

teorema

Vol. XXVIII/2, 2009, pp. 107-121

[BIBLID 0210-1602 (2009) 28:2; pp. 107-121]

La selección natural: aprendizaje de un paradigma

María Cristina Hernández R., Eréndira Álvarez Pérez
y Rosaura Ruiz Gutiérrez

ABSTRACT

The aim is to analyze the main difficulties students face when learning the main evolutionary concepts in school, most particularly the one of natural selection. We will draft some explanations for the obstacles that emerge when trying to modify alternative conceptions about this issue which are invalid from the current evolutionary biology point of view and that even remain among undergraduate students. Those difficulties identified in the learning process are then linked to the historical reconstruction of evolutionary theory by variation and natural selection. We support some proposals and highlight some must-answer question for further development in this field.

KEYWORDS: *adaptation, evolution, learning, natural selection, paradigm.*

RESUMEN

Se analizan las dificultades que entraña el aprendizaje en la escuela de conceptos evolutivos centrales, particularmente el de selección natural (SN). Se plantean algunas explicaciones sobre los obstáculos que existen para modificar concepciones alternativas acerca de este tema, que no son válidas desde el punto de vista de la biología evolutiva actual y que persisten después de la instrucción formal, aun en estudiantes universitarios. Se vinculan las dificultades identificadas en el aprendizaje con la reconstrucción histórica de la teoría de evolución por variación y SN. Se apuntalan algunas propuestas y se señalan interrogantes que reclaman respuesta para avanzar en este campo.

PALABRAS CLAVE: *adaptación, aprendizaje, evolución, paradigma, selección natural.*

I. INTRODUCCIÓN

A 200 años del nacimiento de Carlos Darwin, a 150 de la publicación del *Origen de las especies* y 200 de la publicación de la *Filosofía Zoológica* de Jean Baptiste Lamarck surgen muchos temas de reflexión sobre el estado actual del evolucionismo y sobre el papel que ha desempeñado en la formación de los aprendices de biología. Desde la publicación del *Origen de las*

especies, se han generado controversias en torno a los procesos evolutivos, y en la actualidad se discute si es necesaria una nueva síntesis o incluso si está por surgir un nuevo paradigma que explique el proceso evolutivo, a la luz de los avances en el estudio de distintos niveles de organización de la vida [Cfr. Abdala (2006) y Sandín, (2009)]. Los desafíos que plantean la biología del desarrollo, la genética molecular y la paleontología, entre otras disciplinas, resultan sumamente interesantes y nos recuerdan que la ciencia está en permanente construcción, por lo que es preciso esclarecer conceptos y sobre todo proponer y validar nuevas formas de abordar los fenómenos involucrados en este complejo proceso que propicien mejores aprendizajes. A pesar de ello es innegable que con Darwin el evolucionismo se constituyó en un paradigma y como tal estableció los compromisos centrales que guiaron la investigación desde el siglo XIX. Con el planteamiento de la síntesis neodarwinista de mediados del siglo XX, se consolidó como el paradigma dominante y por tanto fuente de conocimiento validado en las aulas.

Kuhn planteó que los científicos se forman con base en el estudio de los paradigmas dominantes, los alumnos estudian detalladamente los marcos teóricos y metodológicos que el paradigma vigente considera válido, así el conocimiento y la habilidad de una ciencia son transmitidos en el curso de una formación dogmática y completamente estructurada, durante la cual se inculca un profundo compromiso hacia los modos existentes de percepción, creencias, paradigmas o problemas-soluciones y los procedimientos [Kuhn (1982)].

Con el neodarwinismo, como paradigma dominante, las explicaciones científicas de la evolución biológica se constituyeron como el conjunto de teorías unificadoras más importantes de la biología. Con la teoría sintética, la diversidad de los organismos, las semejanzas y las diferencias entre sus distintas clases, las pautas de distribución y comportamiento, las interacciones y las adaptaciones tuvieron un principio de estructuración.

Pese a su importancia en el ámbito biológico, en el contexto educativo, un número significativo de estudios muestra que existe una gran dificultad para que los alumnos comprendan conceptos centrales del neodarwinismo; revelan la existencia de concepciones alternativas que no son válidas desde el punto de vista evolutivo y, aun en estudiantes universitarios, persisten después de la instrucción formal en el tema.

Estas concepciones alternativas constituyen obstáculos epistemológicos que dificultan la comprensión de uno de los fenómenos más relevantes del estudio de lo vivo: la evolución de las especies a través del tiempo. Dada su relevancia, es fundamental generar nuevas formas de entendimiento para alumbrar la comprensión de estos temas y proponer estrategias que faciliten el aprendizaje de los contenidos escolares.

Con esta perspectiva, en este trabajo estudiaremos los principales problemas que tienen los aprendices de biología en la comprensión de lo que se ha enseñado en las aulas como la teoría de la SN y analizaremos las dificultades

des que encierra la modificación de sus ideas previas, a la luz de consideraciones cognoscitivas, disciplinarias e histórico-epistemológicas.

II. CONCEPCIONES EVOLUTIVAS ALTERNATIVAS

La teoría de la evolución por variación y SN plantea que todos los individuos de una especie son diferentes, es decir, que al interior de toda especie hay variación; y dado que los recursos necesarios para que los individuos sobrevivan son escasos, se produce una lucha entre los organismos; de éstos, los que presentan variaciones que los favorecen tienen mayores probabilidades de sobrevivir y reproducirse. A esta supervivencia y reproducción diferencial se le denomina SN.

Estudios realizados por diversos autores [Aleixandre *et. al.* (2003); Berovides (1993); Guillén (1994, 1995, 1996, 1997); Campos, *et. al.* (1999); Paz (2001) (2004); Paz y Martínez (2003); Sánchez (2000); Ayuso y Banet (2002); Hernández (2002); Meinardi y Bravo (2002); González Galli y Meinardi (2007) entre otros] muestran que existen diversas dificultades para aprender y enseñar biología evolutiva, que en este proceso los conceptos o las teorías más complejas vinculadas al proceso evolutivo no encuentran marcos referenciales adecuados para su asimilación, sino estructuras cognitivas deficientemente configuradas, lo que dificultará la adecuada comprensión del proceso evolutivo en un contexto más amplio. Las principales concepciones alternativas se centran principalmente en ausencias, deficiencias y confusiones sobre el origen y el mantenimiento de las variaciones, la adaptación diferencial y el pensamiento poblacional, que son fundamentales para entender la teoría de la evolución por variación y SN.

El origen y el mantenimiento de nuevos caracteres en las poblaciones constituyen las principales diferencias entre las explicaciones de los estudiantes y las de los neodarwinistas. Es frecuente que los aprendices expliquen la evolución biológica mediante dos consideraciones: primero, la variación en las poblaciones tiene poca importancia en el proceso evolutivo; y segundo, las mutaciones son causadas por cambios en el medio, por tanto, el cambio surge debido a que es necesario y por definición es adaptativo [Cfr. Hernández (2002) Settlage y Jensen (1996)].

El neodarwinismo o teoría sintética, en cambio, reconoce que dos procesos distintos, fundamentalmente diferentes en causas y efectos, influyen en las características exhibidas en las poblaciones a través el tiempo. Las nuevas características se originan debido a cambios en el material genético (mutación o recombinación genética) que sobreviven o se eliminan a causa de la acción de SN. Para Darwin fue muy importante establecer que las variaciones heredables que entraban en juego en el proceso de selección, surgían sin tener ninguna correlación directa con la adaptación a esta desconexión causal entre

el origen de una variación y su papel en el proceso evolutivo, la denominó variación al azar [Darwin (1996)].

La mayor parte de los estudiantes no reconocen la existencia de estos dos procesos; no establecen la distinción entre el surgimiento de nuevas características en una población y su supervivencia en el tiempo. Muchos de ellos piensan que el ambiente provoca los cambios en las características de los organismos; sostienen que surgen por *necesidad* (los organismos desarrollan nuevas características porque las necesitan para su supervivencia); por *el uso y desuso* (las especies cambian porque sus miembros usan o dejan de usar ciertas partes del cuerpo o ciertas habilidades); o por *adaptación* (entendida en un sentido cotidiano como un cambio en los individuos en respuesta al ambiente).

La falta de comprensión del efecto combinado de variación al azar y selección direccional, tal y como lo explica la teoría sintética, es un problema especialmente persistente en el aprendizaje que tendría que esclarecerse y precisarse desde la biología evolutiva. Si entendemos el azar como desconexión causal, es necesario precisar que lo azaroso no es el surgimiento de la variación, en tanto hay agentes mutagénicos y muchas causas más que desconocemos, lo que es azaroso es que una variación resulte adaptativa. Esto es discutido en el campo de la biología evolutiva contemporánea, no obstante, las ideas de los estudiantes no son semejantes a estas polémicas, sino a teorías hace tiempo desacreditadas por la comunidad biológica.

Debido a que los alumnos consideran que los cambios surgen como resultado de la necesidad, suponen que son de inmediato adaptativos, por tanto, consideran que la adaptación de los organismos al medio es perfecta. Al respecto, es importante tomar en cuenta que algunas veces, lo que los estudiantes entienden por necesidad, tiene que ver con el concepto de adaptación. Es decir, muchas veces consideran que los organismos presentan una determinada característica porque es necesaria para su supervivencia. Esto es válido, ya que efectivamente las características de los seres vivos tienen que ver con sus posibilidades de supervivencia, en este sentido son necesarias. El problema fundamental es diferenciar cómo surgen dichas características, es decir, distinguir entre la idea de necesidad como adaptación, y necesidad como algo dirigido.

Otra concepción alternativa relevante en la comprensión de la teoría de la SN, es considerar a la población como una colección de individuos representada por un tipo común, lo que le resta valor a la variación individual en el proceso evolutivo. Si estudiantes consideran a las poblaciones como un tipo estable, entonces, los individuos son vistos como esencialmente iguales y sus variaciones tienen poca importancia. Con estas ideas, el cambio es visto como algo que se genera cuando es necesario, y las variaciones en la población son consideradas como imperfecciones del tipo y por tanto, no son importantes desde el punto de vista evolutivo.

La carencia de un pensamiento poblacional dificulta la comprensión de la evolución como un cambio en la proporción de individuos con característi-

cas discretas. Como se ha señalado, el neodarwinismo sostiene que las nuevas características surgen a través de cambios genéticos discretos que se presentan en los individuos de una población. Al ser seleccionados, dichas características se establecen gradualmente en una población debido a que la proporción de individuos que las poseen aumenta en cada generación. Las concepciones de los estudiantes atribuyen este cambio evolutivo gradual, no como cambios en la proporción de individuos en una población, sino al cambio gradual de las características de los organismos en sí mismas, las cuales pueden mejorarse o deteriorarse de una generación a la siguiente.

Este aspecto es fundamental, ya que el pensamiento poblacional es una concepción básica para comprender el proceso evolutivo por variación y SN. El concepto de población en Darwin consiste en explicar que la suerte de cada individuo (si muere o no, si tiene descendencia o no) afecta la historia, el devenir de la población. Este concepto le permite entender la adaptación o adecuación diferencial, es decir, que las diferencias entre los individuos cuentan, y que éstas son relevantes para su supervivencia y reproducción en un determinado tiempo y espacio.

III. ¿CÓMO EXPLICAR LAS CONCEPCIONES EVOLUTIVAS DE LOS ESTUDIANTES?

Diversos autores han señalado que los alumnos son individuos activos en el proceso de aprendizaje, ya que seleccionan, asimilan, y construyen aprendizajes a partir de la confrontación o acomodo de sus ideas previas con los contenidos que señala la escuela [Cfr. Ausubel, 2004]. Dichas ideas previas están conformadas por estructuras conceptuales con una lógica interna que es extremadamente resistente al cambio, y frecuentemente las personas las mantienen durante toda su vida como parte de su sistema de creencias sobre la naturaleza. Los alumnos organizan el nuevo conocimiento, buscándole sentido con estas concepciones; el contenido constituye la fuente donde el individuo construye su aprendizaje pero éste es recortado, descodificado o explotado, dependiendo de los marcos referenciales que tiene, sus conocimientos previos, de las interacciones con otros individuos y, en conjunto, dependiendo de que logre o no aprendizajes significativos es que esos esquemas referenciales y estructuras conceptuales se modifican, persisten o se combinan.

La comprensión de un tema tiene que ver, entonces, con la existencia de modelos mentales en el individuo (que le permiten explicar y predecir de manera exitosa algunos aspectos del mundo real) que, a su vez, se confrontan con el contenido escolar. Las personas, además, contamos con diversos modelos organizados de manera jerárquica, que son utilizados cuando no existen explicaciones más accesibles o válidas. Dichos modelos alternativos, generalmente basados en el antropomorfismo o el sentido común, son extrema-

damente resistentes al cambio, frecuentemente persisten aún después de la instrucción [Cfr. Pozo y Gómez Crespo, 1998].

Los conceptos alternativos de los estudiantes respecto al proceso evolutivo constituyen una estructura cognitiva con una lógica interna, que puede ser explicada si tomamos en cuenta las siguientes consideraciones: a) Los aprendices muchas veces tienden a establecer reglas simplificadoras para identificar y entender las causas de procesos que, en realidad, son complejos. b) Tienen una lógica del sentido común que simplifica el significado de las teorías, lo que conduce a la incorporación de significados equívocos que conforman una visión limitada de los procesos biológicos. c) Mantienen una visión teleológica que supone que los fenómenos naturales tienen una causa final que lo provoca, atribuyendo a los organismos una intención de mejora o de supervivencia para evolucionar. d) Adoptan un empirismo, que acepta sólo aquello que es plausible según la experiencia y un pensamiento antropocéntrico, que atribuye a los organismos propiedades psicológicas propias de los humanos. De este modo, la conjugación de un enfoque antropocéntrico, la aplicación incorrecta del lenguaje coloquial, la influencia cultural y la simplificación de conceptos puede dar como resultado un conjunto de ideas coherente en el contexto cotidiano, pero, no válido desde el punto de vista científico.

Las causas que explican los problemas presentes en la enseñanza aprendizaje de la biología evolutiva son diversas; está, desde luego, la complejidad intrínseca de esta área de conocimiento, aunada a la fragmentación de saberes que prevalece en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias; y lejos de estar aislados uno de otro, se relacionan íntimamente y requieren la consideración de diferentes ámbitos: cognoscitivo, disciplinario, didáctico, epistemológico, histórico y filosófico. A continuación señalamos núcleos problemáticos de relevancia en la enseñanza aprendizaje, cuyo orden de importancia es radial, no secuencial:

1. La disciplina biológica que estudia la evolución de los sistemas vivos recibe el mismo nombre que su objeto de estudio, es decir, evolución [Cfr. Berovides, 1993]. Es muy frecuente que a los alumnos no se les explicite la distinción entre la evolución como un fenómeno del que existen suficientes evidencias para ser considerado por los biólogos como un “hecho”; y la “evolución” como una disciplina biológica que busca explicar dicho fenómeno y que ha cambiado a lo largo de la historia.
2. Hemos encontrado que durante la instrucción, en diversos programas de estudio e instrumentos de evaluación de biología evolutiva no se resalta suficientemente el concepto de variación. Esta falta de énfasis ocasiona una deficiencia de primer orden en el entendimiento del proceso evolutivo como lo explica el neodarwinismo y como lo ex-

plicó Darwin en *El origen de las especies*. Es frecuente encontrar recursos didácticos en los que se muestra una población de pinos u otros organismos en la que todos los individuos son iguales, es decir, no sólo se relega o no se enfatiza el concepto de variación sino que se presenta como uniforme lo que es diferente y se oscurece la importancia de esas diferencias individuales en términos evolutivos. En consecuencia, a los alumnos en su trayectoria escolar previa a la educación superior, y aUn en ésta, no se les hace el señalamiento necesario para observar la variación que es, quizá, el más tangible de los conceptos de la biología evolutiva, el de existencia más concreta, observable y que puede resultar más significativo en la construcción de su aprendizaje.

3. Existe confusión entre variación, variabilidad, variedad. Aunado a la carencia citada en el inciso anterior, se suma una confusión conceptual que impide distinguir y precisar las causas de la variación y de la variabilidad: deriva génica y migración (variabilidad genotípica poblacional) recombinación genética y mutación (variación individual). Conceptos todos de primer orden para entender el proceso evolutivo que, de no ser claros, complican la enseñanza aprendizaje de esta disciplina.
4. Existe evidencia empírica de que en la enseñanza aprendizaje de la biología evolutiva no es explícito que la SN es una inferencia [Cfr. Gould (2004) y Mayr (1998)]. Puede argüirse que todo concepto está en igual condición, sin embargo, la complejidad que entraña este concepto aunada a la importancia que tiene para entenderlo con profundidad y relacionarlo con otros conceptos centrales de biología evolutiva, demanda un esclarecimiento cognitivo ya que representa relaciones “invisibles”, a diferencia de la variación que es observable.
5. El concepto de tiempo geológico es necesario para entender las explicaciones evolutivas y lo regular es que no sea explícito en los contenidos de ciencia ni considerado como sustrato de la enseñanza. Las dimensiones espacio temporales micro, meso y macro como referencia para el entendimiento de los procesos evolutivos son centrales y es frecuente que no sean explícitas en el proceso de enseñanza aprendizaje. Está documentado que la falta de ubicación espacio temporal es un problema en la enseñanza de las ciencias en general que dificulta el proceso de aprendizaje [Cfr. Pozo y Gómez Crespo (1998)]. Consideramos que al carecer la enseñanza y el aprendizaje de referentes espacio temporales, la ciencia escolar se repite sin anclaje, sin significado, sentido y ubicación reales.

6. La interacción medio-variación es una de las relaciones que presentan dificultades en el aprendizaje de la biología evolutiva. No resulta claro para muchos alumnos la importancia de las variables que interactúan, al mismo tiempo o en diferentes momentos, y dan como resultado el proceso evolutivo. Tiempo, espacio, variación, selección, adaptación, son conceptos íntimamente relacionados y requieren una adecuada estructura conceptual para enseñarse y aprenderse.
7. Las unidades de selección no están claramente identificadas y diferenciadas en los alumnos; no son explícitas en los contenidos y es frecuente que no las enfatizan los profesores.
8. El concepto de azar en biología evolutiva es quizá uno de los que tienen mayores sutilezas y complejidad para ser plenamente comprendidos. Aun en los textos, encontramos una frase hecha al señalar que las teorías evolutivas reconocen que la variación surge al azar. No resulta claro que la participación del azar esté en la interacción variación, selección, medio, circunstancias espacio temporales.
9. Necesidad, dirección, teleología, ortogenia, son conceptos que se confunden en la enseñanza, en el aprendizaje y en los instrumentos de evaluación de la biología evolutiva. En consecuencia, es frecuente que los alumnos no diferencien claramente un concepto del otro, lo que podemos adjudicar a que no ha habido en su formación una clara diferenciación conceptual que sí requiere el aprendizaje de la evolución, aun en su sentido más amplio y general.

Aunado a la falta de precisión conceptual de la disciplina, y las deficiencias en su abordaje didáctico en el aula, encontramos que algunos conceptos alternativos de los aprendices coinciden con ideas de naturalistas previos y contemporáneos a Darwin, que han sido descartadas como conocimiento válido. Si estudiamos el proceso que llevó a la construcción de la teoría de la evolución por variación y SN, nos daremos cuenta que implicó una gran revolución conceptual, que debe tomarse en cuenta para comprender las dificultades epistemológicas de los estudiantes para lograr su transformación conceptual.

IV. CONSTRUCCIÓN DE LA TEORÍA DE EVOLUCIÓN POR VARIACIÓN Y SN COMO BASE PARA EXPLICAR LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

Laudan sostiene que el objetivo principal de la ciencia es plantear teorías que sean eficaces en la solución de los problemas que los científicos consideran

válidos [Cfr. Laudan (1977)]. En este sentido, el principal problema que Darwin intentó resolver fue dar una explicación natural plausible de la gran diversidad de los seres vivos que existen y han existido sobre la tierra. Esta explicación debería ser una alternativa materialista a la concepción del diseño perfecto que sostenía que la acción divina acomoda a los organismos y sus partes al ambiente. Una vez que abandonó la idea de que el mundo es estático, diseñado y dirigido por Dios, su problema central fue plantear una explicación que substituyera el papel del creador [Cfr. Ruiz y Ayala (2002)].

Cuando Darwin se incorpora como naturalista en el *Beagle* era partícipe de la tradición de investigación de la época —la teología natural— representada, entre otros, por Lyell. Darwin era un creacionista convencido, por lo que pensaba que esta concepción debería ser suficiente para entender los fenómenos existentes. Por esta razón, es esta interpretación la que confrontó con la naturaleza. A su regreso de Inglaterra esta confrontación (entre la teología natural y sus observaciones del viaje) mostró un desajuste [Cfr. Darwin (1993)].

Darwin se enfocó al análisis de diversos tipos de problemas empíricos, conceptuales y anomalías que no podían ser explicadas en el contexto de la teología natural. Por ejemplo, los patrones de distribución geográfica fueron uno de los aspectos que Darwin empezó a cuestionar. Pensó que más que ser el resultado del diseño perfecto (idea que sostenía la tradición dominante) estaban determinados por los tipos de locomoción y dispersión de los organismos. Otro punto que Darwin pone en duda muy pronto es la explicación de la extinción. En el viaje del *Beagle* hizo observaciones que no explicaba por la teología natural. Darwin pensó que estos y otros aspectos se comprenderían mejor si se considera que las especies se transforman en el tiempo y se propone construir una explicación más satisfactoria. Fue así como superó su primera crisis.

Aun cuando Darwin rechazó muy pronto el fijismo, mantenía explicaciones dadas por la teología natural, entre otros, el pensamiento primitivo de Darwin era teleológico. Aún creía que Dios había establecido las leyes que gobiernan la reproducción para mantener a las especies en estado de adaptación perfecta a su ambiente. Al inicio pensó que las variaciones eran automáticamente adaptativas. Al considerar la lucha por la existencia empezó a vislumbrar que un ambiente alterado perturba el desarrollo para producir variación no dirigida. Y aun entonces, continuó aceptando que la reproducción sexual era el modo en que el creador garantizaba que la materia prima para la evolución adaptativa estuviera disponible siempre que se requiera.

Sobre la base de planteamientos de la teología natural, Darwin construyó nuevas explicaciones, extendió la metodología de Lyell para explicar los cambios sucedidos en el pasado en términos de causas observables. Donde Lyell excluyó la teoría transformista de Lamarck, Darwin aceptó la idea básica de evolución e investigó sobre una explicación alternativa. La interpreta-

ción de lo encontrado en las Galápagos fue fundamental. La primera mención que hace sobre la transmutación de las especies (“Cuaderno Rojo”) se refiere a las distintas especies de sinsontes que encontró en las Galápagos. Darwin interpretó que las semejanzas entre las especies colectadas por él en las Galápagos y en Sudamérica y determinadas por los especialistas de su época, eran tan próximas que debían implicar una ascendencia común.

En otros aspectos Darwin hizo una ruptura radical con sus contemporáneos. Asumió que las especies nuevas sólo se originan cuando alguna parte de las poblaciones viejas se aisló geográficamente. Con las Galápagos en mente, concibió un modelo arborescente de evolución que tendría la capacidad de explicar las agrupaciones de la clasificación biológica. Especies semejantes presentan un ancestro común; donde no se encuentra un nexo claro todavía vivo, se puede suponer que estas especies intermedias se han extinguido.

Cuando Darwin decidió investigar acerca del cambio orgánico (Cuaderno C) se enfoca al trabajo de los criadores de animales con la esperanza de que esto arrojará luz sobre el problema. Sin embargo, aun cuando el mismo Darwin plantea que es conducido a la idea de SN observando la actividad de los criadores de animales, los Cuadernos revelan que la selección artificial no proporcionó la intuición crucial. Al principio estudió el trabajo de los criadores buscando pistas, pero sin aceptar que hubiera una conexión directa entre la producción de variedades domésticas y la transformación de las especies en la naturaleza [Cfr. Bowler (1995)].

Hacia septiembre de 1838 Darwin en su Cuaderno D empieza a hablar de Malthus y su “Principio de las poblaciones”. Y es hasta el Cuaderno E donde Darwin sostiene que la presión constante creada por la tendencia hacia la expansión de la población debe entrañar la lucha entre los individuos de una misma especie. Entonces, la teoría de la SN comienza a tomar forma. Darwin constató que el azar o la variación no dirigida debe existir también en la naturaleza. Dada la lucha por la existencia, los individuos que mostraran un carácter adaptado a las nuevas condiciones tendrían mejor oportunidad de sobrevivir y de transmitir sus características a generaciones futuras, es decir, que existe una adaptación diferencial dentro de las poblaciones. A partir de estas ideas se constituiría la teoría de la SN, cuya acción substituiría el papel del Creador. De esta manera, habría resuelto el problema que se había planteado a su regreso del viaje del Beagle.

En todo este proceso Darwin no tuvo una experiencia “eureka” con la que concibiera repentinamente la teoría de la evolución por variación y la SN. La transformación de sus ideas siguió un proceso de desarrollo continuo, pasando por fases de ensayo de diferentes concepciones, que tuvo que modificar y en algunos casos abandonar, cuando amplió el campo de sus pensamientos. En el desarrollo de su razonamiento intervinieron factores científicos y no científicos. Se puede decir que la SN no es el resultado de una simple inducción a partir de los hechos observados, ni sólo el reflejo del

carácter competitivo del capitalismo victoriano. Darwin se vio afectado por un cúmulo de influencias, tuvo la capacidad de sintetizarlas, planteando un modelo explicativo único sobre el origen de las especies. Utilizó recursos científicos y culturales para generar una teoría que iba mucho más allá de lo que podían suponer sus contemporáneos. Esto significó una revolución conceptual y el origen de un nuevo paradigma [Cfr. Bowler (1995)].

El punto ahora es cómo suponer que las concepciones evolutivas de los estudiantes pueden ser fácilmente modificadas, si parten de ideas que eran dominantes en tiempos de Darwin, y, como vimos, su transformación implicó una revolución conceptual, que abarcó no sólo el cambio en la visión de los seres vivos y los procesos naturales, sino también de la posición de la especie humana dentro de la naturaleza.

Darwin tenía una sólida formación en geología; conocía las principales explicaciones sobre el origen de la tierra que eran discutidas en su época. Esto le permitió tener una idea del “tiempo geológico”, necesario para concebir la evolución de las especies. Este hecho es importante porque, como hemos visto, uno de los problemas para comprender la evolución tiene que ver con la dificultad para entender las diferentes escalas de tiempo. Es claro que será difícil comprender el cambio de las especies si se parte de una concepción ecológica y no geológica del tiempo.

Otro aspecto importante para el planteamiento de la teoría fue el reconocimiento por parte de Darwin de que las variaciones no son en sí mismas adaptativas; noción que diferencia a Darwin de los conceptos de variación y adaptación de Lamarck y de los estudiantes; ya que esto es lo que permite entender a la evolución como un fenómeno contingente: una misma variación puede ser favorable en un ambiente, perjudicial en otro, o incluso, ser adaptativamente neutra. Esta idea constituye uno de los pilares de la teoría de Darwin. Algunos estudiantes, aun en educación superior, siguen pensando que el cambio es por necesidad, lo que obviamente tiene grandes implicaciones en su visión global de la evolución.

El pensamiento poblacional que es fundamental para entender la adaptación diferencial y, por tanto, la acción de la SN, fue una innovación conceptual aportada por Darwin, que no sólo repercutió en las explicaciones evolutivas sino que ha sido una herramienta teórico-conceptual importante para el desarrollo de la biología. Algunos estudiantes, no entienden claramente el significado que tiene el concepto de población y sus implicaciones en la teoría de la SN, y esto obviamente dificulta la comprensión de los conceptos centrales del neodarwinismo.

En síntesis, es fundamental que en la escuela se considere que la teoría evolutiva planteada por Darwin constituyó, en muchos sentidos, una revolución científica; revolucionó muchas de las concepciones que se tenían sobre los seres vivos y transformó la visión de la especie humana dentro de la naturaleza. Darwin interpretó y conectó hechos que antes no estaban relacionados

y confrontó muchas explicaciones para encontrar una nueva lógica para comprender el origen y transformación de las especies. Esto, como hemos visto, fue resultado de la vinculación de muchos factores tanto científicos como no científicos, que le permitieron ofrecer una interpretación nueva sobre los seres vivos. En este sentido, es entendible que para los estudiantes sea difícil comprender los procesos evolutivos, cuando los conceptos previos que manejan, representaron un obstáculo epistemológico en la construcción misma de la teoría, aunado a que frecuentemente el contexto de aprendizaje no favorece el pensamiento integral, relacional, complejo.

V. DESAFÍOS Y PREGUNTAS QUE GENERA ESTE ANÁLISIS

El análisis presentado muestra que las concepciones alternativas en torno a contenidos de biología evolutiva entrañan dificultades epistemológicas que requieren transformación conceptual y referencial. En la búsqueda de investigaciones publicadas en este campo hemos encontrado que, entre muchos otros aspectos, también existen deficiencias en el discurso y el dominio disciplinario de los profesores. Y finalmente, lo que nosotras hemos identificado es que los problemas detectados en el aprendizaje de la biología evolutiva se asientan en conceptos vagos, imprecisos, confusos de las teorías evolutivas y requieren esclarecimiento y precisión conceptual. Las dificultades que se expresan en la interacción didáctica, la sobrepasan y demandan profundización, actualización y jerarquización que sólo puede lograrse desentrañando el estatus epistémico de la disciplina.

Dada la complejidad y abstracción de la biología evolutiva, es preciso esclarecer desde esta disciplina científica los conceptos nodales que la estructuran: variación, SN, adaptación, azar, influencia del medio, especiación, dimensiones espacio temporales- y las relaciones complejas entre éstos. Solo si esclarecemos y relacionamos los conceptos evolutivos clave, identificamos y resolvemos eficazmente los obstáculos epistemológicos desde la disciplina, ahondamos en la filosofía evolutiva y la historia de la construcción de esta disciplina y desplegamos estrategias didácticas coherentes con estos fundamentos, obtendremos resultados educativos satisfactorios en relación con los contenidos de biología evolutiva que impacten positivamente a los sujetos en su formación científica, en su vida cotidiana y en su participación social.

En este momento, en que se discute el paradigma neodarwinista e incluso se pone en duda el papel de la SN como generadora de novedades evolutivas, es preciso tener claro que la formación de estudiantes acríticamente basada en paradigmas no genera ni fomenta rasgos como la creatividad o el rigor lógico. Lakatos (1978) señala que las comunidades científicas desarrollan programas de investigación conformados por sistemas de teorías unidos en torno a un núcleo duro que es equivalente al paradigma kuhniano en tanto no está a discusión.

Pero no debe estar a discusión provisionalmente, y sólo con motivos metodológicos (por ejemplo mientras se buscan evidencias a favor de una teoría). Lo que no significa considerar una teoría como conocimiento absoluto, como ocurre con frecuencia en el proceso de formación de los aprendices.

En este sentido, es importante fomentar una actitud creativa que les permita analizar y criticar los conocimientos que se les enseñan en la escuela, ya que el cómo y el qué enseñar debe tener una profunda relación con la forma en que los conceptos se han desarrollado. Sólo cuando los estudiantes aprenden los conceptos y teorías no como algo acabado, sino como resultado de un proceso en el que intervienen factores científicos y sociales, pueden captar el carácter histórico social de dicho conocimiento. Por ello, este trabajo se fundamenta en la convicción de que la toma de conciencia de la dimensión disciplinaria, didáctica, histórica y filosófica de la ciencia, particularmente por parte de los profesores, puede hacer una contribución importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología evolutiva en el aula, en el desarrollo de un currículo más coherente y en la formación científico-social de los estudiantes.

El desafío de definir contenidos escolares y de ejercer la docencia dado el pluralismo epistemológico que existe en torno a las explicaciones evolutivas y las polémicas actuales en este campo, es relevante preguntarnos ¿Qué conceptos evolutivos es preciso esclarecer para lograr una comprensión actualizada del tema? ¿En qué obstáculos epistemológicos se asientan las concepciones alternativas de los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje (alumnos y profesores) relacionadas con contenidos de biología evolutiva? ¿Cuáles son los conceptos nucleares de biología evolutiva que merecen ser enseñados y aprendidos en cada sistema educativo?

Sólo a la luz de las prácticas y los saberes evolutivos, filosóficos, históricos y educativos podremos plantear mejores preguntas, diseñar y validar modelos que generen mejores resultados en el aprendizaje de un campo que transformó la historia de la ciencia y de la humanidad en su conjunto.

Departamento de Biología Evolutiva

Grupo de estudios filosóficos, históricos y sociales de la ciencia

Facultad de Ciencias, UNAM

Coyoacán 04510, México, D.F.

E-Mails: cristinah61@yahoo.com.mx

ealvarezperez@yahoo.com.mx

rosaura@servidor.unam.mx

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Ricardo Noguera Solano por sus valiosas aportaciones a esta investigación y por el constante intercambio que hemos tenido en las actividades académicas cotidianas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, M. (2006), "La crisis latente del darwinismo", *Asclepio*, LVIII-1, pp. 1-37.
- ALEIXANDRE J. M. P. *et al.* (2003), *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó.
- AYUSO, G. y E. BANET (2002), "Pienso más como Lamarck que como Darwin: comprender la herencia biológica para entender la evolución", *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, vol. 32, pp. 39-47.
- BEROVIDES V. (1993), Problemas en la enseñanza de la teoría evolutiva en la educación superior, *Revista Biología*, vol. 7, n.º 2-3. Facultad de Biología, Universidad de La Habana., pp. 79-87.
- BOWLER, P. (1995). *Charles Darwin. El hombre y su influencia*, Madrid, Alianza Universidad.
- CAMPOS, M. A., SÁNCHEZ C. A., GÁSPAR S., y PAZ V. (1999), "La organización conceptual de los alumnos de sexto grado de educación básica acerca del concepto de evolución", *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, vol. 1, núms. 1 y 2, pp. 39-55.
- DARWIN, C. (1993), *Autobiografía*, México, Alianza Editorial.
- (1994), *El origen de las especies*, México, Ed. Porrúa, México.
- GOULD, S. J. (2004), *La estructura de la teoría de la evolución*, Barcelona, TusQuets.
- GUILLÉN, F. (1994), "El nuevo enfoque en la enseñanza de la biología en secundaria", *Ciencia*, vol. 45, pp. 247-262.
- (1995), "Problemas asociados a la enseñanza de la evolución en la escuela secundaria: algunas sugerencias", *Ciencia*, vol. 46, n.º 2
- (1996), "¿Qué saben los estudiantes de secundaria sobre el tema de evolución?", en: M. A. Campos y Ruiz, eds., *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, IIMAS, UNAM, pp. 181-207.
- (1997), *Construcción de un modelo de enseñanza para biología*, México, Tesis (Doctorado en Ciencias Biología), Facultad de Ciencias, UNAM.
- (2002), *La Historia en la Enseñanza de la Teoría de la SN*. México, UNAM, Facultad de Ciencias. Tesis de Maestría en Doctorado en Ciencias, Biología.
- KUHN, T. (1982), *La estructura de las revoluciones científicas*. México, FCE.
- LAKATOS, I. (1978), *La metodología de los programas de investigación*, Madrid, Alianza Universidad.
- LAUDAN, L. (1977), *Progress and its problems. Towards a theory of scientific growth*. CA, University California Press, Berkeley.
- MAYR, E. (1998), *Así es la biología*. Madrid. Editorial Debate.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO M. A. (1998), *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid. Morata.
- RUIZ, R, y AYALA, F. (2002), *De Darwin al DNA y el origen de la humanidad; la evolución y sus polémicas*, México, FCE.

- SÁNCHEZ, C. (2000), *La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes*, México, UNAM, Facultad de Ciencias. Tesis de Maestría en Doctorado en Ciencias, Biología.
- SETTLAGE, J. y M. JENSEN (1996), "Investigating the inconsistencies in college student responses to natural selection test questions", *The electronic Journal of Science Education*, 1(1): sept.

CIBERGRAFÍA

- AUSUBEL, D. (Activo en febrero de 2004), "Teoría del aprendizaje significativo". <http://www.educainformatica.com.ar/docentes/tuarticulo/educacion/ausubel/>.
- GONZÁLEZ G. y E. MEINARDI (Activo en enero de 2009), "Estudio de las concepciones acerca de la teoría de la evolución en estudiantes, profesores y licenciados en biología. Ponencia presentada en el Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología". http://www.adbia.com.ar/eidibi_archivos/aportaciones/paneles/trabajos_completos/gonzalezgalli_tesis.pdf.
- MEINARDI, E. Y ADÚRIZ BRAVO, A. (Publicado en 2002, activo en enero de 2009), "Encuesta sobre la vigencia del pensamiento vitalista en profesores de ciencias naturales", *Revista Iberoamericana de Educación –OEI, Experiencias e Innovaciones*. <http://www.rieoei.org/experiencias28.ht>.
- PAZ, V. (Publicado en 2001, activo en 2009), "La enseñanza de la evolución en educación primaria como evidencia de los obstáculos que enfrenta el niño para construir conceptos complejos", *Xictli*, vol. 42. <http://www.unidad094.upn.mx/revista/xictli.htm>
- (Publicado en 2004, activo en 2009) "Problemas principales que presenta la enseñanza del tema de evolución del cambio biológico en la educación básica". *Xictli*, vol. 54. <http://www.unidad094.upn.mx/revista/xictli.htm>.
- PAZ, V. y MARTÍNEZ M. L. (Publicado en 2003, activo en 2009), "Posibles efectos de la forma en que atiende el maestro de primaria la evolución biológica y la forma en que aprenden sus alumnos", *Xictli*, vol. 52. <http://www.unidad094.upn.mx/revista/xictli.htm>.
- SANDIN, M. (activo en 2009), "En busca de la biología. Reflexiones sobre la evolución", *Asclepio*, LX1-1, http://www.am.es/personal_pdi/msandin/BUSCA.htm.