativo (#1 y #8). El examen se evalúa asignando un punto a cada respuesta correcta. Debido a que se consideraron 8 ítems, el total de puntos posibles es de 8.

En cuanto a la segunda parte del examen, se utilizaron los ítems en formato de *Doble Pregunta* elaborados por Sánchez (*Id.*). En este examen (Anexo 2, Segunda Parte), cada ítem plantea un hecho o situación, la cual tiene respuesta a su vez en dos partes; en la primera, se presentan tres opciones a manera de *hipótesis* (una de ellas es correcta o plausible dentro de la teoría evolutiva) con base en cambios ambientales, temporales o en los organismos; en la segunda parte, se plantean las razones evolutivas que hacen posibles dichos cambios (*explicación científica*), en tres opciones (una de ellas correcta). Las respuestas se clasifican de la siguiente manera: Darwiniana (D), cuando se presenta una respuesta correcta en ambas partes; Incompleta con Hipótesis (IH), cuando se presenta un enunciado hipotético correcto (primera parte), pero sin explicación correcta (segunda parte); Incompleta con Explicación (IE), cuando se presenta una explicación correcta, pero sin hipótesis que la sustente; e Incorrecta (I), cuando ambas partes del ítem se responden incorrectamente. La prueba se evalúa de la siguiente manera: 1 punto por la parte hipotética, y 2 por la parte explicativa de cada ítem. De este modo se asignan 3, 1, 2 y 0 a las respuestas D, IH, IE e I, respectivamente. Debido a que el examen contiene siete ítems, el máximo posible de puntos es de 21.

*Intervención pedagógica.* En el G1 se trabajó con la Estrategia Didáctica para la Construcción de Conocimiento Abstracto (EDCC) propuesta por Campos y Gaspar (2004; ver

también Campos y Cortés, 2002; Campos, Gaspar y Cortés, 2003). En la EDCC se propone organizar la discusión del tema de acuerdo con el contenido sintetizado en el criterio, y sus niveles epistemológicos (descripción, explicación, y ejemplificación), en fases interactivas de diálogo abierto o conversación, argumentación por parte de los estudiantes (con o sin contenido científico) y explicación científica, coordinadas en forma sucesiva al abordar cada aspecto conceptual del tema, y apoyadas con diversos recursos didácticos y actividades.

Se videograbó completamente cada una de las 10 sesiones de clase en las que se presentó el tema de la TEM (dos sesiones de dos horas cada una, durante cinco semanas), en el periodo entre pruebas, en cada uno de los grupos escolares bajo estudio.

### **Análisis de resultados y discusión**

*Conocimiento previo.* A continuación se presentan resultados por grupo (G1, G2), de cada parte del examen, en la pre-prueba.

Primera Parte, razonamiento analítico: Total de estudiantes que respondió correctamente a cada ítem (#1-8; se indica su nivel epistemológico: Descriptivo y Explicativo) y promedio de puntos en general (PG) y por nivel epistemológico (D, E):

	1E	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8E	PG	D	E
G1	23	20	14	10	13	7	17	14	3.5	2.3	1.2
G2	12	25	20	17	9	8	23	11	3.4	2.8	0.6

Se observa que más de la mitad de los estudiantes del G1 respondió a sólo tres de los 8 ítems (#1, #2 y #7) y menos de la mitad a los cinco restantes; mostraron mayor dificultad con el #4 y el #6: ambos son descriptivos, acerca del carácter integrador de la teoría evolutiva moderna y de la ubicación de la recombinación génica en los procesos celulares, respectivamente (ver Anexo 2).

Los estudiantes en el G1 obtuvieron entre 1 y 7 puntos en el examen (de 8 posibles), con un promedio de 3.5 (43.4% del total, i.e., 4.3 puntos en escala 0-10). Respecto del nivel epistemológico, en el descriptivo obtuvieron entre 0 y 5 puntos (de 6 posibles), con un promedio de 2.3 (38.2%, o 3.8 puntos); en el nivel explicativo, obtuvieron entre 0 y 2 puntos (de 2 posibles), con un promedio de 1.2 (57.50%, 5.8 puntos). Es decir, no tienen o no recuerdan adecuadamente los conocimientos requeridos para la resolución de esta parte de la prueba, con una diferencia importante entre niveles epistemológicos, a favor del explicativo.

Por su parte, en el G2 más de la mitad responde a sólo tres de los ítems (#2, #3 y 7#), todos ellos descriptivos, y menos de la mitad a los cinco restantes; se observa una dificultad similar al G1 respecto del ítem #6, de carácter descriptivo, aunque también hubo baja respuesta a los ítems #1 y #5: el primero de éstos, en el contexto explicativo de la variabilidad genética, se refiere al carácter del flujo genético, mientras que el segundo se refiere al carácter de la deriva génica (ver Anexo 2).

En este G2 los estudiantes obtuvieron entre 0 y 7 puntos en el examen (de 8 posibles), con un promedio de 3.4 (43.0% del total, i.e., 4.3 puntos en escala 0-10). Respecto del nivel epistemológico, en el descriptivo obtuvieron entre 0 y 5 puntos (de 6 posibles), con un promedio de 2.8 (52.2%, o 5.2 puntos); en el nivel explicativo, obtuvieron entre 0 y 2 puntos (de 2 posibles), con un promedio de 0.6 (27.0%, o 2.7 puntos). Es decir, al igual que el G1, no tienen o no recuerdan adecuadamente los conocimientos requeridos para la resolución de esta parte de la prueba, antes de abordar el tema formalmente en clase. Se puede notar la discrepancia entre grupos por nivel epistemológico, ya que el G2 muestra casi catorce puntos porcentuales más en el nivel descriptivo que el G1, pero casi treinta y uno menos en el explicativo. De hecho, la diferencia observada entre grupos no es estadísticamente significativa en el puntaje general ( $t = 0.06$ ,  $p > 0.10$ ) ni en el nivel descriptivo ( $t = 1.45$ ,  $p > 0.10$ ), pero sí lo es en el explicativo ( $t = 2.91$ ,  $p < 0.05$ ). Es decir, los estudiantes en ambos grupos inician el curso con conocimientos similares sobre el tema, con diferencias sustanciales en el nivel explicativo a favor del G1 respecto del tema bajo estudio.

Segunda Parte, razonamiento hipotético-explicativo: Total de estudiantes por grupo que respondió a cada ítem (#I-VII) por tipo de respuesta (D: Darwiniana; IH: Incompleta con Hipótesis; IE: Incompleta con Explicación e I: Incorrecta), y promedio general de puntos (PG):

<i>ITEM \</i> <i>TIPO RESP</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII
<b>GRUPO 1 PG: 7.2</b>							
D	4	5	2	6	5	3	13
IH	11	5	3	5	12	7	1
IE	4	4	10	4	5	9	9
I	15	20	19	19	12	15	11
<b>GRUPO 2 PG: 7.4</b>							
D	2	16	0	6	5	8	7
IH	12	3	2	18	7	13	13
IE	4	2	10	6	3	3	4
I	18	15	24	6	21	12	12

La mayoría de los estudiantes en el G1 tuvo dificultades para responder adecuadamente a cada uno de los ítems, i.e., en forma darwiniana (D). Un tercio o menos de ellos respondió a los diferentes ítems con una respuesta sólo hipotética (IH) sin explicar por qué se presentan los

cambios, y una proporción menor respondió sólo con una explicación sin una hipótesis que la sustente (IE). Los demás, entre 11 y 20 estudiantes por ítem, respondieron en forma incorrecta (I). El promedio de puntos en esta segunda parte de la prueba, toda ella de nivel explicativo, es de 7.24 (de 21 posibles: 34.5% o 3.5 en escala 0-10).

Como en el G1, la mayoría de los estudiantes en el G2 tuvo dificultades para responder en forma darwiniana (D). También alrededor de un tercio o menos de ellos respondió a los diferentes ítems con una respuesta sólo hipotética (IH), una proporción menor que respondió sólo con una explicación (IE), y entre 11 y 20 estudiantes por ítem, en forma incorrecta (I). El promedio de puntos del G2 en la segunda parte de la prueba es de 7.36 (de 21 posibles: 35.1% o 3.5 en escala 0-10), ligeramente superior al del G1. Estas diferencias no son significativas entre grupos ( $t = 0.08$ ,  $p > 0.10$ ) Es decir, también respecto de conocimiento estratégico más complejo, ambos grupos se encuentran en una situación similar, antes del tratamiento del tema en clase. Es interesante notar que esta similitud se observa también en el tipo de respuesta que dan en cada grupo, ya que las diferencias observadas no son significativas ( $\chi^2 = 0.76$ ,  $p < 0.01$ ).

*Contexto áulico durante la revisión del tema.* En el G1 se abordó el tema con base en la EDCC (Campos y Gaspar, id.), propiciando el diálogo informal inicialmente con preguntas como las siguientes: ¿De dónde proviene el ser humano? ¿Qué entiendes por evolución? ¿Cómo explicas que haya tanta diversidad de especies biológicas?, las cuales fueron comentadas libremente por los estudiantes, en un contexto dialogal fluido, sin presiones y sin corregírseles de inmediato. A esta fase conversacional informal seguía una fase argumentativa en la que la maestra solicitaba que argumentaran sus respuestas, dijeran por qué. Habiendo dado oportunidad a quienes quisieran responder o profundizar sus respuestas, y tomando en cuenta ideas y conceptos propuestos por los estudiantes, se abordaba la explicación científica, aclarando dudas y ampliando las explicaciones. Este proceso se acompañaba con imágenes ilustrativas y, especialmente en la tercera fase, con ejercicios prácticos individuales y en equipo, así como tareas en casa. Los estudiantes tuvieron una muy activa participación durante el tratamiento del tema, realizaron cuatro actividades prácticas con material de bajo costo, para dar especial atención y profundizar en los temas de mutación, selección natural, recombinación genética y formación de cariotipos.

En el G2 la profesora trabajó el tema con base en exposición, apoyándose en videos al respecto. Los estudiantes recurren a ellos para repasarlos en periodos fuera de clase; también realizaron actividades experimentales en el laboratorio, por ejemplo con base en analogías de formación de fósiles con plastilina, agua, cal y cemento.

*Posprueba.* El total de estudiantes que respondió correctamente a cada ítem (#1-8; se indica su nivel epistemológico: Descriptivo y Explicativo) por grupo (G1, G2) y el promedio de puntos en general (PG) y por nivel epistemológico (D, E), son los siguientes:

	1E	2D	3D	4D	5D	6E	7D	8E	PG	D	E
G1	31	33	12	23	26	30	32	25	6.3	4.6	1.7
G2	33	18	29	25	9	30	35	11	5.3	4.0	1.3

En esta ocasión, más del 60% de los estudiantes del G1 respondió a todos los ítems, excepto

al #3, con el que continúan teniendo dificultad (sólo casi la mitad había respondido a este ítem en la pre-prueba), acerca de aspectos hereditarios (ver Anexo 2). Obtuvieron entre 4 y 7 puntos en el examen (de 8 posibles), con un promedio de 6.3 (78.0% del total, i.e., 7.8 puntos en escala 0-10). Respecto del nivel epistemológico, en el descriptivo obtuvieron entre 3 y 6 puntos (de 6 posibles), con un promedio de 4.6 (76.5%, o 7.6 puntos); en el nivel explicativo, obtuvieron entre 0 y 2 puntos (de 2 posibles), con un promedio de 1.7 (82.5%, u 8.3 puntos en escala 0-10). Las diferencias observadas entre exámenes en este G1 son significativas tanto en el puntaje general ( $t = 7.7$ ,  $p < 0.01$ ) como en el descriptivo ( $t = 7.9$ ,  $p < 0.01$ ) y el explicativo ( $t = 3.41$ ,  $p < 0.01$ ). Así, muestran un mejor manejo del conocimiento requerido a nivel de reconocimiento analítico, una vez revisado el tema en clase.

Por su parte, los estudiantes del G2 también presentaron avances: ahora más de la mitad de ellos respondió a todos los ítems, excepto al #5 y al #8; con éstos también habían tenido dificultad en la pre-prueba. El primero de estos ítems, descriptivo, se refiere al carácter de la deriva génica; el segundo, explicativo, plantea la relación entre la selección natural y los cambios genéticos.

Los estudiantes en el G2 obtuvieron en esta ocasión entre 0 y 8 puntos en el examen (de 8 posibles), con un promedio de 5.3 (65.6% del total, i.e., 6.6 puntos en escala 0-10). Respecto del nivel epistemológico, en el descriptivo obtuvieron entre 0 y 6 puntos (de 6 posibles), con un promedio de 4.0 (66.2%, o 6.6 puntos); en el nivel explicativo, obtuvieron entre 0 y 2 puntos (de 2 posibles), con un promedio de 1.3 (65.5%, o 6.6 puntos en escala 0-10). Se observa que el G2 se desempeñó mejor que en la pre-prueba, tanto en el nivel general como por nivel epistemológico; de hecho, las diferencias observadas entre pruebas en este grupo son significativas, tanto en el nivel general ( $t = 4.23$ ,  $p < 0.01$ ), como a nivel descriptivo ( $t = 3.67$ ,  $p < 0.01$ ) y explicativo ( $t = 3.89$ ,  $p < 0.01$ ). De esta manera, efectivamente muestran un mejor manejo del conocimiento requerido a nivel de reconocimiento analítico, una vez revisado el tema en clase. Sin embargo, el avance es mayor en el G1, con diferencias entre grupos en la posprueba, tanto en el nivel general ( $t = 2.88$ ,  $p < 0.01$ ), como en el nivel descriptivo ( $t = 2.35$ ,  $p < 0.05$ ) y el explicativo ( $t = 2.78$ ,  $p < 0.01$ ).

Segunda Parte, razonamiento hipotético-explicativo: Total de estudiantes que respondió a cada ítem (#I-VII) por tipo de respuesta (D: Darwiniana; IH: Incompleta con Hipótesis; IE: Incompleta con Explicación e I: Incorrecta):

<i>ITEM \ TIPO RESP</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII
<b>GRUPO 1 PG: 11.1</b>							
D	3	26	1	19	13	10	14
IH	24	1	3	1	4	14	9
IE	1	3	16	3	3	4	10

I	6	4	14	11	14	6	5
<b>GRUPO 2 PG: 7.22</b>							
D	2	12	3	3	9	7	10
IH	15	3	7	21	3	11	12
IE	4	2	9	5	3	7	2
I	15	19	17	7	21	11	12

Se observa que más estudiantes en el G1 respondieron con el enfoque darwiniano requerido, en comparación con la pre-prueba, especialmente en los ítems #II, IV y V. Así mismo, el número de quienes responden en forma explicativa (IE) es ligeramente mejor, especialmente al #VI. Por ello, disminuyen ligeramente las respuestas hipotéticas (IH), y sustancialmente las respuestas incompletas (I). El promedio general de puntos es de 11.1 (52.9% de 21 posibles, o 5.3 puntos en escala 0-10). Este avance es significativo ( $t = 3.00$ ,  $p < 0.01$ ). Aunque el avance en el desempeño explicativo requerido en esta segunda parte de la prueba es muy importante, el promedio obtenido no es aprobatorio, como se desearía.

En el caso del G2, los estudiantes muestran un desempeño similar al de la pre-prueba al responder en forma darwiniana (D): menos de una cuarta parte en cada ítem, excepto en el #II, y con dificultades en los ítems #II, #III y #IV. Es también similar respecto de las respuestas con hipótesis solamente (IH), y apenas ligeramente mayor en las respuestas con explicaciones solamente (IE), por lo que la proporción de respuestas incompletas (I) es prácticamente la misma en la post-prueba. El promedio general de puntos resultó ligeramente menor a la pre-prueba: 7.2 (34.4% de 21 posibles, o 3.4 puntos en escala 0-10). Esta diferencia no es significativa ( $t = 0.19$ ,  $p > 0.19$ ). Es decir, este grupo no presenta avances en la comprensión de material explicativo una vez revisado el tema en clase.

Estos resultados son, obviamente, menores a los del G1, a pesar de que mostraron un desempeño ligeramente mejor al del G1 en este aspecto de razonamiento estratégico-explicativo en la pre-prueba. Esta diferencia entre grupos en la posprueba es significativa ( $t = 3.44$ ,  $p < 0.01$ ). Es decir, el G1 muestra avances significativos en ambos tipos de prueba (Anexo 2, Partes Primera y Segunda), mientras que el G2 sólo en el nivel de reconocimiento analítico (Anexo 2, Primera Parte).

### Consideraciones finales

Estos resultados muestran que los estudiantes de ambos grupos reconocen parcialmente el contenido presentado en los ítems en relación con su conocimiento previo (Ausubel, id.; Lohman, id.; Sternberg, id.), antes de revisar el tema de evolución en clase, es decir, presentan un nivel de comprensión limitado sobre dicho tema. Este reconocimiento parcial implica que los estudiantes no saben el contenido requerido o no lo recuerdan, lo cual se observa en sus

respuestas incorrectas o porque así lo declararon eligiendo la opción 2 en cada ítem de la prueba (ver Anexo 2, Primera Parte). En particular tienen problemas con el contenido de procesos genéticos, tanto en el nivel descriptivo como en el explicativo. Se desempeñan mejor ante aspectos más generales, menos abstractos, de la teoría evolutiva.

Los resultados obtenidos en ambos grupos en el caso del pensamiento hipotético-explicativo, son menores que los mencionados respecto del reconocimiento analítico, dado el mayor nivel de dificultad cognitiva para establecer encadenamientos lógicos y de contenido al argumentar sus respuestas (Sternberg, id.). El contenido epistemológico, de nivel explicativo, no coincide en su mayor parte con las respuestas darwinianas exigidas. Esta situación relativa a la representación o concepciones alternas sobre los procesos evolutivos ha sido reportada por Guillén (id.) y Sánchez (id.). Los resultados estadísticos muestran que los estudiantes de ambos grupos iniciaron el abordaje del tema de evolución con una base de conocimiento previo similar, aunque con diferencias explicativas importantes a favor del G1 cuando se trata de identificar conocimiento (primera parte de la prueba: reconocimiento analítico), no de producirlo (segunda parte: pensamiento hipotético-explicativo).

Una vez revisado el tema, los resultados obtenidos muestran que los estudiantes de ambos grupos responden significativamente mejor a la primera parte de la prueba, en la segunda ocasión (post-prueba), en los dos niveles epistemológicos (descriptivo y explicativo) bajo estudio. Es importante destacar que existen diferencias significativas entre grupos una vez revisado el tema, respecto del reconocimiento analítico, a favor del G1, tanto en general como por nivel epistemológico. Por otra parte, sólo el G1 presenta avances significativos en la segunda parte de la prueba. Es decir, el nivel de comprensión del contenido revisado en clase es mayor, pero es más completo en G1. Estos resultados indican que los estudiantes del grupo en el que se trabajó sistemática y detalladamente el tema de evolución (G1), abordando cuidadosamente sus niveles epistemológicos en un contexto interactivo que va del nivel informal al formal (Campos y Gaspar, 2004), lograron desempeñarse mejor en este nivel complejo de manejo de contenido abstracto, lo que muestra mayor nivel de comprensión (Ausubel, id.; Sternberg, id.). Esta misma situación se muestra en el hecho de que más estudiantes del G1 lograron producir respuestas argumentadas con el contenido darwiniano exigido, más del doble que antes de revisar el tema, y casi el doble que en el otro grupo. Por lo anterior, el avance en la comprensión de conocimiento abstracto, complejo, puede atribuirse al proceso didáctico desarrollado durante esta experiencia educativa.

El tema de evolución es muy complejo, y su enseñanza no es trivial. Las dificultades de asimilación y construcción que muestran los estudiantes cuyo proceso y resultado se han presentado aquí, ilustran esta situación. Sin embargo, es necesario darle atención pedagógica dada la importancia que tiene dicho tema en la formación de una visión de la vida. En este sentido, su abordaje mediante estrategias didácticas probadas, como la que se ha utilizado aquí, constituye una aplicación concreta de una herramienta favorable a promover el desarrollo del pensamiento abstracto en diversas modalidades y niveles.

Por otra parte, el tratamiento en clase de este tema no se reduce por supuesto a un periodo o unidad aislados dentro la estructura curricular, sino que debe considerarse parte integrante de todo el contenido de las asignaturas de ciencias naturales, e incluso recuperar sus postulados fundamentales en otra asignaturas de interés en la formación pre-universitaria. Así, estos resultados y reflexiones pueden orientarse a generar cambios en la enseñanza y en la propia estructura curricular.

Agradecimiento. Al profesor René Buenfil, Director del Bachillerato de la Universidad del

Valle de México por hacer posible este estudio, y a la profesora Blanca Coutiño quien permitió el acceso a sus grupos, tanto para la aplicación de la estructura didáctica EDCC, como para la observación y seguimiento formulados en este estudio.

## NOTAS:

1. De acuerdo con la legislación vigente, los programas pre-universitarios deben estar incorporado a la Universidad Nacional Autónoma de México o a la Secretaría de Educación Pública en el ciclo respectivo. Este programa de la UV está incorporado a la UNAM. Por otro lado, la asignatura de Biología se imparte en educación media básica (grados escolares 7°-9°), pero no al inicio de la preparatoria (grado 10°), por lo que se mantiene la secuencia como curso IV.
2. Agradecemos a Angélica Alucema, miembro de nuestro grupo de investigación, su colaboración sobre la teoría evolutiva moderna.
3. En el momento de la postprueba, los estudiantes se encuentran revisando nuevos temas, por lo que el periodo entre abordaje del tema que se analiza en este trabajo y la postprueba exige la discriminación de dicho tema respecto a los nuevos, y su integración para responder al examen, además de minimizar la repetición (memorización).
4. El examen incluye una tercera parte tipo ensayo, que no se reporta aquí, que se aboca a analizar el contenido lógico-conceptual y epistemológico construido por los estudiantes, en respuesta a las mismas preguntas que se plantean para elaborar la primera parte del examen.
5. El criterio puede provenir de varias fuentes, siempre elaborado meticulosamente (Campos y Gaspar, 1996; 2004). En este estudio se ajustó al nivel de la enseñanza media superior (pre-universitario), un texto elaborado por la Dra. Ana Barahona (UNAM), experta en el tema. Además, el criterio contiene el nivel ejemplificativo, que es necesario para la tercera parte de la prueba (ver Nota 4).
6. En este estudio, la pregunta ejemplificativa es: *Da un ejemplo que muestre con detalle cada parte de alguno de los procesos que has incluido en tu definición y explicación.* Las proposiciones que responden a esta pregunta (**P13-16**) ilustran aspectos evolutivos en el caso de las razones de sobrevivencia en nacimiento de niños respecto a su peso, como uno de los posibles ejemplos para entender la propia TEM.
7. Debido a que el examen depende de la estructura proposicional del criterio, el total de items resultante es variable. Sin embargo, el puntaje total y por nivel se puede traducir a una escala 0-10 (o 0-100, porcentual).

## Referencias

- Alexander, P., J. Kulikowich y T. Jetton (1994). The role of subject-matter knowledge and interest in the processing of linear and non linear texts, *Review of Educational Research*, 64(2), 210-252. [ [Links](#) ]
- Ausubel, D. (1973). Aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento, en S. Elam, *Educación y estructura del conocimiento*, Buenos Aires, Ateneo, 211-238. [ [Links](#) ]
- Brown, A., J. Campione y J. Day (1981). Learning to learn: on training students to learn from texts, *Educational Researcher*, 10(2), 14-21. [ [Links](#) ]

- Campos, M. A. y L. Cortés (2002). Conversar, argumentar, explicar: una estrategia para construir conocimiento abstracto, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, XXXII(4), 115-156. [ [Links](#) ]
- Campos, M. A. y L. Cortés (2004, en prensa). *El contenido epistemológico del conocimiento de estudiantes de biología en secundaria*, en M.A. Campos, *Construcción de conocimiento en el contexto educativo*, México, UNAM. [ [Links](#) ]
- Campos, M. A., L. Cortés y A. Rossi (2004). Dinámica de la construcción de conocimiento científico sobre la teoría sintética de la evolución en el aula pre-universitaria, *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, IV(2), 21-33. [ [Links](#) ]
- Campos, M. A. y S. Gaspar (1996). *El Modelo de Análisis Proposicional: un método para el estudio de la organización lógico-conceptual del conocimiento*, en M. A. Campos y R. Ruiz, *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM, 51-92. [ [Links](#) ]
- Campos, M. A. y S. Gaspar (2004a). *Estrategia didáctica para la construcción de conocimiento*, en S. Castañeda, *Psicología Educativa. De la teoría a la práctica*. México, El Manual Moderno/U. de G, 363-371. [ [Links](#) ]
- Campos, M. A. y S. Gaspar (2004b, en prensa). *El Modelo de Análisis Proposicional: estado actual y perspectivas*, en M.A. Campos, *Construcción de conocimiento en el contexto educativo*, México, UNAM. [ [Links](#) ]
- Campos, M. A., S. Gaspar y L. Cortés (2003). Una estrategia de enseñanza para la construcción de conocimiento científico, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 3(5), no. 5, 92-124. [ [Links](#) ]
- Campos, M. A., V. Jiménez, S. Gaspar y R. Ruiz (2001). Transformaciones conceptuales de estudiantes pre-universitarios sobre el origen de la vida, *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, III(2), 19-30. [ [Links](#) ]
- Demetriou, A. (1998). Nooplasis: 10 + 1 postulates about the formation of mind, en A. Demetriou, *Cognitive development: steps en route to developmental cognitive science. Journal of the European Association of Research in Learning and Instruction (edición especial)*, 8(4). [ [Links](#) ]
- García, R., M. A. Campos y M. L. Pirrón (2003). La retención de conocimiento abstracto en estudiantes de Relaciones Comerciales, *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, V(1), 24-38. [ [Links](#) ]
- Guillén, F. (1995). *¿Qué saben los estudiantes de secundaria sobre el tema de evolución?*, en M. A. Campos y R. Ruiz, *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM, 51-92. [ [Links](#) ]
- Lohman, D. (1989). Human intelligence: an introduction to advances in theory and research, *Review of Educational Research*, 59(4), 333-373. [ [Links](#) ]
- Mayr, E. (1978). La evolución, *Scientific American*, 239, 46-55. [ [Links](#) ]
- Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought*, Cambridge, Harvard University

Press. [ [Links](#) ]

Pavón, S., I. Galicia y A. Sánchez (1997). Efectos diferenciales de la disciplina cursada por estudiantes universitarios en las habilidades de razonamiento, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, XXVII(4), 33-60. [ [Links](#) ]

Sánchez, M. C. (2000). *La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes*, Tesis Doctoral, UNAM. [ [Links](#) ]

Stebbins, L. y F. Ayala (1985). La evolución del darwinismo, *Investigación y ciencia*, no. 108, 42-53. [ [Links](#) ]

Sternberg, R. (1987). The psychology of verbal comprehension, *En R. Glaser, Advances in instructional psychology*, III, Hillsdale, LEA, 97-150. [ [Links](#) ]

Van Dijk, T. y T. Kintsch. *Strategies of discourse comprehension*. Orlando, Academic Press, 1983. [ [Links](#) ]

Programa de Estudios del Bachillerato para el sistema Preparatoria UNAM, México, Universidad del Valle de México. [ [Links](#) ]

## ANEXOS

**Anexo 1.** Segmentos subproposicionales seleccionadas como aspectos a evaluar, por proposición (P1.1., P1.2.,... )

P1.1.	La Teoría Sintética de la Evolución (TSE) incorpora, integra, a la teoría de la selección natural de Darwin, las bases genéticas, entendiendo esta integración como fuente de los cambios evolutivos de las poblaciones.
P2.1.	La TSE consolida los principios de la evolución por selección natural ya que se acepta que de la diversidad de caracteres que heredan los organismos, permanecen aquellos que propician o favorecen su adaptación al medio.
P2.2.	Los caracteres que se heredan y permanecen tienden a incrementarse de generación en generación, mientras los caracteres no favorecidos por la selección natural se eliminan.
P3.1.	La TSE rechaza el principio lamarckiano de la herencia de los caracteres adquiridos.
P3.2.	La TSE Acepta que poblaciones con mayor variabilidad genética presentan una mejor adaptabilidad a su medio, con mayor probabilidad de subsistir y reproducirse.

P4.1	Una mejor adaptabilidad a su medio genera un proceso de selección natural entre las poblaciones, lo cual favorece o no la adaptación de los organismos al ambiente
P5.1	Las principales causas de la variabilidad genética son: las mutaciones, la recombinación, la deriva génica y flujo genético.
P6.1.	Las mutaciones son cambios que se presentan en los genes.
P7.1.	La recombinación génica se realiza en un tipo de división celular, llamado meiosis
P8.1.	En la meiosis las cromátidas homólogas se rompen y sus extremos se entrecruzan, con lo que se intercambia material genético.
P9.1.	La deriva génica se refiere a los cambios ocurridos al azar en la frecuencia de los genes de una población.
P10.1.	El flujo genético se refiere a los procesos migratorios
P10.2.	El flujo genético es causa del cambio en la frecuencia génica de la población
P11.1.	En la TEM, la selección natural no genera los cambios genéticos sino que actúa sobre ellos cuando ya se dieron.
P12.1.	A la larga, los procesos mencionados muestran que la selección natural puede beneficiar a los organismos y poblaciones que poseen mejores características de adaptación al medio, entendidas en términos de la posibilidad de aquellos de sobrevivir y reproducirse., lo que a su vez puede conducir a la diversidad biológica
P12.2.	Dichas características pueden conducir a la diversidad biológica.

**Anexo 2.** Examen aplicado en pre- y pos-prueba.

Por favor escribe tu nombre. Responde los siguientes enunciados de acuerdo con la instrucción señalada en las Partes Primera y Segunda, y las tres preguntas de la Tercera Parte. Gracias.

NOMBRE \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

### PRIMERA PARTE

#### Instrucción:

De los tres números que se encuentran entre la frase de la derecha y la de la izquierda, tacha el que creas que es la mejor opción para completar la idea.

Tacha el 1 si sólo la frase de la izquierda es correcta

Tacha el 2 si no sabes o no te acuerdas

Tacha el 3 si sólo la frase de la derecha es correcta

#### 1. (P10.1-2) El flujo genético:

Se refiere a los procesos migratorios y es causa del cambio en la frecuencia génica de la población.

Se refiere a los cambios genéticos que ocurren en una población por cambios en el ambiente.

#### 2. (P2.2) Los caracteres que se heredan y permanecen:

Tienden a eliminarse poco a poco por la propia acción de la selección.

Tienden a incrementarse de generación en generación.

#### 3. (P2.1) La TSE consolida los principios de la evolución por selección natural, ya que:

Acepta que, de la diversidad de caracteres que heredan los organismos, sólo permanecen los que los hacen fuertes para enfrentar especies enemigas.

Acepta que, de la diversidad de caracteres que heredan los organismos, permanecen aquellos que propician su adaptación al medio.

#### 4. (P1.1) La TSE:

Incorpora a la teoría de la selección natural de Darwin, las bases

Incorpora la teoría de la selección natural de Darwin y la de los

genéticas como fuente de los cambios evolutivos de las poblaciones.

caracteres adquiridos de Lamarck como fuente de los cambios evolutivos de las poblaciones.

5. (P9.1) La deriva génica

Se refiere a los cambios ocurridos al azar en la frecuencia de los genes de una población.

Se refiere a los cambios que se producen en los organismos de una misma población por la adaptación.

6. (P7.1) La recombinación de genes:

Se realiza en un tipo de división celular, llamado mitosis.

Se realiza en un tipo de división celular, llamado meiosis.

7. (P6.1) Las mutaciones:

Son cambios que se presentan en los genes.

Son cambios que se presentan en cualquier parte del organismo.

8. (P11.1) La selección natural

Genera los cambios genéticos.

Actúa sobre los cambios genéticos, cuando éstos ya se dieron.

## Segunda parte

### Instrucción:

Cada una de las siguientes preguntas contiene 2 partes. En la primera tacha la opción que mejor complete la frase. Estas opciones están indicadas con los números 1 ó 2.

En la segunda parte tendrás que seleccionar la razón por la cual elegiste la respuesta de la primera parte. Tacha una de las tres opciones marcadas con las letras A,B,C, que explique mejor tu primera elección.

I. Los halcones actuales pueden volar muy rápido. La habilidad de volar más rápido probablemente se debió a que:

1. Esa habilidad surgió en todos los halcones en poco tiempo.

2. Hubo un aumento en el porcentaje de halcones más veloces.

Porque:

- A. En un momento hubo un cambio heredable que fue seleccionado en algunos halcones.
- B. Mientras los halcones usaban más sus alas, más veloces se volvieron y eran mejores cazadores.
- C. La necesidad de atrapar a sus presas, hizo que volaran más rápido y las alcanzaran con mayor facilidad.

II. Ciertas gacelas de patas largas pueden alimentarse con mayor facilidad en zonas de pastos altos. Si se transportara a una gran población de gacelas de patas cortas a una isla remota llena de pastizales altos:

- 1. Algunas gacelas vivirían y otras morirían
- 2. Las gacelas desarrollarían poco a poco patas largas.

Porque:

- A. Las patas de todas las gacelas cambiarían lentamente hasta que ayudaran mejor a la alimentación.
- B. Las pocas gacelas que tuvieran patas largas sobrevivirían para reproducirse.
- C. Las patas de cada gacela cambiarían de la misma manera puesto que todas las gacelas están relacionadas entre sí.

III. Los osos que viven en Siberia tienen una capa de grasa bajo la piel. A través de mucho tiempo, ocurrieron tales cambios en los osos ya que:

- 1. La necesidad de conservar el calor hizo que su capa de grasa se engrosara.
- 2. En cada generación más osos iban teniendo una capa de grasa gruesa.

Porque:

- A. Los osos querían adaptarse a su ambiente.
- B. Las crías heredaron de sus padres una capa más gruesa de grasa.
- C. Los pocos individuos que tenían una capa de grasa más gruesa, sobrevivieron y tuvieron crías.

IV. Hace muchos años, los mosquitos causantes del paludismo eran controlados con el insecticida D.D.T. Recientemente los químicos han encontrado que los mosquitos ya no son exterminados por el D.D.T. La razón de este cambio es que:

- 1. En cada generación, un mayor número de mosquitos no son afectados por el D.D.T.

2. A través de los años, todos los mosquitos van siendo gradualmente menos afectados por el D.D.T

Porque:

- A. En cada generación, los mosquitos que sobrevivían al D.D.T. tenían descendencia.
- B. La necesidad de sobrevivir hizo que los mosquitos cambiaran.
- C. El uso del D.D.T. provocó una mutación en el ADN de los mosquitos.

V. Una población de peces estaba formada por individuos que tenían escamas oscuras o claras. El estanque donde solían vivir tenía fondos con rocas ya sea oscuras o claras. Recientemente una constructora sacó las rocas claras y dejó las oscuras.

El efecto de extracción de rocas claras sobre los peces será que cada generación:

- 1. Los peces claros desarrollarán escamas cada vez más oscuras.
- 2. Habrá una proporción mayor de peces oscuros en cada población

Porque:

- A. Los peces se adaptarían a los cambios de su ambiente
- B. La necesidad de sobrevivir haría que los peces cambiaran de color
- C. Solo los peces con escamas oscuras escaparían de sus depredadores y sobrevivirían hasta reproducirse.

VI. Algunos chapulines pueden dar saltos hasta 1 metro de altura. La habilidad para saltar tan alto probablemente:

- 1. Se desarrolló para todos los chapulines en unas cuantas generaciones.
- 2. Implicó un incremento en el porcentaje de chapulines que podían saltar más alto.

Porque

- A. Mientras más usaba sus patas, los chapulines podían efectuar saltos cada vez más altos.
- B. Primero hubo un cambio genético en unos cuantos chapulines y éstos se reprodujeron más.
- C. La necesidad de evitar ser atrapados por sus depredadores hizo que saltaran más alto.

VII. Las flores que tienen una corola corta son más fácilmente polinizadas por una avispa. Si una gran población de flores fuera sembrada en un jardín lleno de avispas que sólo polinizan flores de corola larga:

- 1. Algunas flores morirían y otras vivirían.
- 2. Las flores desarrollarían cada vez corolas más largas.

Porque

A. Las flores que tengan corolas largas sobrevivirían hasta reproducirse

B. Las flores de corola corta necesitan corolas largas para sobrevivir.

C. Las corolas de las flores cambiarían lentamente hasta que tuvieran la longitud necesaria para ser polinizadas.

VIII. Una población de perros esquimales vive en un área que aunque normalmente es fría, ha tenido varios años de veranos muy calientes y secos. Si los veranos continuaran así en el futuro se esperaba que

1. Algunos perros sobrevivirían pero otros morirían por la sequía.

2. Todos los perros se adaptarían al clima seco.

Porque

A. La necesidad de sobrevivir a los veranos, causó que los perros desarrollaran un pelaje más corto y menos denso.

B. Algunos perros tienen la capacidad de perder calor y sobrevivir a la sequía.

C. Los perros lograrán soportar el clima cálido y seco y sobrevivir a la sequía.

## **LOS AUTORES**

### **Miguel Ángel Campos**

Investigador activo perteneciente al Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIMAS-UNAM); Lic. En Pedagogía, M.en C. Matemáticas, M.en Pedagogía, Doctor en Pedagogía, Profesor, Posgrado en Pedagogía de la Facultad de Filosofía y Letras (FFyL UNAM); Línea de Investigación: Estructuras de conocimiento y procesos cognoscitivos en el contexto educativo, Coordinador del GRUPO DE EPISTEMOLOGIA, COGNICION Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, ECEC campos@servidor.unam.mx

### **Leticia Cortés Ríos**

Química Farmacéutico-Bióloga (QFB), Máster en Enseñanza Superior; Doctora en Pedagogía, Facultad de Filosofía y Letras de la universidad nacional Autónoma de México (FFyL – UNAM); personal activo de la Dirección General de Mejoramiento del Magisterio, Secretaría de Educación Pública de México. lecortes7@hotmail.com

## **Datos de la Edición Original Impresa**

Campos, M y Cortés Ríos, L. (2005, Junio). El abordaje de conocimiento abstracto de estudiantes pre-universitarios en el caso del tema de evolución en biología. *Paradigma*, Vol. XXVI, N° 1, Junio de 2005 / 169-200.