

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA MEJORAR
EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE
DE LA TEORÍA EVOLUTIVA EN EL BACHILLERATO**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN DOCENCIA PARA
LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
(BIOLOGÍA)**

P R E S E N T A

LAURA ELIZABETH HERNÁNDEZ JIMÉNEZ

**DIRECTOR DE TESIS: DR. RICARDO NOGUERA SOLANO
FACULTAD DE CIENCIAS**

MÉXICO, D.F.

ABRIL 2014.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Ciencias por abrirme sus puertas para estudiar la Licenciatura y posteriormente la Maestría.

A la MADEMS y todos mis maestros por su apoyo y acompañamiento.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por confiar en mí y brindarme su apoyo.

Al Doctor Ricardo Noguera Solano por su confianza, invaluable apoyo con sus conocimientos y paciencia y acompañamiento.

A los miembros del jurado, porque a pesar de su carga de trabajo, se dieron el tiempo para revisar y sus sugerencias para lograr la culminación de esta tesis.

¡GRACIAS!:

M. en C. Eréndira, Maestro Mauro, Maestra Roxanna y Doctor Lucio.

A la M. en C. Diana Voussaz y Rosalba Martínez por permitirme aplicar la estrategia a sus grupos del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur.

DEDICATORIAS

Sobre todas las cosas a DIOS, que me ha bendecido siempre.

A mis padres por su amor infinito y apoyo incondicional. ¡GRACIAS SIEMPRE!

A los amores de mi vida: Pancho y Jorge, por ser el motor que me impulsa siempre hacia adelante, por su cariño, apoyo, comprensión y paciencia. Mi vida no tendría sentido si ustedes no estuvieran conmigo. ¡MUCHAS GRACIAS!

A mi hermana por quererme y apoyarme sin condiciones.

Para mi familia Rosa María, Rosy, Toño, Carlitos, Adi y Ana, por su cariño y compañía.

Para Jorge y Francisco, por las enseñanzas dejadas.

A mis amigos de toda la vida, por estar conmigo.

A mis compañeros de la MADEMS, en especial Rita y Karina, por su amistad, invaluable apoyo, paciencia y enseñanzas en el tiempo que compartimos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	13
CAPÍTULO 2. PROPUESTA DIDÁCTICA.....	25
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA.....	38
CAPÍTULO 4. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTREPRETACIONES.....	42
CONCLUSIONES.....	58
REFERENCIAS.....	60

ANEXOS

ANEXO 1. TEST

ANEXO 2. “FRAGMENTOS DEL PENSAMIENTO EVOLUTIVO”

INTRODUCCIÓN

El pensamiento evolutivo es uno de los pilares fundamentales de la biología (Fourez, 1994; Smocovitis, 1997; Jacob, 1997; Mayr, 1998, Morin, 1999;) y se ha convertido cada vez más en un elemento central en los programas y planes de estudios en los diferentes niveles educativos, entre ellos, los planes y programas de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH, 1996) y de la Preparatoria de la UNAM, 1996, así como en los programas del CONALEP (2012), DGETI (2012) y en el sistema SEP-SEMS (2008).

A pesar de que cada vez se ha puesto mayor interés en la enseñanza de la evolución biológica los resultados no parecen ser del todo satisfactorios. Un número significativo de estudios han mostrado que existe una gran dificultad para que los alumnos comprendan algunos de los conceptos centrales de la teoría evolutiva (Guillén, 1995, Jiménez-Aleixandre, 1991, 2003, 2009; Tamayo, 2004; González Galli, *et al.*, 2005), diversos autores también han señalado que una de las grandes dificultades es la existencia de concepciones alternativas que no son válidas desde el punto de vista de la biología evolutiva (Bishop y Anderson, 1985; Jiménez Aleixandre, 1990, Gándara, *et al.*, 2002 y Hernández, *et al.*, 2009). Aunado a la problemática anterior, como lo muestran diversas evaluaciones existe un bajo rendimiento, por parte de los alumnos, en las habilidades de comprensión de textos (véase por ejemplo los resultados de PISA, 2006).

La evolución biológica es un tema unificador de las Ciencias Biológicas (Kewon, 1988, Smocovitis, 1996) y por lo tanto es fundamental en la enseñanza de la Biología en los diversos niveles académicos (Guillén, 1994, Love, 2013); sin embargo, se le considera una de las unidades didácticas más

complejas, porque es un tema difícil de aprender y de enseñar (Guillén 1994, 1995, Campos, *et al.*, 1999).

Por lo que respecta a las y los alumnos, en la bibliografía se han reportado diversos problemas que les dificulta lograr una adecuada interpretación del concepto de evolución biológica, entre esos problemas se encuentran los siguientes: Las y los alumnos manifiestan numerosas concepciones alternativas en este campo (Grau, 1993). Suelen pensar que la adaptación biológica se refiere a que los organismos efectúan conscientemente cambios físicos en respuesta a cambios ambientales, de tal forma que el mecanismo evolutivo que algunos alumnos consideran estaría basado en una mezcla de necesidad, uso y falta de uso (Grau y de Manuel, 2002). La idea de “adaptación” sugiere un propósito, un diseño que favorece la supervivencia, esto se enmarca en una perspectiva vitalista, con connotaciones finalistas e intencionales (Grau y de Manuel, 2002), los procesos ocurren según las necesidades, las causas se transforman en efectos, los problemas en respuestas, y los fenómenos se explican de acuerdo con los para qué en lugar de centrarse en cómo ocurren.

La mayoría de las y los alumnos de 16 años aún no han alcanzado la etapa piagetana de operaciones lógico-formal esencial para comprender conceptos abstractos (García *et al.*, 1987), a esa edad suelen presentar dificultades para comprender plenamente los mecanismos que rigen los procesos evolutivos, debido a sus concepciones intuitivas. A ellas y a ellos se les dificulta, por ejemplo, establecer una relación significativa entre la edad de la Tierra y el proceso evolutivo (Carretero, 1997), suelen tener confusiones respecto a la diferencia entre niveles de organismos y especies o suponen que especies y poblaciones están formadas por individuos idénticos (Sánchez,

2000).

El rechazo o la incredulidad de las y los estudiantes acerca de la evolución biológica también pueden provenir de la generación de un conflicto con sus creencias creacionistas (Sánchez, 2000).

Entre los términos que les genera mayor confusión, se encuentra por ejemplo, el de “mutación”, para muchos de ellas y ellos, la mutación se refiere a cualquier tipo de cambio en un ser vivo, se suele asociar con anomalías o defectos, pero pocas veces se relaciona con adaptación o evolución (Fernández y Sanjosé, 2007).

De acuerdo con lo antes mencionado las y los alumnos consideran que en el origen de las variaciones hereditarias influyen la necesidad, el esfuerzo o el propósito (Hernández, *et al.*, 2009; Jiménez-Aleixandre, *et al.*, 2003).

Por lo que se refiere a las y los profesores es indispensable que éstos descubran los conceptos ingenuos que tienen sus alumnos acerca de la evolución, analizando respuestas a los problemas o a las preguntas acerca de la evolución. Debe determinarse qué pre-concepciones son científicamente erróneas y cuáles no. En la enseñanza de la evolución se insiste en diferenciar “darwinismo” de “lamarckismo” asociándose darwinismo con selección natural y lamarckismo con herencia de caracteres adquiridos, explicación correcta *versus* explicación incorrecta, cuando en el fondo deberían enseñarse las aportaciones válidas de los diversos autores, como por ejemplo, de Lamarck, debería enseñarse, el hecho de haber descubierto la evolución y poner en entredicho el origen de las especies por creación y de Darwin sus ideas de variación y selección natural.

La mayoría de las y los profesores ponen en práctica un enfoque basado en el positivismo con el modelo tradicionalista (Novak, 1982 y Gil, 1986) que

consiste en saturar a los alumnos con contenidos conceptuales, sin sentido ni orientación proporcionándoles información por medio de una clase expositiva con dictados y “recitaciones”.

El material didáctico que se utiliza para explicar el pensamiento evolutivo, por lo general carece de un enfoque histórico adecuado, lo que propicia que los alumnos consideren la construcción del pensamiento evolutivo como una serie de acontecimientos y personajes, que dan fundamento al conocimiento actual (Suárez, *et al.*, 1993; Winchester, 1989, Hernández, *et al.*, 2009). Muchos textos de estudio presentan estos contenidos en forma inexacta o poco precisa (Tamayo y González 1998).

Las dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la evolución o de la biología en general, no se quedan desde luego en problemáticas relacionadas con los alumnos, también existen limitaciones y problemas en los profesores que enseñan biología y en particular que enseñan el tema de evolución (Abimbola, 1998).

Considerando las múltiples dificultades que rodean los procesos de enseñanza–aprendizaje del pensamiento evolutivo y considerando que los elementos históricos pueden ser útiles en la adquisición de conocimientos científicos, esta tesis tiene como objetivo el diseño y la validación de una compilación de breves fragmentos históricos sobre el pensamiento evolutivo, material que tiene como fin ser un recurso complementario de aprendizaje para los alumnos del bachillerato y que he denominado *Fragmentos del pensamiento evolutivo*. El material está diseñado para lograr un autoaprendizaje sin ocupar muchas horas extras dentro del salón

De acuerdo con la Subsecretaría de Educación Media Superior (SEMS, 2008: pág. 2), todo bachiller debe ser capaz de asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje, “lo que les permite comprender el mundo e influir en él; les capacita para continuar aprendiendo de forma autónoma a lo largo de sus vidas, y para desarrollar relaciones armónicas con quienes les rodean, así como participar eficazmente en los ámbitos social, profesional y político”.

Aunque diversos autores han puesto en tela de juicio la utilización de la historia en la enseñanza de las ciencias y consciente de que existe todo un debate a favor y en contra (Lombardi, 1997 y Campanario, 1998), en este trabajo se ha considerado que la lectura de autores clásicos constructores de las teorías científicas sobre la transformación de las especies puede mejorar la comprensión de diversas ideas evolutivas y al mismo tiempo como lo ha sugerido G. M. Domènech y P. S. Lope, 2009, puede subsanar la necesidad de enseñar evolución contextualizando el proceso de construcción y de cambios de las ideas evolutivas, al mismo tiempo puede generar en las y los alumnos competencias básicas, como la capacidad de aplicar conocimiento de manera práctica y transversal, y relacionándolo con otros contextos y disciplinas como la historia de la ciencia, y en particular ligar la enseñanza de la evolución con la historia de la biología. Según Domènech, y Lope, 2009, la contextualización histórica como estrategia didáctica favorece la visión global y compleja del pensamiento evolutivo.

Entre las metas de la estrategia didáctica (*Fragmentos del pensamiento evolutivo*) es lograr por un lado, una interpretación básica del concepto de evolución (en el sentido de que las especies se transforman), que esas transformaciones se debe a causas naturales, y que los y las alumnas conozcan que a lo largo de la historia de la biología se han propuesto

diferentes explicaciones evolutivas que han tenido como objetivo elaborar una mejor explicación de los procesos evolutivos y del hecho de la evolución. Una intención secundaria, pero no menos importante, es que los alumnos y alumnas reconozcan que la práctica científica tiene una naturaleza dinámica y anti-dogmática y que continuamente está cambiando.

El diseño central de la estrategia (*Fragmentos del pensamiento evolutivo*), consiste en dos tipos de material. Una parte está formada por fragmentos de textos originales (traducidos) y una segunda parte son ejercicios elaborados bajo diferentes modalidades de aprendizaje, el objetivo de estos ejercicios es lograr que las y los alumnos adquieran las ideas principales de cada uno de los fragmentos de la compilación.

Además del aprendizaje de las ideas evolutivas, se busca lograr que desarrollen un pensamiento crítico que les permita conocer la naturaleza dinámica de la ciencia a través de la construcción del pensamiento evolutivo.

Una alternativa importante para reforzar estos temas es acercar a las y los alumnos al proceso de cambio del pensamiento mismo para propiciar su análisis y desarrollo de habilidades para que los alumnos, logren hasta donde sea posible, una interpretación correcta de las ideas evolutivas básicas.

En la propuesta didáctica (*Fragmentos del pensamiento evolutivo*) se utilizan fragmentos de las obras de algunos de los autores que han incidido en la explicación del proceso evolutivo; una vez que los alumnos han leído los fragmentos se les pide que realicen el ejercicio que acompaña a cada lectura para que fortalezcan su aprendizaje. Cada lectura tiene ejercicios con diferentes diseños, pero cada uno de ellos fue elaborado con la intención de que los alumnos puedan hacer una abstracción de las ideas principales de las

lecturas y de esa manera adquieran un mejor aprendizaje sobre el proceso evolutivo.

Como se mencionó anteriormente, la enseñanza–aprendizaje de las ideas evolutivas es compleja, la mayoría de los trabajos realizados hasta la fecha mencionan diferentes dificultades en los diferentes niveles educativos (Jiménez-Aleixandre, 1991, 2002, 2003, 2005; González Galli *et al.*, 2005; González Galli y Menardi, 2009; Geraedts y Boersma, 2006; Kampourakis, 2007; Hernández *et al.*, 2009).

Entre esas dificultades se encuentran la utilización de conceptos y procesos abstractos, lenguaje utilizado con diferentes significados o con sentidos teleológicos y antropocéntricos que conlleva a una errónea interpretación de la evolución biológica (Gómez-Moliné y Sanmartí, 2000; Chuang, 2003; Tindon y Lewontin, 2004; van Dijk & Reydon, 2010). Por otro lado, los conocimientos previos de las y los estudiantes, las creencias individuales y religiosas suelen ser otro obstáculo que influye negativamente en la comprensión del tema (Berkman, y Plutzer, 2010; Araujo y Roa, 2011). Los niveles de aceptación o de rechazo ligadas a las creencias religiosas, dependen desde luego de las prácticas y creencias religiosas en las que cotidianamente viven los individuos, que pueden ir desde posturas muy moderadas hasta posturas profundamente radicales en contra del pensamiento evolutivo (Alexander, 2013).

La forma más común de llevar a cabo la enseñanza de la evolución desde el nivel de secundaria, es un modelo basado en los libros de texto, donde únicamente se da a las y los alumnos la interpretación que los autores de dichos libros hacen para su edición (Jiménez Aleixandre, 2009). Esta forma de

enseñanza suele continuarse hasta el bachillerato.

Ante esta realidad parece claro que las estrategias tradicionales de enseñanza de las ciencias son poco eficaces para promover el aprendizaje significativo. Es innegable que en muchas de las aulas predomina un modelo de enseñanza por transmisión (Campanario y Moya, 1999).

A partir del conocimiento de las diversas dificultades ha surgido la idea de diseñar esta estrategia bajo un modelo cognitivo-constructivista, en donde las y los alumnos participan construyendo su conocimiento y el maestro funge únicamente como facilitador de la información (Campanario y Moya, 1999).

El diseño de la propuesta didáctica está relacionado con los objetivos que plantea el *Programa de Biología II del CCH*, entre los cuales se espera que la y el estudiante aprenda a generar mejores explicaciones acerca de los sistemas vivos, mediante la integración de los conceptos, los principios, las habilidades, las actitudes y los valores desarrollados en la construcción, reconstrucción y valoración de conceptos biológicos fundamentales, así como examinar explicaciones y teorías que fortalezcan la interpretación científica del origen y evolución de los sistemas vivos (*Programa de estudios de Biología I-IV*, p. 3).

Como ya se ha señalado, en la construcción de esta estrategia didáctica de lecturas históricas sobre el pensamiento evolutivo, se escogieron seis de los autores más importantes en la construcción del pensamiento evolutivo. Se seleccionaron fragmentos cortos que contienen algunas de las ideas básicas de las explicaciones evolutivas de los autores seleccionados. Para cada fragmento se trabajó con diferentes tipos de ejercicios, siempre con la finalidad de que las y los alumnos obtengan las ideas principales de cada autor. En el proceso de validación se trabajó con 5 grupos, 2 grupos testigo y 3 grupos de

estudio, en todos se aplicó el pre-test post-test. La diferencia consistió en que, en los grupos testigos, las y los maestros utilizaron sus propios recursos para enseñar evolución, en los otros 3 grupos se trabajó con el recurso (*Fragmentos del pensamiento evolutivo*).

Los resultados obtenidos con la aplicación de la estrategia parecen ser alentadores, tomando en cuenta las respuestas del post-test de las y los alumnos de los grupos experimentales.

Sin embargo esto debe tomarse con reservas. Es necesario buscar algunas otras lecturas para mejorar la comprensión de algunos conceptos en los que no se logró un cambio significativo, como por ejemplo la explicación de Lynn Margullis sobre la teoría endosimbiótica.

La estrategia didáctica tiene como objetivos particulares:

-Que las y los alumnos:

-Lean fuentes originales de los autores más representativos del pensamiento evolutivo.

-Analicen y discutan las ideas propuestas por cada autor.

-Comprendan la naturaleza plural del pensamiento evolutivo.

-Logren un cambio conceptual a través de un aprendizaje significativo.

La investigación, el diseño y la validación de esta propuesta están sustentados en otros elementos teóricos que se presentan en el **capítulo 1**, que he denominado: marco teórico. En este capítulo se presentan los fundamentos didácticos de la estrategia, el concepto de didáctica y estrategia didáctica, las bases psico-pedagógicas en las que se sustenta, la importancia de la lectura y en especial el contexto histórico de éstas, así como el concepto de pensamiento crítico y su desarrollo en las y los estudiantes del bachillerato.

Se hace un señalamiento de las bases psicopedagógicas en las que sustenta la estrategia, incluyendo la importancia de la lectura con un enfoque histórico en la enseñanza de las ciencias y en particular en la evolución, también aclaro en qué sentido utilizo la idea de “aprendizaje significativo”.

En el **capítulo 2**, se explica en qué consiste la propuesta didáctica, la cual está basada en lecturas y ejercicios que tienen la finalidad de lograr un aprendizaje significativo sobre algunos conceptos importantes de la evolución; en este mismo capítulo se describe brevemente las ideas relevantes de los fragmentos escogidos.

En el **capítulo 3**, se presenta el diseño, desarrollo y evaluación del método llevada a cabo para aplicar la estrategia.

En el **capítulo 4**, Se presentan, analizan e interpretan los resultados obtenidos en comparación con un grupo control.

En las **conclusiones** se revisan las limitaciones y los alcances de la estrategia y se hacen algunas observaciones generales sobre la misma.

Al final del documento se encuentran dos anexos. El **anexo 1** que contiene el cuestionario que se aplicó antes y después de la estrategia y el **anexo 2** titulado: **Fragmentos del pensamiento evolutivo**, que contiene los fragmentos cortos de autores clásicos que han explicado la transformación de las especies; cada lectura va acompañada complementada con un ejercicio.

CAPÍTULO I

Marco teórico

1. 1. Conceptos de Didáctica y Estrategia didáctica

Un criterio válido para acercarse a la definición de qué es la didáctica es considerar las propuestas que diferentes autores tienen sobre el tema.

El término “didáctica” se deriva del verbo didactikós de (didasko) que significa literalmente lo relativo a la enseñanza, a la actividad instructiva. En el *Diccionario de la Lengua Española de la real Academia* (2001) se define de manera sencilla a la didáctica como el arte de enseñar. Diversos autores han analizado en diferentes momentos las distintas definiciones que se han construido sobre el concepto de Didáctica, entre ellos están por ejemplo: Araceli García Estebaranz (1994: p. 41), O. Sáenz Barrio (1994: p. 14) y J. M. Ruiz (1996: p. 25).

Didáctica es la enseñanza que tiene como fin el perfeccionamiento del sujeto al quien se enseña, cuya manifestación inmediata es el aprendizaje. De acuerdo a José Bernardo Carrasco, 2004, “es necesario encontrar el lazo común entre enseñanza, aprendizaje e instrucción” (Carrasco, 2004, p. 19); para lo cual es necesario que las y los profesores se hagan cargo de que en el proceso educativo, la enseñanza se realice en función del aprendizaje y de la instrucción, lo cual significa que el trabajo y la actividad, es el lazo de unión entre la enseñanza y el aprendizaje.

En el caso particular de la estrategia didáctica que se plantea en este trabajo busca ser un lazo de unión entre las ideas previas que tienen las y los alumnos del bachillerato sobre la evolución biológica y los conocimientos que

logren extraer de los fragmentos de las lecturas por medio de los ejercicios.

El contenido semántico del vocablo es propiamente: enseñanza, aprendizaje, instrucción y comunicación. En la literatura revisada el concepto de didáctica (general y particular o especial) ha sido definido de muchas maneras.

La didáctica general, está destinada al estudio de todos los principios y técnicas válidas para la enseñanza de cualquier materia o disciplina. Estudia el problema de la enseñanza de modo general, sin las especificaciones que varían de una disciplina a otra. Procura ver la enseñanza como un todo, estudiándola en sus condiciones más generales con el fin de iniciar procedimientos aplicables en todas las disciplinas y que den mayor eficiencia a lo que se enseña” (Torres y Girón, 2009, p. 11). Por su parte la didáctica particular de acuerdo a Fernández Huerta “es todo el trabajo docente y método aplicados a cada una de las disciplinas o artes humanas dignas de ser enseñadas” (Fernández Huerta, 1964).

En términos generales, también podemos ver que a la didáctica se le asignan diferentes calificativos tales como ciencia, tecnología, técnica y arte, por ejemplo, María Pla I Molins, 1993, señala que la didáctica tiene un campo semántico desde la perspectiva enseñanza, aprendizaje e instrucción en un marco tecnológico y comunicativo. También se ha considerado a la didáctica como la ciencia que investiga los métodos más eficaces para llevar a cabo el arte de enseñar, en esto mismo concuerda y actualmente incluye el uso del Internet (Monereo, 2005a, 2005b).

La mayoría de las y los autores señalan como finalidad de la didáctica la formación, la instrucción, instrucción formativa y el desarrollo de facultades y creación de cultura. De ésta manera una posible definición sintetizada de la

didáctica sería: “La didáctica es una ciencia y tecnología que se construye desde la teoría y la práctica, en ambientes organizados de relación y comunicación intencional, en donde se desarrollan los procesos de enseñanza aprendizaje para la formación de la y el alumno.

El proceso de enseñanza aprendizaje es una responsabilidad compartida entre el profesor (que enseña a aprender) y el alumno (que aprende a aprender; por lo tanto enseñar a aprender le exige al profesor planificar adecuadamente su acción docente, utilizando estrategias didácticas, pero también es responsabilidad del alumno fortalecer lo aprendido dentro del salón de clase, para contribuir en ello, esta estrategia está diseñada para que no trabajen exclusivamente en el salón, sino que también puedan realizar las lecturas y ejercicios fuera del aula para posteriormente propiciar una discusión grupal y lleguen a construir sus propias conclusiones.

En este trabajo se ha construido la estrategia didáctica fundamentada en el constructivismo, y se ha considerado a la lectura de materiales históricos como un recurso para lograr que los alumnos tengan acceso a los autores que elaboraron explicaciones sobre el proceso evolutivo y al realizar los ejercicios infieran la naturaleza y el valor de las aportaciones de esos autores.

Una estrategia didáctica facilita y permite a las y los alumnos una mayor competencia y regulación de sus propios conocimientos, ya que son utilizados por los docentes como procedimientos o recursos de enseñanza para promover aprendizajes significativos.

En este trabajo, el término “aprendizaje significativo”, se entiende en el sentido de conectar o integrar nuevos conceptos o ideas con ideas relacionadas que ya posee un individuo en su estructura cognitiva (Ausbel, 2000).

Para que las y los profesores logren en las y los alumnos el saber hacer que los regule y los haga autónomos es necesaria la intervención consciente y voluntaria del profesorado como mediador cultural entre el alumnado y los currículos.

De acuerdo con lo anterior puede definirse a una estrategia de aprendizaje como: Un conjunto de procedimientos intencionales, conscientes y dirigidos que tienen como principio el lograr un objetivo o meta educativa. En donde se alinean, la secuencia de actividades los recursos y contenidos, bajo el régimen de los fines educativos.

La estrategia didáctica propuesta en este trabajo está diseñada para que los alumnos conozcan de primera mano, a través de los fragmentos de diversos autores, conceptos básicos del pensamiento evolutivo, esperando que con ello, se reemplacen en la medida de lo posible algunas de las concepciones erróneas con las que llegan los alumnos al bachillerato desde los niveles educativos anteriores.

El diseño de la estrategia elaborada en este trabajo, también tiene como fin educativo que los y las alumnas adquieran un concepto básico de evolución biológica, entendida como la continua transformación de las especies y comprendan que la evolución biológica es un hecho, y tiene como causas diversos procesos naturales, al mismo tiempo la estrategia tiene como objetivo que los alumnos comprendan que los diversos procesos evolutivos tienen diversas explicaciones.

1. 2. Fundamentación psicopedagógica para el diseño de las estrategias de aprendizaje

Las bases psicopedagógicas que aportan las teorías psicológicas de aprendizaje, facilitan el diseño adecuado de las estrategias.

Una teoría de aprendizaje es un conjunto de principios mediante los que se pretende explicar los cambios que tienen lugar en el comportamiento humano, proporcionando un conjunto de estrategias instructivas, estableciendo cómo y cuándo integrar y utilizar esas estrategias y previendo sus resultados (Yang, 2004). Durante el último siglo han sido tres las escuelas que han tenido una mayor influencia en la educación: el conductismo, el cognitivismo y el constructivismo. Cada una de ellas incluye un marco teórico en el que se conceptualiza el aprendizaje y proporciona instrucciones para la práctica educativa.

Los defensores del conductismo no se interesan por los procesos de control consciente, se basan en los estímulos-respuestas, y se ocupan de los datos observables y medibles. Para estos autores sólo es necesario modelar las respuestas que se quiere que las y los aprendices memoricen, el principal problema con esta metodología es que debe encontrarse el estímulo apropiado y reforzar la respuesta correcta en una adecuada retroalimentación (Skinner, 1959).

El cognitivismo se basa en procesos conscientes para producir el conocimiento relacionado con la concepción, percepción, razonamiento y reconocimiento. El cognitivismo provee formas y métodos para resolver cuestiones y problemas (Shuell, 1986). El cognitivismo distingue entre aprendizaje memorístico y significativo (Ausubel, *et al.*, 1983). Bajo este contexto con la propuesta (*Fragmentos del pensamiento evolutivo*) la intención no es que los alumnos memoricen y aprendan nombres y fechas, sino que logren contextualizar las ideas en su lugar y tiempo y diferenciar los cambios en las diferentes explicaciones evolutivas.

El aprendizaje significativo implica un esfuerzo consciente para

relacionar el nuevo conocimiento con sus propios conceptos y experiencias. Al contrario de lo que persigue el aprendizaje memorístico, en el que se incorpora el nuevo conocimiento de forma arbitraria. Con los fragmentos utilizados se pretende lograr en los alumnos la adquisición de un pensamiento evolutivo, lo cual incluye que comprendan el mismo hecho de la evolución, las evidencias, los diferentes procesos naturales implicados en la transformación de las especies, los diferentes fenómenos evolutivos, las diferentes maneras de cómo se ha explicado la transformación de las especies, y uno de los puntos más difíciles de comprender la autonomía de la naturaleza y sus fenómenos naturales.

Dentro de una práctica basada en el cognocitvismo se debe tomar en cuenta que:

- Los alumnos poseen sus propias experiencias y conocimientos.
- Se deben buscar la forma efectiva de organizar y estructurar la nueva información.
- Adaptar la práctica y la retroalimentación para el alumno, para su correcta asimilación e incorporación a su estructura cognitiva.

La tercer escuela, el constructivismo se centra en el proceso de construcción y negociación de significados que se manifiesta cuando un grupo de alumnos logra un modelo mental compartido con sus experiencias personales y las de otros (Bodner, 1986). Con el constructivismo la intención es que las y los alumnos desarrollen sus propias ideas, aprendiendo mediante la reconstrucción y no por transmisión. Se trata de que las y los alumnos generen de forma personalizada inferencias, relaciones entre percepciones preexistentes y nuevas ideas para que las integren a su estructura cognitiva y las conviertan en ideas útiles.

Dentro de las distintas teorías que han desarrollado los enfoques cognitivo-constructivistas, tres son las que merecen especial mención por su incidencia en la enseñanza de las ciencias:

1. La teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget, (1964, 1972) que enfatiza la importancia de los niveles o estadios de desarrollo para el aprendizaje y comprensión de los conceptos científicos.
2. La teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel, (1960) que enfatiza la importancia de las ideas que el estudiante posee antes de la enseñanza y las toma en cuenta para diseñar estrategias de instrucción.
3. La teoría del aprendizaje social de Lev Semionovich Vygotsky, (1978) que enfatiza los aspectos relacionados con la interacción social en el proceso de aprendizaje.

Las teorías antes mencionadas se han incorporado con diferentes énfasis a los procedimientos metodológicos utilizados en la Educación Media Superior (EMS), para la actualización de los mismos en diferentes aspectos, tales como: una docencia centrada en el alumno, promoviendo aprendizajes activos en donde el profesor sea una guía de la adquisición de conocimientos, con un proceso de instrucción compartido entre profesor(a) y alumno(a).

1. 3. Pensamiento crítico

El proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, tiene relación directa con la inducción a la formación del pensamiento crítico. Tener pensamiento crítico significa tener las habilidades para analizar argumentos y hacer inferencias utilizando el conocimiento aprendido. Un pensamiento crítico incluye un razonamiento inductivo o deductivo, juzgar y evaluar, inferir conclusiones de hechos disponibles y resolver problemas planteados (Willingham, 2007). El

conocimiento por si sólo es necesario, pero no es suficiente para desarrollar un pensamiento crítico, ya que este último implica tanto habilidades cognitivas como disposiciones, sin que ello sea simplemente una suma compleja de las partes (Van Gelder, 2005).

Para llegar al conocimiento científico aplicando el método científico las y los alumnos necesitan tener la capacidad de explorar una situación determinada, una pregunta o un problema para elaborar una hipótesis y llegar a una conclusión.

Las y los estudiantes necesitan contar con destrezas para manipular y procesar la información analizando diversas fuentes, así como la capacidad para evaluar la información y hacer inferencias así como contar con actitudes personales encaminadas a la búsqueda de evidencias que apoyen cualquier argumento. Con los fragmentos elegidos se pretende lograr que los alumnos comparen y se adentren a las formas de explicar el hecho de la evolución diversas explicaciones y tomen una postura propia con respecto a las preguntas sobre el origen y al cómo y por qué se transforman las especies.

Una vez que son capaces de identificar un problema, es necesario que logren elegir la solución idónea para resolverlo.

Para que esto sea posible, las y los docentes necesitan utilizar estrategias didácticas encaminadas a formar en los estudiantes un pensamiento crítico, ya que de acuerdo a varios autores, como John E. Mc Peck, 1981; Robert Ennis, 1987, y Harvey Siegel, 1991; el desarrollo de un pensamiento crítico, facilita el juicio, permite confiar en el criterio y la autocorrección, además de proporcionar sensibilidad en el contexto.

El desarrollo de dichas capacidades intelectuales pueden propiciarse en el trabajo cotidiano, aplicando estrategias didácticas en donde se aprovechen

todas las oportunidades que se presentan para que éste lea, polemice y escriba.

Por las razones arriba señaladas, en este trabajo, se ha utilizado una serie de lecturas con una secuencia histórica del desarrollo del pensamiento evolutivo, con las cuales se pretende un desarrollo de pensamiento crítico en los estudiantes que les permita desarrollar las capacidades de inferir, juzgar, interpretar y asumir una postura crítica ante las explicaciones del proceso evolutivo.

1. 4. La lectura como estrategia de enseñanza en la ciencia

Generalmente las estrategias didácticas que tienen como centro la lectura no se ha utilizado para la enseñanza aprendizaje de las ciencia, por ser considerada principalmente del área de la lengua (Cassany, Luna y Sanz, 2001), sin embargo, algunos autores han señalado su importancia en el aprendizaje de la ciencia (Thelen, 1984; Guthrie *et al.*, 1996, Campanario, 2003).

La lectura según María Eugenia Dubois, 1989 se puede interpretar desde las siguientes tres concepciones: a) Combinación de habilidades o transferencia de información. b) Resultado de interacción entre pensamiento y lenguaje; y c) Proceso de transacción entre el lector y el texto.

Asumirla de este modo es entenderla como un proceso activo de interacción, por medio del cual el lector procurará reconstruir el significado intentado por el autor por medio del texto, y de ésta manera lograr un aprendizaje significativo, comparando sus ideas previas con las adquiridas en la lectura e ir construyendo el concepto que se pretende que incorpore a sus conocimientos.

Las y los profesores de la EMS pueden utilizar como estrategia la lectura para facilitar en la y el alumno el desarrollo de un pensamiento analítico y crítico, ya que a través de materiales escritos se puede llevar al alumno a desarrollar sus capacidades intelectuales. A través de la lectura se puede diseñar situaciones que permitan experiencias de aprendizaje para ellos, enfatizando sus procesos individuales, en donde se demuestre que la ciencia se construye y está influenciada por el trabajo y opiniones de los demás y que es por lo tanto una actividad social (Hodson, 1997).

Por medio de la lectura se puede promover en las y los estudiantes un proceso de reflexión y toma de conciencia, y así hacerlos ver que las ideas científicas son el producto de un conjunto de visiones que se han conformado y han sido influenciadas por condiciones y actitudes personales y sociales (Rivas y Tellería, 2004).

En la enseñanza aprendizaje de las Ciencias por medio de la lectura interviene el conocimiento previo del lector, basado en sus experiencias de vida, su competencia lingüística, el propósito de la lectura y el tipo de texto.

La lectura puede servir como una especie de puente entre el nuevo conocimiento y los conceptos y proposiciones relevantes pre-existentes. De acuerdo con M. Pope y J. Gilbert (1997), los puntos de vista personales de las y los alumnos son relevantes en la enseñanza de las ciencias como los de los estudiantes en cualquier asignatura.

De este modo, por medio de la lectura se debe partir de las experiencias de las y los estudiantes y ayudar a estimular el razonamiento espontáneo. Por medio del uso de la lectura, puede lograrse que el aprendizaje de la ciencia sea significativo, si los hechos a aprender, por medio de la lectura, tienen relevancia personal para los alumnos y les permiten generar experiencias en

las que puedan reflexionar sobre sus propias ideas y reconocer su capacidad como constructores de teorías (Pope y Gilbert, 1997).

Este hecho no era considerado importante en la enseñanza científica ya que la lectura sólo estaba ligada a los primeros años de escolaridad, en una metodología tradicional, cuyo objetivo es identificar y pronunciar correctamente letras, sílabas y palabras de manera aislada o en un texto (Cassanny, Luna y Sanz, 2001).

En contraste, Frida Díaz-Barriga (2001) menciona que la lectura es una actividad indispensable para el aprendizaje escolar, ya que las y los alumnos adquieren, discuten y usan en el aula de clase un gran cúmulo de información. Las y los alumnos utilizan activamente su conocimiento previo, a la vez que usa y selecciona un conjunto de estrategias a partir del proceso de lectura y el tipo de texto.

Por las razones anteriores y por las que señalo en el siguiente apartado, considero que una estrategia didáctica basada en fragmentos de ideas originales sobre el pensamiento evolutivo puede reforzar el conocimiento sobre diversas temáticas de la evolución biológica.

1.5. La lectura con un contexto histórico como estrategia didáctica

El uso de materiales de lectura relacionados con casos históricos acerca del desarrollo de la ciencia y, siguiendo a D. Hodson (1997), puede ser útil para mostrar a los alumnos que el desarrollo de ideas científicas depende de una extensa estructura socio-cultural, y no sólo de la rigurosa aplicación del método científico (Reiss, 1993), además como algunos otros autores han señalado la enseñanza de la ciencia puede ser mejorada mostrando al estudiantes las relaciones cercanas entre la ciencia, la historia y la filosofía (Matthews, 1994).

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins, 2007, ha señalado que el enfoque

histórico en la enseñanza de biología, es capaz de mostrar los procesos de la construcción del conocimiento, permitiendo que se tenga una visión más concreta de la naturaleza real de la ciencia, sus métodos, sus limitaciones, y sus personajes y su tiempo. Esto posibilita, de acuerdo a Martins, 2007, la formación de un espíritu crítico haciendo que el conocimiento científico sea desmitificado sin que esto signifique mellar su valía.

Así, en el estudio de la historia de la ciencia debe evitar que se adopte una visión ingenua (o arrogante) de la ciencia, en el sentido de la ciencia como una “verdad absoluta” o de “aquello que fue probado”, de algo eterno e inmutable, construida por genios que jamás cometen errores y esporádicamente por algunos no muy brillantes que se equivocan completamente. Por otro lado, se debe impedir la adopción de una visión anti-cientifista de que todo conocimiento no es nada más que mera opinión, que todas las ideas son equivalentes y que no hay motivo para aceptar las concepciones científicas.

Los análisis históricos muestra que la ciencia cambia a través del tiempo y que ésta es elaborada por seres humanos falibles que pueden perfeccionar su conocimiento, lo que significa que sus propuestas puedan ser consideradas no definitivas; pero que a pesar de cometer desaciertos, los científicos no obran ciegamente y básicamente acostumbran apoyarse en evidencias.

La historia de la ciencia también muestra a través de episodios históricos, que los conceptos científicos tiene una serie de transformaciones, comprenderlas puede facilitar el aprendizaje, ya que de esta manera las y los alumnos dejan de percibir a la ciencia como un dogma y le confieren un concepto susceptible de cambios a los largo del tiempo. Y percibirán sus dudas como perfectamente admisibles en relación a conceptos evolutivos que como

sabemos algunos llevan ya más de 200 años y ha llevado tiempo en ser aceptados por que muchos de ellos son difíciles de comprender.

CAPÍTULO 2

LA PROPUESTA DIDÁCTICA

2.1. La evolución biológica en los fragmentos de la historia

Con la propuesta didáctica (**Anexo 2**) titulada *Fragmentos del pensamiento evolutivo* se busca aprovechar la oportunidad de utilizar elementos históricos para la enseñanza de la evolución en las y los jóvenes del bachillerato para lograr que lean, polemiquen y escriban para que con ello puedan adquirir elementos para la formación del pensamiento crítico que se pretende lograr en ellas y ellos.

Es posible que propuestas como esta, permitan acercarlos al escenario histórico, mediante el acceso de primera mano a fragmentos de textos clásicos de los autores que fueron construyendo el pensamiento evolutivo y por medio de ello lograr además que tengan un bagaje cultural más amplio, al mismo tiempo que se pueda reforzar la enseñanza de la teoría evolutiva, incidiendo o promoviendo la formación de un pensamiento crítico con respecto a los procesos de construcción del conocimiento.

Como sabemos el pensamiento evolutivo que permite explicar científicamente la biodiversidad, la adaptación, el origen y la extinción de las especies, entre otros fenómenos biológicos ha transformado el concepto del mundo natural y se ha convertido en uno de los pilares fundamentales de biología (Jacob, 1997; Smocovitis, 1996, y Morin, 1999).

El pensamiento evolutivo como explicación de la transformación de los seres vivos, es considerado un *hecho* que no puede ser explicado por medio de

una sola teoría (Gould, 1981; Gregory, 2007; Fitzhugh, 2007). Es un pensamiento que se ha desarrollado paulatinamente a lo largo del tiempo y que se ha fortalecido gracias a las investigaciones y aportaciones de diferentes campos de la biología y científicos

El pensamiento evolutivo como explicación de la transformación de las especies, es un pensamiento que tiene alrededor de 200 años y ha transformado no sólo nuestra concepción acerca de la vida en la Tierra sino que ha impactado todos los ámbitos de la vida humana. Esto ocurre porque además de brindar una explicación científica de la biodiversidad, de la adaptación, del origen común de todos los seres vivos, de la extinción y otros fenómenos biológicos, el pensamiento evolutivo ha cambiado la visión estática y predeterminada del mundo. El reconocimiento de que todo se transforma y de que en el caso de lo viviente hay una explicación plausible del cambio deja fuera toda posibilidad de explicaciones sobrenaturales (Noguera y Ruiz, 2009).

Desde la primera explicación argumentada sobre la transformación de las especies hasta la actualidad han sido visibles las discusiones sobre: el mismo hecho de la evolución, las evidencias, los diferentes procesos naturales implicados en la transformación de las especies, los diferentes fenómenos evolutivos, las diferentes explicaciones sobre la transformación, y uno de los más polémicos la autonomía de la naturaleza y sus fenómenos naturales. Todo lo anterior debe ser parte de la enseñanza del pensamiento evolutivo, los fragmentos que se han sido escogido contienen parte de esos elementos y en ese sentido pueden reforzar la enseñanza de la evolución (Noguera y Ruiz, 2009).

En los fragmentos que se proponen como parte de la estrategia didáctica (*Fragmentos del pensamiento evolutivo*) se hacen visibles cada uno de esos

aspectos, tanto en la lectura como en los ejercicios que las acompañan.

Se han dado un orden cronológico, porque se considera que de esa manera se da cuenta del desarrollo del pensamiento evolutivo, y como puede ser obvio, el material *Fragmentos del pensamiento evolutivo* inicia con un fragmento del naturalista francés J. B. Lamarck.

Lamarck, publicó en 1809 la primera argumentación coherente, incluyendo un mecanismo a favor de la transformación de las especies. Desde 1802, había escrito en materiales que preparaba para sus clases, una preocupación por la integración de una ciencia que abarcara el estudio de todas las formas vivas, y que se definiera un conjunto de principios relativo a lo vivo. Este cuerpo de preceptos, de objetivos y propuestas las publicó Lamarck en uno de sus libros más importantes, la *Filosofía Zoológica*, 1809, el cual fue preparado con los materiales que tenía destinados para una obra sobre los cuerpos vivos, cuyo título sería *Biología*. La teoría sobre los cuerpos vivos o la biología debía contar con un conjunto de principios filosóficos que dieran cuenta del hecho más significativo de la vida: *su transformación* (Noguera y Ruiz, 2009).

En su *Filosofía zoológica*, 1809, Lamarck plantea que los fenómenos biológicos pueden explicarse en términos de causas naturales, al mismo tiempo consideraba que las características de los seres permitían su clasificación, por ello los avances en este campo eran notables, pero la investigación no podía limitarse exclusivamente a eso, propuso que habría que pasar de describir a los seres a explicar los procesos vitales, en este sentido, debía también preocuparse por el origen, la anatomía, la fisiología, el comportamiento, las relaciones con el medio, las estrategias de reproducción, entre otras. Esto es lo que significó para Lamarck hacer filosofía. La elaboración de los principios

filosóficos también debían explicar, las causas del estado en la organización de los seres tal como se observan y en el caso de los organismos de mayor complejidad el desarrollo de las facultades que presentan (Noguera y Ruiz, 2009).

En su argumentación sostenía que la vida se originaba por generación espontánea, la cual ocurría cada vez que los factores: calor, humedad, temperatura, nutrientes, campos magnéticos y eléctricos coincidían y hacían posible el surgimiento de formas simples, que denominaba *infusorios*, cuyas características, en términos de Lamarck eran “cuerpos amorfos, gelatinosos, transparentes, contráctiles y microscópicos”. (Lamarck, 1809: I, 273). A partir de dichas formas simples se iniciaba una serie de transformaciones que tendían hacia la formación de seres cada vez más complejos. De acuerdo a Lamarck, la vida tenía una tendencia interna a desarrollarse a partir de lo más simple a lo más complejo a través de una serie ordenada de eventos, un proceso que interactuaba con procesos más complicados relacionados con las influencias ambientales, ambos elementos, la influencia del ambiente y otros mecanismo como el cambio de hábitos, la herencia de caracteres adquiridos y la tendencia a la complejidad eran causas de la transformación de las especies.

En el esquema evolutivo de Lamarck, el linaje más antiguo, era el linaje del cual descienden los seres humanos, considerándolo el más avanzado. Por otro lado, los linajes de los organismos más simples son mucho más jóvenes, ya que son formas menos complejas. El punto inicial de todos los linajes en términos de Lamarck iniciaba a partir de un evento de generación espontánea distinto. En su interpretación, los seres humanos y los invertebrados, por ejemplo, no compartían un ancestro común, en este sentido y en lo que respecta a las causas de la transformación de las especies, la propuesta de

Darwin sería radicalmente diferente (Noguera y Ruiz, 2009).

Aunque la argumentación y la obra de Darwin sobre el proceso evolutivo es extenso el fragmento sobre la selección natural, el segundo del recurso didáctico puede dar cuenta de manera muy sintética de la propuesta radical de Darwin.

Sin embargo, la profunda diferencia y el indudable éxito de la propuesta darwiniana no implican desconocer o negar los grandes méritos de la primera propuesta que puso en entredicho el mito de la creación. Como puede constatarse al final del primer tomo de la *Filosofía zoológica*, y cuyos párrafos están incluidos en la propuesta didáctica; Lamarck no aceptaba que el creador hubiera “previsto todas las clases posibles de circunstancias dado a cada especie una organización constante, así como una forma determinada e invariable en sus partes...”. (Lamarck, 1809: I, 265). Con sus ideas, no sólo buscaba terminar con las creencias generalizadas sobre el mundo natural, sus principios de transformación también eran un instrumento para explicar la naturaleza del ser humano. Lamarck consideraba que la especie humana formaba parte de la transformación general de la vida, y sus atributos como la inteligencia y la razón, eran propiedades naturales que resultaban de la organización del sistema nervioso y podían ser investigadas en términos de causas naturales (Lamarck, 1809: I, 187).

Con la obra de Lamarck, la idea de evolución que hasta ese momento era interpretada, principalmente por los biólogos alemanes para referirse a los procesos del desarrollo embrionario, se convirtió en su significado actual de transformación de las especies y sería, con ese sentido, utilizado tanto por sus críticos como Charles Lyell como por los que simpatizaron con la idea de la transformación, como H. Spencer, a quien se le atribuye no sin razones, haber

divulgado el término de “evolución” en Inglaterra con un sentido de ‘progreso biológico’ (Noguera y Ruiz, 2009).

Cincuenta años después de las propuestas de Lamarck, Darwin publicó su teoría de la evolución por medio de la selección natural. En su libro *El origen de las especies*, 1859, establecía las ideas que revolucionarían el estudio de la vida: su origen, su transformación, su historia y su diversidad sobre el planeta. En la explicación darwinista todas las especies, pasadas y presentes comparten un ancestro común. Darwin rechazó la idea de que hubiera en la vida una tendencia inherente de evolución, en su lugar, propuso la explicación causal de evolución por variación y selección natural para explicar por qué los linajes cambian de manera sucesiva y por qué divergen unas formas de otras, dando origen a nuevas especies a partir de un juego de interacciones entre la variación que surge de manera aleatoria (en el sentido de que su origen no tiene ninguna relación con el proceso adaptativo) y las diferentes presiones ambientales (Noguera y Ruiz, 2009).

La propuesta de Lamarck tuvo poco impacto en su tiempo, Darwin la conoció en Edimburgo a través de su maestro Robert Grant; sin embargo, en la sociedad donde Darwin nació y vivió prevalecía la creencia de que cada especie había sido creada directamente por Dios. A partir de sus investigaciones sugirió una explicación natural para el origen de las especies. Tanto él como su obra se convertirían un siglo y medio después en el icono de las ideas de la transformación de las especies (Noguera y Ruiz, 2009).

La explicación de Darwin está elaborada a partir de las siguientes ideas centrales: 1) todas las especies producen una gran cantidad de descendencia, 2) los recursos naturales para sostener a las poblaciones naturales son limitados, 3) todas las poblaciones tienen individuos con diferencias

heredables, 4) no todos los individuos pueden sobrevivir y dejar descendencia. Concluye que las variaciones provocan las diferencias en la capacidad individual de sobrevivencia y reproducción (Noguera y Ruiz, 2009).

De estas ideas, la variación heredable (o las diferencias individuales entre un organismo y otro) es uno de los elementos primordiales para que las poblaciones naturales evolucionen. En su vida cotidiana cada especie necesita de un espacio y de recursos (como alimentos, nutrientes, agua) para vivir, al mismo tiempo cada organismo interacciona con los elementos de su ambiente: clima, condiciones del terreno, depredadores, enfermedades, desastres naturales, entre otros. Si la descendencia de cada especie lograra vivir hasta la edad reproductiva y dejara descendencia, en pocos años poblarían la superficie de la tierra; sin embargo, vemos que eso no ocurre, pocos individuos de las diferentes especies son los que logran vivir y reproducirse, y lo hacen porque son ellos los que tienen variación heredable, ventajas adaptativas que les confieren ventajas y logran vivir y reproducirse, al hacerlo heredan a su descendencia esas características adaptativas. A este proceso de conservación de características adaptativas y eliminación de características desfavorables fue a lo que Darwin llamó selección natural o reproducción diferencial. Ideas que están sintetizadas en los últimos párrafos del capítulo IV del *Origen de las especies*, y que han sido incorporadas a la Propuesta didáctica.

El argumento de Darwin fue acompañado de una gran cantidad de evidencia y fue publicado en 1859; después de que recibiera una carta de un joven naturalista que estaba investigando las causas de la transformación de las especies, cuyas ideas había redactado en un manuscrito enviado en 1858 a Darwin, quien vio en el manuscrito una teoría muy cercana a la que él había

trabajado durante cerca de 20 años. Ese joven naturalista era Alfred Russel Wallace, años más tarde se convertiría en el más entusiasta defensor del darwinismo y la evolución.

La tercera lectura del recurso didáctico es un fragmento de uno de los trabajos más importantes de Wallace, “La tendencia de las variaciones a alejarse indefinidamente del tipo original”, 1858. Escrito breve que contiene las ideas centrales de la transformación de las especies basada en la existencia de variedades naturales, algunas de cuales tendrán la oportunidad de sobrevivir ante las cambiantes condiciones ambientales, para Wallace un organismo más que competir entre sus congéneres compite contra las condiciones ambientales y en esa lucha por la existencia se eliminan los individuos, viejos enfermos y jóvenes.

Wallace hizo otras grandes aportaciones a la biología, entre ellas están por ejemplo, sus explicaciones sobre el mecanismo de la transformación de las especies, el cual, diversos autores se han encargado de analizar y comparar con la propuesta de Darwin y aunque diferentes en sus elementos centrales, coinciden en argumentar a favor de la transformación natural y gradual de las especies (Rodríguez y Noguera, 2012). Otras de sus contribuciones elaboradas con fines evolutivos es la coloración aposemática y lo que actualmente se conoce como “el efecto Wallace”. Lo primero es sobre la evolución de la coloración protectora animal, y lo segundo es una explicación sobre la forma de interpretar la selección natural en el aislamiento reproductivo de especies cuando el proceso de especiación inicia, en otras palabras Wallace consideraba que la selección natural era una fuerza que promovía las barreras reproductivas en los procesos de hibridación (Rodríguez y Noguera, 2012).

Sin duda, por sí solo, sus investigaciones sobre la distribución geográfica

hubieran sido suficientes para darle un lugar importante en la historia de la biología, gracias a sus observaciones y a su trabajo de campo sobre la distribución geográfica de las especies, se le ha llegado a considerar, el padre de la biogeografía (Rodríguez y Noguera, 2012).

En 1973, Th, Dobzhansky, sintetizó los avances de la biología evolutiva en una de las frases más famosas de la biología “nada en biología tiene sentido, sino es a la luz de la evolución”, en un escrito cuyo fragmento conforma la cuarta lectura de este recurso didáctico. Escrito en el que además muestra la aparente paradoja entre la unidad y la diversidad de la vida. Como sabemos Dobzhansky es uno de los constructores de la teoría sintética o teoría moderna de la evolución, teoría que integra las ideas de Darwin con el desarrollo de la genética, ciencia que ha logrado explicar con gran detalle las causas de la variación, entre las más importantes la mutación y la recombinación genética.

La idea original de diversificación a partir de un ancestro común de Darwin ha sido fortalecida en más de 150 años de investigación biológica, la máxima expresión de la sencillez de esta idea, es la propuesta de la biología moderna que ha sugerido como ancestro primordial a LUCA, por sus siglas en Inglés (the Last Universal Common Ancestor) (Gouy y Chaussidon, 2008), que denominamos como el ancestro común universal, a partir del cual, mediante la variación y la selección natural, la vida se ha diversificado a veces gradualmente pero en otras ocasiones a pasos agigantados.

Esa imagen de la evolución y algunas implicaciones que se derivan de ella como la gradualidad y el papel central de la selección natural ha sido duramente cuestionada desde el siglo XX.

El árbol de la vida que se ramifica gradualmente y que había sido

establecido por Darwin, fue cuestionada por N. G. Eldredge y S. J. Gould (1972), ambos sugirieron cambiar la suavidad de los trazos por una imagen de trazos asimétricos que reflejan distintas velocidades evolutiva, una propuesta que ha sido conocida como la teoría del equilibrio puntuado, sin embargo, más que ser contraria al darwinismo se considera hoy una teoría complementaria del proceso evolutivo, para dar cuenta de estas ideas de Eldreg y Gould se ha incluido el un pequeño fragmento de la obra de Gould *La estructura de la teoría de la Evolución*, 2004.

Una segunda crítica al darwinismo ha sido planteada desde la biología molecular, en especial, la propuesta de Motoo Kimura sobre la teoría neutral de evolución, ideas planteadas en su libro *The Neutral Theory of Molecular Evolution*: Motoo Kimura (1983); de cuya obra se ha extraído un fragmento en el que se resaltan los dos elementos preponderantes de la teoría de evolución molecular: la mutación como una fuerza importante de evolución y el papel de la derivan genética, ambas actuando de manera continua a nivel molecular.

2.1. El contenido de la propuesta

La propuesta (**Anexo 2**) incluye seis lecturas, pequeños fragmentos de 6 autores importantes en la construcción de la teoría evolutiva, el orden de las lecturas sigue una secuencia cronológica. Los fragmentos seleccionados han sido tomados de las obras más importantes de: Jean Baptiste Lamarck, Charles Darwin, Alfred Russel Wallace, Theodosius Dobzhansky, Motoo Kimura y Stephen Jay Gould, todos ellos han aportado ideas a las explicaciones del pensamiento evolutivo. Se ha procurado que los fragmentos fueran aquellos en donde se expresan de manera clara y accesible algunas de sus ideas más importantes.

Los autores se seleccionaron por la importancia de su trabajo y

aportación a la teoría evolutiva, por el tiempo de que se disponía en la elaboración de este trabajo han quedado fuera algunas lecturas del pensamiento evolutivo que son muy importantes, como por ejemplo la propuesta de simbiogénesis de Lynn Margulis, y las ideas más cercanas como Evo-Devo y transferencia horizontal de genes.

En concreto la propuesta didáctica (**Anexo 2**), titulado “Fragmentos del pensamiento evolutivo” incluye fragmentos de las siguientes lecturas:

1) *Filosofía Zoológica*: J. B. Lamarck, (1809).

El ejercicio consiste en un cuestionario y la elaboración de un cuadro comparativo entre las ideas fijistas y las ideas transformistas de Lamarck.

2) *Sobre la tendencia de las variedades a alejarse indefinidamente del tipo original*: Wallace. A. R. (1858).

El ejercicio consiste en responder un breve cuestionario.

3) *El Origen de las especies*: Charles Darwin. (1859).

El ejercicio consta de la resolución de un crucigrama y la representación del árbol de la vida planteado por Darwin en la lectura.

4) *Nothing in biology makes sense except in the light of evolution*. Theodosius Dobzhansky (1973).

El ejercicio consiste en elaborar, con algunas palabras clave un mapa conceptual que explique las ideas principales de la lectura.

5) *The Neutral Theory of Molecular Evolution*: Motoo Kimura. (1983).

El ejercicio consiste en identificar, de una serie de afirmaciones aquellas que están relacionadas con la lectura y un breve cuestionario

6) *La estructura de la teoría de la evolución*. Stephen Jay Gould (2004).

El ejercicio consiste en hacer una representación gráfica de la teoría del equilibrio puntuado.

Para conocer la eficacia del material se realiza un cuestionario inicial (**Anexo 1**) que permite identificar las concepciones alternativas sobre la evolución que tiene el grupo al que se aplicará la estrategia. De acuerdo con los resultados de las actividades y los cuestionarios del manual, y posteriormente se evaluaron los resultados de la aplicación de ésta misma.

Es necesario la búsqueda de diferentes propuestas didácticas para la enseñanza de la biología y de los temas que más dificultades presentan en su comprensión, como lo es el pensamiento evolutivo, ya que por lo general las y los estudiantes que ingresan al bachillerato no tienen una definición clara de su profesión futura, por lo que es indispensable lograr en ellos una formación integral y una amplia cultura general al ser un ciclo tanto formativo como de especialización del alumno, la enseñanza de las ciencias en el bachillerato es importante, ya que independientemente de que se decidan por un bachillerato propedéutico o terminal, el objetivo debe ser proporcionarles una amplia cultura científica. Por tal razón, en la enseñanza de la biología, deben buscarse formas efectivas de enseñanza, ya que su aprendizaje formará parte importante de su formación integral. El recurso (**Anexo 2: “Fragmentos del pensamiento evolutivo”**) que se presenta en este trabajo tiene la ventaja de poder realizarse fuera del aula y sin afectar las horas destinadas a cada uno de los temas del programa.

CAPÍTULO 3

Aplicación de la estrategia didáctica

1. 1. Validación de la estrategia

La aplicación de la estrategia se realizó tomando en cuenta las bases psicopedagógicas del aprendizaje:

-Se organizó la información de manera que las y los alumnos puedan relacionar, de una manera significativa, la nueva información con el conocimiento ya existente, ayudándolo a relacionar ambas informaciones, como sugiere David P. Ausubel, 1964.

En esta investigación se trabajó con 5 grupos, tres experimentales y dos grupos control o testigo. La estrategia se aplicó a los tres grupos experimentales, se tuvo un número aproximado de 50 alumnos y alumnas en la muestra del grupo experimental y 40 del grupo control.

Todos los grupos contaron con sus profesores titulares durante todo el semestre, la intervención fue únicamente en los grupos experimentales, en la unidad de evolución. En los grupos testigo sólo se aplicaron el pre-test y post-test, respectivamente.

La prueba se realizó en el CCH-Sur, con alumnos del cuarto semestre, durante el 2010-2011, en la materia de Biología II, en donde se imparte el tema de evolución.

El tema de evolución se aborda en la asignatura de Biología II en la Unidad titulada: “¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas vivos?”, con un tiempo asignado de 40 horas de clase (Plan de

estudios CCH, 1996).

Al finalizar la unidad se pretende que el alumno identifique los mecanismos que han favorecido la diversificación de los sistemas vivos, a través del análisis de las teorías que explican su origen y evolución, para que comprendan que la biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo.

En el aspecto disciplinario se propone un enfoque basado en cuatro ejes complementarios, de los que resalto los primeros dos:

El primero es un pensamiento evolucionista, que explica las características, procesos y mecanismos de los sistemas vivos. Este pensamiento le da independencia al discurso biológico frente a otros, de esto depende la autonomía de la biología como ciencia.

En segundo es el análisis histórico que brinda una visión amplia del quehacer científico, contribuye al análisis de diferentes conceptos y teoría de esta ciencia considerando el contexto social, metodológico e ideológico de cada uno de ellas, esto ayuda a comprender diferentes explicaciones científicas.

Con base en los cuatro ejes los programas de Biología I y II, responden a las interrogantes: ¿qué?, ¿cómo?, ¿por qué?, de las cuales ésta última hace referencia a los aspectos evolutivos que tienen que ver con las características y funciones de los seres vivos (causas remotas o últimas) (*Plan de estudios CCH, 1996*).

Antes de iniciar la propuesta didáctica, se les aplicó un instrumento de evaluación cuyo contenido sólo pretende investigar conceptos básicos de evolución, denominado Pre-test. (**Anexo 1**), preguntas que desde luego pueden mejorarse para una mejor apreciación del conocimiento de los alumnos.

Desarrollo: En la unidad de evolución se llevó a cabo la impartición de la clase en los grupos experimentales y la aplicación de la estrategia. El recurso de las lecturas y ejercicios, se trabajaron organizando equipos, en el salón y de forma individual para trabajo en casa.

Evaluación: En ambos casos se revisaron los ejercicios, se expusieron las respuestas individuales y por equipo y se llegó a una conclusión. Después de aplicar la propuesta didáctica (**Anexo 2**) las y los alumnos contestaron de nueva cuenta el instrumento, denominado Post-test (**Anexo 1**); en esta actividad el número de participantes cambió, por cuestiones de asistencia por ser final de semestre de 30 para el grupo control y 40 para el experimental. Ambas pruebas se compararon entre sí para identificar el cambio en el porcentaje de las respuestas válidas. Las preguntas del instrumento de evaluación están divididas en tres secciones:

La primera se refiere a conceptos básicos de evolución. La segunda parte indaga que saben acerca de las evidencias de la evolución. La tercera se enfoca a su conocimiento sobre los autores que han construido el pensamiento evolutivo. Cabe mencionar que por cuestiones de tiempo, fue necesario aplicar el post-test, sin incluir en la propuesta una lectura de un fragmento de la obra de Lynn Margullis, que me parece muy importante.

Parte I

En la pregunta número 1 y 2 se investiga lo que los y las alumnas piensan acerca de la transformación de las especies y sus variaciones.

En la pregunta 3 se pretende investigar si consideran que la formación de nuevas especies es parte del proceso evolutivo.

En la pregunta 4 nos permite saber si reconocen el papel que juega el azar en las mutaciones y que por lo tanto no es un proceso dirigido hacia las

necesidades de los individuos de una población, en el sentido de que las mutaciones no surgen para ser útiles en el proceso evolutivo.

La pregunta 5, tiene el objetivo de distinguir si consideran a la extinción como parte del proceso evolutivo.

La pregunta 6, pone de manifiesto si consideran a la Biodiversidad como resultado de la evolución.

En el reactivo 7 y 9 deben identificar el concepto de Selección Natural.

En el reactivo 8 se valora cuál es su concepto de mutación.

Las preguntas 10 y 11, tienen el objetivo de saber si tienen una idea correcta de los tiempos geológicos.

Parte II

Mediante imágenes deben identificar algunas evidencias de la evolución y cómo se han interpretado.

Parte III

En la tercera parte se indaga qué tanto conocen sobre el proceso dinámico de la construcción del pensamiento evolutivo, y si tienen claro que en la construcción del pensamiento evolutivo han participado a lo largo de los años diversos autores que han propuesto explicaciones sobre el proceso evolutivo.

Una tarea pendiente en el diseño y validación de la propuesta es el conjunto de respuestas válidas para cada uno de los ejercicios que se proponen al final de cada lectura, un material mucho más adecuado y terminado deberá contener al final de la estrategia las respuestas correctas para que los alumnos puedan comparar sus resultados y de esta manera la propuesta didáctica favorezcan con mayor eficacia el auto-aprendizaje.

CAPÍTULO 4

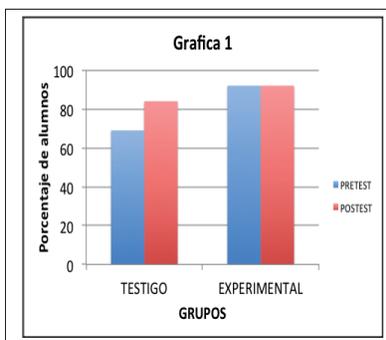
RESULTADOS,

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

En las gráficas se presenta el porcentaje de estudiantes que dieron una respuesta válida con respecto a cada uno de los conceptos evolutivos. El número de la gráfica corresponde al número de pregunta en la Parte I.

Pregunta 1. ¿Consideras que todas las especies que existen hoy han existido siempre?

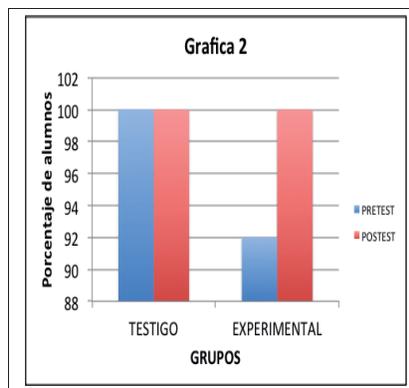
En la **Gráfica 1** puede observarse que tanto en los grupos testigo como experimentales se considera que algunas especies han desaparecido y otras han surgido, tanto antes como después de aplicar la prueba.



Gráfica 1. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida pregunta 1.

Pregunta 2. Las especies de acuerdo a tus conocimientos: Han permanecido sin cambios, o han cambiado a través del tiempo.

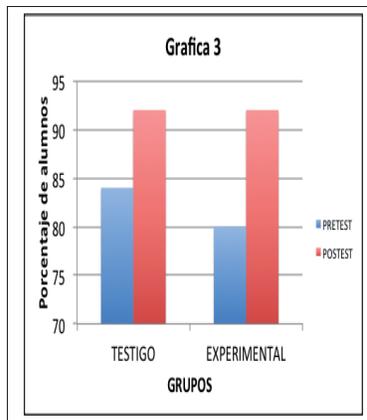
La **Gráfica 2** muestra que los grupos a los que se les aplicó la prueba tienen claro que las especies han se han transformado a lo largo del tiempo, la respuesta fue de forma más clara en los grupos testigo. Los experimentales muestran un cambio evidente en este concepto después de la aplicación de la estrategia.



Gráfica 2. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida en la pregunta 2.

Pregunta3. ¿La evolución se puede considerar como cambios que generan la formación de nuevas especies?

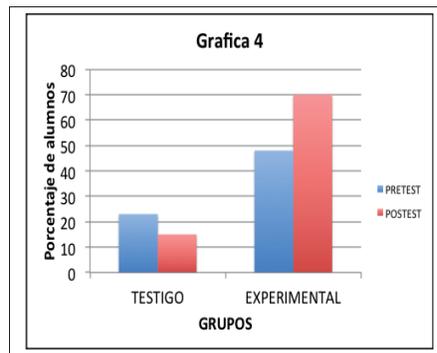
La **Gráfica3** pone en evidencia que los alumnos consideran la especiación como parte del proceso evolutivo, tanto en los grupos control como en los grupos de prueba incrementándose el porcentaje de alumnos con respuestas válidas en ambos grupos en el post-test.



Gráfica 3. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida pregunta 3.

Pregunta 4. Las variaciones heredables que presentan los individuos de una población se deben a: la influencia del ambiente o a las mutaciones al azar en el material genético.

En la **Gráfica 4**, es posible observar que en el grupo experimental menos del 50% tienen un pensamiento teleológico y finalista y esta postura cambia después de aplicar la estrategia en un poco más de 20%.

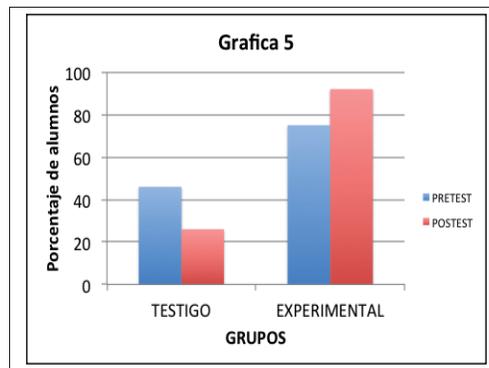


Gráfica 4. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida pregunta 4.

Pregunta 5. ¿Consideras a la extinción como parte del proceso evolutivo y por qué?

En la **Gráfica 5**, es posible ver que en el grupo experimental más de la mitad del grupo, tiene claro que la extinción es parte del proceso evolutivo y

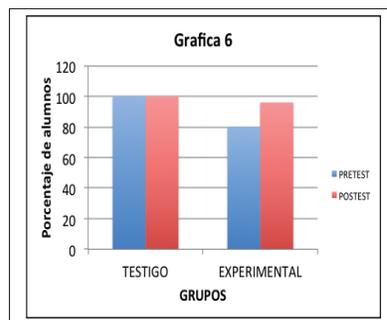
esto se reafirmó con la aplicación de la estrategia, obteniéndose mejores resultados en el pos-test, del grupo experimental aumentando el porcentaje de alumnos con respuesta acertada.



Gráfica 5. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida pregunta 5.

Pregunta 6. ¿Es la biodiversidad resultado de la evolución? Sí o No

La **Gráfica 6** pone en evidencia que los alumnos del grupo testigo consideran a la biodiversidad como resultado de la evolución. En los grupos experimentales antes de la estrategia existía un alto porcentaje con la respuesta válida y después de la estrategia se obtuvo el 100% con respuesta válida.

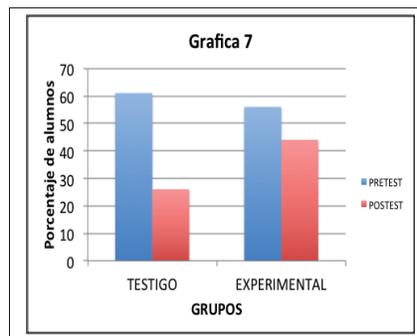


Gráfica 6. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida pregunta 6.

Pregunta 7. La acumulación de variaciones favorables que permiten la supervivencia y la reproducción de los individuos de una población en ciertas

condiciones de vida se denomina: Variación, Especiación o Selección natural

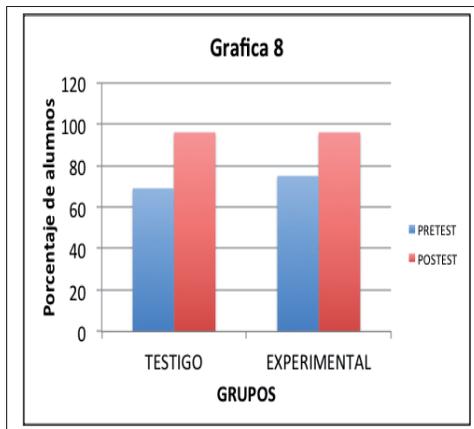
En la **Gráfica 7**, puede observarse que no hay una idea clara del concepto de Selección Natural, ya que en el pre-test solo el 60% como máximo tiene una respuesta válida y este porcentaje desciende en el post-test- en ambos grupos. Esto mismo sucede con la respuesta 9, razón por la que no se presenta la gráfica.



Gráfica 7. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida pregunta 7.

Pregunta 8. Las mutaciones son: Cambios que se presentan en los genes, cambios a nivel celular, o cambios que se presentan en cualquier parte del organismo.

En la **Gráfica 8**, se observa que el concepto de mutación no parece ser un problema en ambos grupos, mejorando de cualquier modo hasta casi el 100% en los resultados del post-test.

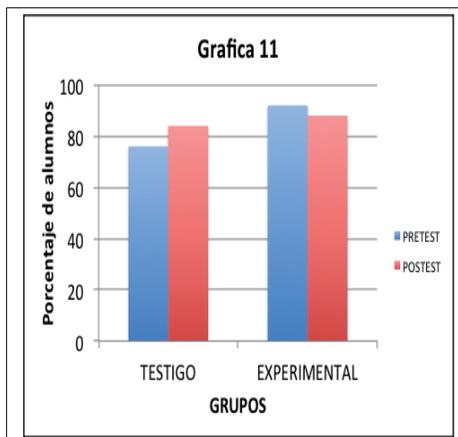


Gráfica 8. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida para 8.

Pregunta 10. La edad de la tierra es de: 450 años, 450000 años o 4500 millones de años.

Pregunta 11. La vida en la tierra se inició hace: 350 años, 35000 años, 3500 millones de años.

En la **Gráfica 11**, se presentan los resultados de las respuestas 10 y 11, en ella es posible observar que el concepto del tiempo geológico no representa, mayor problema en las concepciones evolutivas de los alumnos a los que se le aplicó la prueba, ni antes ni después de aplicar la estrategia.



Gráfica 11. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida para las preguntas: 10 y 11.

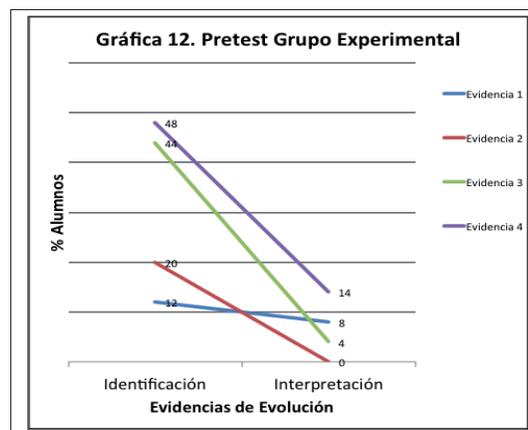
Parte II

Esta prueba nos ofrece la oportunidad de apreciar el conocimiento que las y los alumnos tienen acerca de las evidencias de la evolución y su interpretación.

Se muestran imágenes que representan cuatro evidencias de evolución, en el inciso uno se le solicita que mencionen la evidencia que se representa y en el inciso dos cuál es su interpretación

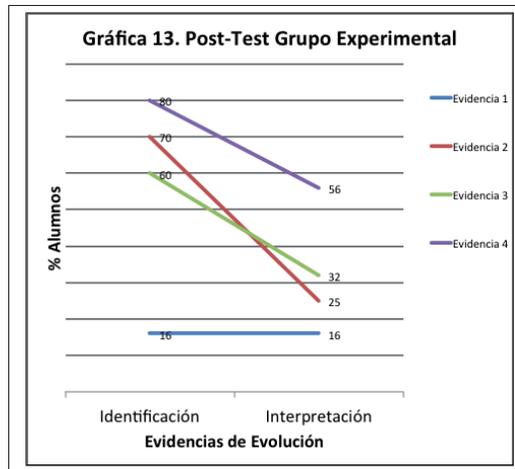
En la **gráfica 12** se muestra en el extremo izquierdo el porcentaje pre-test de estudiantes del grupo experimental que identifican las evidencias evolutivas y en el extremo derecho el porcentaje de alumnos que identifican cuál es la interpretación correcta de la misma. En la **gráfica 13**, se presentan los resultados del post-test.

Las evidencias que se presentaron fueron: 1) Anatómicas, 2) Embriológicas, 3) Molecular y 4) Paleontológicas.



Gráfica 12. Porcentaje de estudiantes que identificaron la evidencia (izquierda) y conocían la interpretación (derecha) en el grupo experimental pre-test.

Puede observarse que menos de la mitad del grupo en el pre-test identificaron las evidencias de evolución, pero el porcentaje de alumnos que fueron capaces de interpretarlas no es satisfactorio.

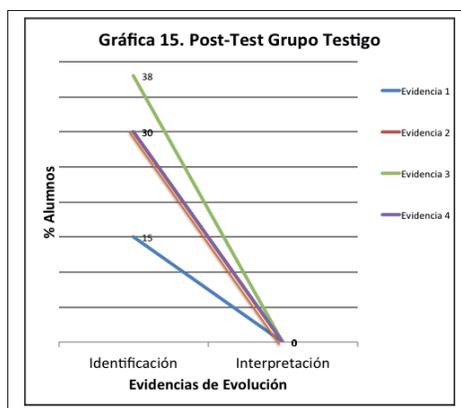


Gráfica 13. Porcentaje de estudiantes que identificaron (izquierda) y conocían la interpretación (derecha) en el grupo experimental en el post-test.

En el post-test las y los alumnos que identificaron las evidencias se incrementó considerablemente, también se incrementó el porcentaje de alumnos que hicieron una interpretación correcta, en especial a la de los fósiles. La más difícil fue reconocer la evidencia anatómica.

La **gráfica 14** que corresponde al pre-test del grupo testigo no se presenta por que se consideró que de acuerdo a las respuestas ninguno pudo identificar las evidencias de evolución.

La gráfica 15. Correspondiente al post-test del grupo testigo muestra que en éstos grupos fueron pocos los que identificaron las evidencias y ninguno conocía su interpretación.

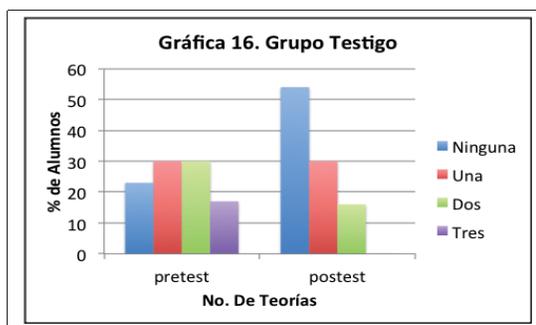


Gráfica 15. Porcentaje de estudiantes que identificaron (izquierda) y conocían la interpretación de las evidencias de evolución (derecha).

Parte III

Esta parte del instrumento tiene como único objetivo investigar si los y las alumnas reconocen que el pensamiento evolutivo moderno se ha ido construyendo con las aportaciones de diferentes autores en diferentes momentos históricos y así mismo, recabar información para saber si consideran a la evolución como hecho, teoría o explicación, fundamentando su respuesta.

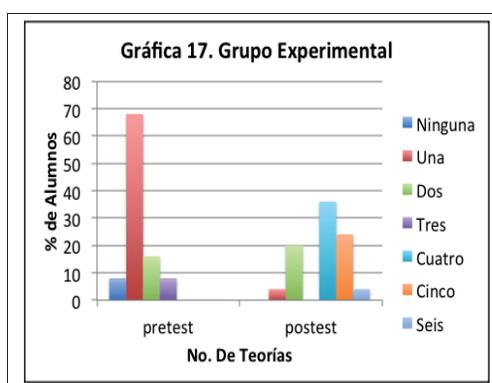
La gráfica 16, Muestra que el grupo testigo tanto en el pre como en el post-test solo hacen mención máximo de tres teorías, reconociendo sólo a tres autores: Lamarck, Darwin y Wallace.



Gráfica 16. Porcentaje de estudiantes del grupo testigo que identifican sólo tres autores (Lamarck, Darwin y Wallace).

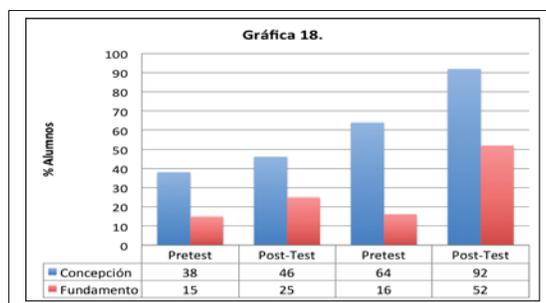
En la **gráfica 17** se muestra que en los grupos experimentales se logró dar a conocer a las y los alumnos a otros autores que han participado en la construcción del pensamiento evolutivo. En el pre-test la mayoría solo mencionó a Darwin, aunque algunos mencionaron a Wallace y a Lamarck.

En el post- test la mayoría mencionó entre 2, 4 y 5 teorías, mencionando a los diferentes autores que leyeron: Lamarck, Darwin, Wallace, Dobzhansky y Kimura, los principales.



Gráfica 17. Porcentaje de estudiantes del grupo experimental que identifican diferentes autores relacionados con la evolución.

En la **Gráfica 18** se presentan los resultados a la pregunta dos de la Parte III, en donde se pretende conocer la concepción del término de **Evolución**, en los alumnos del bachillerato. En los primeros dos grupos de barras (azul-concepto) y (rojo-fundamento) se presentan los resultados del pre y post-test de los grupos testigo en donde aún después del post- test sólo un 46% consideró a la evolución como un hecho, aunque no pudieron fundamentarlo de manera satisfactoria.



Gráfica 18. Porcentaje de estudiantes con respuesta válida para la pregunta (azul) y su fundamentación (rojo).

Los dos grupos siguientes muestran los resultados de los grupos experimentales, en donde puede observarse un cambio del 64% al 92% de alumnos que consideraron a la evolución como un hecho. Sin embargo no fueron capaces de fundamentar su respuesta. De cualquier manera es un resultado optimista de acuerdo con los objetivos planteados.

La propuesta didáctica (**Anexo II**) elaborada en este trabajo tiene la intención de que las y los alumnos conozcan por medio de lecturas las ideas de distintos autores sobre las explicaciones evolutivas, lo cual permite no sólo la práctica de la lectura en sí, sino el acceso directo a los textos originales, evitando las interpretaciones realizadas por diferentes autores de libros de texto en donde con frecuencia el lenguaje utilizado conduce a la concepción errónea de la evolución biológica.

Las 10 horas destinadas a la enseñanza de la evolución en el programa del CCH, son insuficientes para lograr un aprendizaje significativo en los estudiantes del bachillerato. Por ésta razón, el diseño de esta estrategia además de fortalecer el aprendizaje de los alumnos tiene la ventaja de que los alumnos puedan realizar las lecturas no sólo en el salón de clase, sino a manera de tareas como cierre en algunos temas. De ésta manera se optimiza el tiempo para explicaciones y aclaraciones de los conceptos más difíciles.

Por lo que se puede obtener del análisis de las gráficas, los datos en los que se observa un cambio significativo en cuanto a respuestas válidas se da principalmente en la **Parte I** en lo referente al concepto de especiación, adaptación y extinción probablemente debido a que las lecturas permiten al alumno el establecimiento de un diálogo entre las diversas teorías y les permite tener una visión más amplia y crítica de cada una de ellas.

La **Parte II** es quizá la que tiene la respuesta más satisfactoria ante el reconocimiento de las evidencias que existen del hecho evolutivo, sin embargo en cuanto a la interpretación no se cubrieron las expectativas por lo que se sugiere incorporar una lectura que facilite la interpretación correcta de las evidencias evolutivas: (anatómicas, moleculares, paleontológicas, embriológicas).

Sin duda la **Parte III** es la de resultados más significativos, en ella se observa que los alumnos logran reconocer la participación de otros autores (entre ellos: Kimura y Dobzhansky, además de Wallace y Lamarck), en la construcción del pensamiento evolutivo, mientras que en los grupos testigo sólo se asocia la teoría de la evolución a Darwin.

Lo anterior refuerza la idea de que resulta favorable el hecho de saber que diferentes trabajos pueden llegar a un mismo punto (Sanz, 2007), desde diferentes puntos de vista y contando con diferentes elementos. Con ello se logra además que las y los alumnos fortalezcan los contenidos actitudinales de la materia. Este es un resultado esperanzador debido a que puede reflejar que el leer a diferentes autores que han participado aportando algo a la construcción del pensamiento evolutivo, es interpretado por los alumnos como una teoría que complementa la explicación al hecho del cambio de los seres vivos en el tiempo.

Cesar Coll (1987) señala que para obtener un aprendizaje significativo es importante la presencia de dos componentes: la elección de conceptos clave para el tema, y la elaboración de actividades con un componente significativo. Éstas actividades deben estar pensadas atendiendo al desarrollo cognitivo de los jóvenes, de tal manera que esto no resulte un obstáculo en la comprensión del concepto mismo debido a su complejidad, tal y como se hace mención en investigaciones anteriores.

La lectura de Lamarck, hace posible que identifiquen lo que en los libros de texto interpretan como “el error” de Lamarck, sin embargo, ese “error” fue un paso importante ya que puso en duda y cuestionó la visión creacionista y fijista de la naturaleza, fue a partir de los planteamientos de Lamarck que empezó a considerar que las especies se transforman a lo largo del tiempo, aunque en su momento no contó con elementos para poder dar una explicación certera al origen de dichos cambios.

El ejercicio relacionado con el fragmento de la lectura de “Filosofía Zoológica” les permite establecer una comparación entre las ideas que en ese tiempo eran consideradas como las “admitidas” y las conclusiones hechas por Lamarck en cuanto al origen y organización de los organismos y la relación organismo-ambiente. Esto les hace reflexionar sobre la importancia de las ideas propuestas por Lamarck.

Por medio del crucigrama que corresponde al fragmento de “El Origen de las Especies”, identificaron los conceptos fundamentales de la teoría de Darwin y fueron capaces de hacer una interpretación del texto para comprender dichos conceptos y ubicarlos en el crucigrama, aunado a esto se logró identificar que en los libros de texto se hace una interpretación de “ el más fuerte”, cuando la idea de Darwin es “la variación favorable que aumenta

la capacidad reproductiva”, es la que permite la supervivencia en la “lucha por la existencia”.

La segunda parte del ejercicio que corresponde la representación del árbol con la que Darwin explica su teoría, fue menos complicada y le facilitó la comprensión de los conceptos de especiación y extinción, principalmente.

El cuestionario del fragmento de “Sobre la tendencia de las variedades a alejarse indefinidamente del tipo original” les hizo establecer las relaciones entre el pensamiento de Darwin y Wallace, identificando las similitudes y reforzar los conceptos de la teoría de la Selección natural.

En el fragmento de la lectura de Dobzhansky “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”, el ejercicio del mapa conceptual, le permitió identificar las características que unifican y diversifican a los seres vivos, a la luz de los conocimientos de genética como la estructura del DNA y RNA, los aminoácidos y los nucleótidos, todos ellos relacionándolos con la idea de ancestro común, la especiación y la extinción.

Con la lectura de Motoo Kimura, se logró que entendieran la explicación de Kimura sobre las mutaciones y uno de los papeles que juega el azar en el cambio evolutivo.

Finalmente con el fragmento de Gould “La estructura de la teoría de la evolución” pudieron identificar los procesos a los que Gould llamó éstasis y especiación.

Este trabajo estuvo enfocado en lecturas que son clave en la construcción del pensamiento evolutivo y en actividades diseñadas para que los alumnos descubran el significado de los diferentes conceptos evolutivos, que propicie en ellos la discusión, que establezcan relaciones entre ellos, los

integren y lleguen a sus propias conclusiones.

De ésta manera, se considera que se puede iniciar en ellos el desarrollo de un pensamiento crítico.

Al concluir la aplicación de la estrategia y observando los resultados obtenidos, podemos mencionar que se han logrado resultados satisfactorios, cada una de las lecturas permitió conocer diferentes aspectos del pensamiento evolutivo y analizar los elementos que cada uno aportó de acuerdo a las circunstancias.

Aunque es un hecho que debemos buscar las lecturas que permitan mejorar la interpretación de las evidencias de evolución, que fue en donde se presentaron las mayores dificultades. De cualquier manera la complejidad del pensamiento evolutivo, debe generar cada día la búsqueda de mayor número de estrategias para lograr su interpretación correcta, con la participación de los alumnos como eje principal y algunos otros que amplíen el panorama explicativo, por ejemplo, información sobre los procesos de simbiogénesis, Evo-Devo, transferencia horizontal de genes y epigénesis, entre otros.

Es necesario que sean las y los alumnos los que por sí mismos indaguen el significado de los conceptos evolutivos. El acercamiento a los textos originales, permite conocer las ideas tal y como fueron presentadas por los autores; esto fortalece la idea de que no deben aprender los conceptos y teorías como un hecho acabado sino como resultado de un proceso en el que intervienen factores científicos y sociales

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la evolución y de la ciencia en general, debe ser abordado desde diferentes aspectos,tales como el cognitivo, psicológico, pedagógico y disciplinario, especialmente en los adolescentes.

Es necesario que las y los profesores de Biología se actualicen no

solamente desde la disciplina, sino en el aspecto pedagógico, didáctico y psicológico.

De ésta forma es posible dar un paso adelante en el proceso de enseñanza-aprendizaje de manera integral, de la ciencia en general y de la evolución en particular.

CONCLUSIONES

Es evidente al concluir este trabajo, que el diseño de una estrategia didáctica debe tener muy clara la meta que se pretende lograr. Para que ésta estrategia tenga los resultados esperados son fundamentales las bases psicopedagógicas y las teorías que fundamentan el modelo de enseñanza a seguir tomando en cuenta el tipo de aprendizaje que se pretende lograr en los alumnos. Y sobre todo las características del contenido que se pretende que comprendan.

En el aprendizaje colaborativo los alumnos pueden intercambiar ideas con sus compañeros y son capaces de discutir cada uno su punto de vista para finalmente llegar a acuerdo y sacar conclusiones.

El seguimiento de las y los alumnos durante la aplicación de la estrategia y por medio de los resultados obtenidos en el post-test, permite identificar que los alumnos a los que se les aplicó la estrategia llegaron a considerar que la evolución es un hecho y que ha sido demostrado con diversas explicaciones a lo largo del tiempo.

De acuerdo con el programa del CCH, las 10 horas destinadas a la enseñanza de la evolución son insuficientes para lograr un aprendizaje significativo. Por ésta razón, el diseño de esta estrategia además de fortalecer el aprendizaje de las y los alumnos, tiene la ventaja de que puedan realizar las lecturas no sólo en el salón de clase, sino a manera de tareas como cierre en algunos temas. De ésta manera se optimiza el tiempo para explicaciones y aclaraciones de los conceptos más difíciles.

Entre los resultados más satisfactorios, se encuentra el que los y las alumnas dejaron de pensar en Darwin como el único autor de la teoría de la

evolución e incorporaron en su aprendizaje a los autores leídos, en especial, a Kimura, Dobzhansky y Gould, además de que profundizaron en las ideas de Wallace y Lamarck.

Lo anterior refuerza la idea de que les resulta favorable el hecho de saber que diferentes trabajos convergen en una misma problemática: la transformación de las especies, desde diferentes puntos de vista y desde diferentes metodologías. Con ello se logra además que fortalezcan los contenidos actitudinales de la materia.

Este es un resultado esperanzador debido a que la práctica de la lectura de diferentes autores amplía las nociones explicativas sobre la transformación de las especies.

Como algunos de los autores, mencionados en esta tesis, han señalado: para obtener un aprendizaje significativo es importante la presencia de dos componentes, la elección de conceptos clave para el tema y la elaboración de actividades que promuevan un aprendizaje significativo. Estas actividades deben estar pensadas atendiendo al desarrollo cognitivo de los jóvenes, de tal manera que esto no resulte un obstáculo en la comprensión del concepto mismo debido a su complejidad, tal y como se hace mención en investigaciones anteriores.

A los fragmentos y ejercicios podrían hacerse algunas adaptaciones para mejorar los resultados, tales como: Reducir el número de páginas de algunos fragmentos en especial el de Wallace. Agregar un fragmento de Lynn Margullis y la teoría endosimbiótica. Agregar algunos facilitadores para una mejor comprensión de la lectura, como por ejemplo pies de página que aclaren el significado de palabras de difícil comprensión; y agregar en los ejercicios que acompañan a cada lectura las respuestas correctas para que los alumnos

puedan compararlas con sus respuestas.

REFERENCIAS

- Alexander, Denis, R., 2013, "The Implications of Evolutionary Biology for Religious Belief", en Kampourakis, Kostas, *The Philosophy of Biology: A Companion for Educators*, pp, 161-178.
- Ausubel, D.P. Novak, J.D. Hanesian, H. 1983 *Psicología educativa un punto de vistas cognoscitivo*. Trillas. México.
- Ausubel, David P., 1960, "The use of advanced organizers in the learning and retention of meaningful verbal". *Journal of Educational Psychology*. Vol. 51.
- Ausubel, D. P., 2000, *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*, Kluwer Academic Publishers.
- Araujo, R. y Roa, R., 2011, "Enseñanza de la evolución biológica. Una mirada al estado del conocimiento." *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 4(7), 15-35.
- Bello, S., 2004, "Ideas previas y cambio conceptual". *Educación química*. Vol. 15, núm. 3.
- Berkman, y Plutzer, 2010, *Evolution, creationism and the Battle to Control America's Classrooms*, University Cambridge.
- Bishop, B. y Anderson, C.W., 1985. *Student Conceptions of Natural Selection and it's role in Evolution*. *Journal of Research in Science Teaching* , 27 (5).
- Bodner, G. M., 1986, "Constructivism: A theory of knowledge". *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.
- Bruner. 1960., *The Process of Education*. Cambridge. MA. Harvard University Press.
- Campanario J. M., 1998, Ventajas e inconvenientes de la historia de la ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias, *Revista de Enseñanza de la Física*, 11: 5-14.
- Campanario, Juan Miguel, 2003, "De la necesidad, virtud: cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar física", *Enseñanza de las ciencias*, 21 (1), 161-172.
- Campanario J. M y Moya Aide, 1999, "¿Cómo enseñar ciencia? Principales tendencias y propuestas", *Enseñanza de las Ciencias*, No. 17, 2, 179-192.
- Tendencias y Propuestas", *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179-192.
- Campos, et al., 2002, "La organización conceptual de los alumnos de sexto grado acerca del concepto de la evolución". *Revista Internacional de Psicología y Educación*, (1y2) 39-55.
- Cassany, D., Luna, M. y Sanz, G., 2001, *Comprensión Lectora*. Barcelona: Grao.
- Carrasco, 2004, Carrasco, José Bernardo, 2004, *Una didáctica para hoy: cómo enseñar mejor*, Ediciones RIALP, Madrid.
- Carrascosa, A. J., 2005, "El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183- 208.
- Carretero Mario, 1997, *Constructivismo y Educación*. Progreso, México.
- Castañón, R., Seco, R.M., Fortes, M., 2000, *La Educación Media Superior en México: una invitación a la reflexión*. México. Ed. Limusa.
- CCH, 1996, *Plan de estudios actualizado*, México: Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica del Ciclo de Bachillerato, UNAM.
- CCH, 2002, *Plan General de Desarrollo del Colegio de Ciencias y Humanidades 2002-2006*. CCH-UNAM. México.
- CCH, 2003, *Diagnóstico Institucional*. CCH- UNAM. México.
- CCH, 2004, *Programas de estudio para Biología I, II, III y IV*. CCH. UNAM. México.
- Coll, Cesar, 1987, *Psicología y currículum: una aproximación psicopedagógica a la elaboración del currículum escolar*. Laia.
- Coll, Cesar, 1990, "Un marco constructivista de la educación escolar: la concepción constructivista del aprendizaje y la enseñanza". En C. Coll, J. Palacios y A. Narchesi (comps) *Desarrollo Psicológico de la educación*. Vol - II P.435-453.
- Coll, Cesar, 1996, "Constructivismo y educación escolar: ni hablamos de lo mismo ni lo

- hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica”. *Anuario de Psicología*
- CONALEP- Programa Asignatura de biología http://www.conalepslp.edu.mx/biblioteca/manual_06/enfermeria-03.pdf
- Chuang, H. C., 2003, “Teaching evolution: attitudes & strategies of educators in Utah”, *The American Biology Teacher*. 65 (9): 669- 674.
- Darwin, C. 2009, *El origen de las especies*. UNAM. México.
- Darwin, C. y Wallace, A., 2010, *Selección Natural: Tres fragmentos para la historia*. UNAM. Academia Mexicana de Ciencias .CSIC. México. Edit. Catarata.
- Díaz Barriga, F., 2001, *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo*. Bogotá: McGraw – Hill.
- Díaz-Barriga, A. F., 2006, *Enseñanza situada*. México. Mc Graw Hill.
- Diccionario de la Lengua Española de la real Academia*, 2001, <http://rae.es/>
- Dobzhansky, T., 1973, “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”. *The American Biology teacher*. Vol.35.pp.125-129.
- Doménech, G. M. y Lope, P. S., 2009, *Propuestas de actividades de aula sobre evolución: otros prismas y contextos*. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII. Congreso Internacional sobre la investigación en Didáctica de las Ciencias: 1148-1153.
- Dubois, María Eugenia, 1989, *El Proceso de lectura: de la teoría a la práctica*. Buenos Aires: Aique
- Ennis, Roberte H., 1987, “A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities”. In Matthew, L., 1991, *Thinking in Education*. Cambridge University Press.
- Fernández Huerta José, 1964.”Definición de didáctica”. *Diccionario de Pedagogía*. Barcelona
- Fernández y Sanjosé.2007. *Permanencia de las ideas alternativas sobre evolución de las especies en la población culta no especializada*. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*. No. 21
- Fitzhugh, K., 2007, "Fact, theory, test and evolution". *Zoological Scripta* 37 (1): 109–113.
- Fourez, G., 1994, *Alfabetización científica y tecnológica*. Argentina. Ediciones Colihue.
- García Estebanz, Araceli 1994, *Didáctica e innovación curricular*, Sevilla, Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- García, F. Guzmán, M.A., León, G., Martínez M.A., Muñóz, J.,Rosua, J., Ferag,F.1987. *Nivel de desarrollo cognitivo y rendimiento de las ciencias en los alumnos de BUP Y COU de la región de Murcia*. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias* Vol.7. Número extra.
- Gagliardi R. y Giordan, A., 1986, “La historia de las Ciencias una *herramienta para la enseñanza*”. *Enseñanza de las Ciencias*. 4(3),253-258.
- Gándara, M., Gil, M. J. y Sanmartín, N., 2002, *Del modelo científico de "adaptación biológica" al modelo de "adaptación biológica" en los libros de texto de Enseñanza Secundaria Obligatoria*. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2).
- Geraedts Caspar L., Boersma Kerst Th. (2006). Reinventing Natural Selection. *International Journal of Science Education*, 28 (8), 843-870.
- Gil, D., 1986., “La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas”. *Enseñanza de las Ciencias* 4 (2): 111-121.
- Gómez-Moliné, M. R. y Sanmartí, N., 2000, “Lenguaje y comunicación. Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje”. *Educación química*, 11 (2): 268-273.
- González Galli, L. Ardúriz, Bravo, A. y Meinardi, E., 2005, “El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de la biología”. *Enseñanza de la ciencia*. Número extra.
- González Galli., L., y E. Meinardi, E., 2009, “El pensamiento finalista como obstáculo epistemológico para la enseñanza del modelo darwiniano”. *Enseñanza de las ciencias*. Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en

- Didáctica de las Ciencias, 1274-1276.
- Gould, Stephen Jay, 1981, "Evolution as Fact and Theory". *Discover* 2 (5): 34-37.
- Gould, Stephen Jay, 2004, *La estructura de la teoría de la evolución*. Barcelona. Tusquets.
- Grau, Ramón, 1993, "Revisión de concepciones en el área de la evolución", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 11, n.1, pp.87-89-
- Grau, Ramón y de Manuel, Jordi, 2002, "Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos", *Alambique, Didáctica de las ciencias experimentales*, No. 32, pp 56-64.
- Gregory, T. Ryan, 2007, "Evolution as Fact, Theory, and Path". *Evolution: Education and Outreach* 1 (1): 46–52.
- Guillén, F., 1994, "El nuevo enfoque en la enseñanza de la biología en secundaria", *Ciencia*, vol. 45, pp. 247-262
- Guillén, F., 1995, "Problemas asociados a la enseñanza de la evolución en la escuela secundaria: algunas sugerencias", *Ciencia*, vol. 46, n.o 2
- Guthrie, John T. et al., 1996, "Growth of Literacy Engagement: Changes in Motivations and Strategies During Concept-Oriented Reading Instruction", *Reading Research Quarterly*, Volume 31, Issue 3, pages 306–332, July/August.
- Hernández C., 1992, "La historia como alternativa en la enseñanza de la biología a nivel superior". I Taller Ibero latinoamericano sobre la enseñanza de las Ciencias Biológicas en la Educación Superior. La Habana, Cuba.
- Hernández C., 1995, *El papel de la historia en la formación del biólogo*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Hernández R. M. C., 2002, "La historia de la enseñanza de la teoría de la Selección Natural. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández M.C., Álvarez Ruiz, E. y Ruiz, R., 2009, "La Selección natural aprendizaje de un paradigma". *Teorema* Vol. XXVIII, pp. 107-121.
- Hodson, D., 1997, "Filosofía de la Ciencia y Educación Científica". En Porlan, R., García, E. y Cañal, P. (1997). Compiladores. *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla: Diada Editorial.
- Jacob. F. 1997., *El juego de lo posible*. Barcelona. Ediciones Grijalbo
- Jiménez Luis Felipe (Coordinador), 2006, *Conocimientos Fundamentales de la Biología. Vol. I*. UNAM- México. Pearson Educación.
- Jiménez Luis Felipe (Coordinador), 2006, *Conocimientos Fundamentales de la Biología. Vol. II*. UNAM-. México. Pearson Educación.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., 1990, *Los esquemas conceptuales sobre la Selección Natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual*. En *Resúmenes de premios nacionales de investigación e innovación educativa*. Madrid: CIDE
- Jiménez-Aleixandre, M.P., 1991, "Cambiano las ideas sobre el cambio biológico". *Enseñanza de las ciencias*, 9(3).
- Jiménez, Aleixandre, M. P., 2002, "Aplicar la idea de cambio biológico: ¿por (sic) qué hemos perdido el olfato?" *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 32, 48-55.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (coord). (2003). *Enseñar ciencias*. Barcelona: Editorial GRAÓ.
- Jiménez Aleixandre, 2009, "¿Que considera el alumnado que son pruebas de la evolución?", *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (ejemplar dedicado a Darwin y la evolución de los sistemas) No. 62, (20): 43-50.
- Kampourakis, K. (2007). Students preconceptions about evolution: how accurate is the characterization as 'Lamarckian' when considering the history of evolutionary thought. *Science & Educations*, 16, 393-422.
- Kimura Mooto, 1983, *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge University Press. New York.USA: ix al xi.

- Kewon, D. 1988. *Teaching evolution improved approaches for un prepared students*. AM.Bio.TEACH 50(7).
- Khun, T., 1982, *La estructura de las revoluciones científicas*. México. FCE.
- Lamarck, J. B., 1971, *Filosofía Zoológica*. Barcelona. Ed. Mateu.
- Le Compte M., 1992, "Bias in the biography: bias and subjectivity in ethnographic research II". Interamerican Symposium on Classroom Ethnographic Research.
- Lombardi, O. I. 1997. "La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias. Argumentos y contrargumentos, *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3).
- Love, Alan C., 2013, "Teaching Evolutionary Developmental Biology: Concepts, Problems, and Controversy", en Kostas Kampourakis, *The Philosophy of Biology A Companion for Educators*, pp.323-343.
- Mayr, E., 1998, *Así es la biología*. 1° ed. México. Debate.
- Martins, Lilian Al-Chueyr Pereira, 2007, *La historia en la enseñanza de la biología*. REBIOL: 27:(1 y 2)
- Matthew, L. 1991., *Thinking in Education*. Cambridge University Press.
- Matthews, Michael, 1994, *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science*, 20th Anniversary Revised and Expanded Edition, Routledge
- McPeck, John E., 1981, *Critical Thinking an Education*. New York. St. Martin's.
- Monereo, Carles, 2005a, Internet y competencias básicas, Graos.
- Monereo Carles. 2005b. *Aprender autónomamente estrategias didácticas*. Editorial laboratorio educativo. España.
- Morin, E., 1999, *La cabeza bien puesta. Bases para una nueva reforma educativa. Argentina*. Nueva visión.
- Novak, Joseph, 1982, *Teoría y Práctica de la educación*. Madrid. Ed. Alianza.
- Noguera S. R. y Ruiz G. R., 2010, "Dos siglos explicando la evolución", *Ciencias*, 97: 22-30.
- Peñalver Gomez C., 1988, "El pensamiento sistémico del constructivismo a la complejidad". *Investigación en la escuela*, 5: 11-16.
- Piaget, J., 1964, *Development and learning*. Journal of Research in science Teaching Vol.2.
- Piaget, J., 1972, "Intellectual Evolution Form Adolescence to adulthood". *Human Development Vol.15*.
- PISA (OCDE), 2006, *Plan Nacional de desarrollo*. 2006.
- PISA: Resultados del 2006 (2006). <http://www.mec.es/multimedia/000005713.pdf>
- Pla I Molins, María, 1993, *Currículum y educación: campo semántico de la didáctica*, Universitat de Barcelona.
- Plan de estudios Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional autónoma de México.1996.<http://www.cch.unam.mx/principal/plandeestudios>.
- Plan de estudios 5to. Año. Escuela Nacional Preparatoria, Universidad Nacional Autónoma de México(1996).<http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto.htm>
- Plan de estudios 6to año. Escuela Nacional Preparatoria, Universidad Nacional Autónoma de México(1996).<http://dgenp.unam,mx/planesdeestudio/sexta.html>
- Pope, M. Y Gilbert, J., 1997, *La Experiencia personal y la Construcción del conocimiento en ciencias*. En Porlan, R., García, E. y Cañal, P. Compiladores. *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla: Diada Editorial.
- Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A., 2004, *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid. Editorial Morata.
- Pozo, J. I., Sanz, A., Gómez Crespo, M. A. y Limón, M., 1991a, "Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la Psicología cognitiva". *Enseñanza de las ciencias*. Vol.9 No.1. pp. 83-94.
- Pozo, J.I., Gómez Crespo, M. A., Limón, M. y Sanz Serrano, A., 1991b, *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, Centro de Educación y Ciencia. Madrid. Morata.

- Programas DGETI. Asignatura Biología. <http://www.dgeti.sep.gob.mx/sitio>
2012/images/multimediaDGETI/archivosPdf/planesyprogramas/Programas653/Biología_Acuerdo_653_2013.pdf
- Rayas, J. 2004. "El reconocimiento de las ideas previas como condición necesaria para mejorar las posibilidades de los alumnos en los procesos educativos en ciencias naturales." *Xictli*, núm. 54, Abril-Junio.
- Reiss M.J., 1993, [Science education for a pluralist society \(Buckingham: Open University Press\)](#).
- [Richard, W. Paul, 2003, Pensamiento crítico conceptos y herramientas. 4 abril 2013.](#)
Disponible en: <http://www.slideshare.net/questffbfd/pensamiento-critico-334548>
- Rivas. M y Telleria, M. B., 2004, *Un Estudio de la Comprensión Lectora en el medio Rural*. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magíster Scientiae en Educación, mención Lectura y Escritura. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Rodríguez, Juan Manuel y Noguera, Ricardo, 2011, " Alfred R. Wallace: Ciencia y humanismo bajo el prisma de la evolución", *Revista Ciencias*, 102: 14-21.
- Ruiz, J. M., 1996, *Teoría del currículum: Diseño y desarrollo curricular*, Madrid, Universitas.
- Smocovitis, V. Betty, 1996 *Unifying Biology: The Evolutionary Synthesis and Evolutionary Biology*, Princeton University Press.
- Sáenz Barrio, O., 1994, Didáctica general. Un enfoque curricular, Alcoy, Marfil.
- Suárez, L., 1996, *Enseñanza de la metodología de la Ciencia en el Bachillerato*. Perfiles educativos. Centro de Estudios sobre la Universidad. UNAM.
- Suárez, L., C. Hernández., et al., 1993, "Metodología de la enseñanza de las Ciencias". *Perfiles Educativos*, 62:31-37.
- Sánchez, C., 2000, *La enseñanza de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes*. Tesis Doctorado Biología. Facultad de Ciencias UNAM.
- SEP-SEMS, 2008, Reforma Integral de la Educación Media Superior en México: la creación de un Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de diversidad. México: Recuperado de http://www.profordems.cfie.ipn.mx/profordems3ra/modulos/mod1/pdf/modulo1/Sistema_Nacional_Bachillerato.pdf el 25 de enero de 2011.
- Siegel, Harvey, 1988, *Educating Reason*. London Routledge.
- Shuell, T.J. 1986. *Cognitive conceptions of learning*. Review of educational Research Vol 56(4), 411-436.
- Skinner, B. F. 1959. *The science of learning and the art of teaching*. Harvard educational review 204. Vol.24.
- Subsecretaría de Educación Media Superior, SEP(S/F)
<http://www.reforma-iems.sems.gob.mx>
- Tamayo, M. y González, F. 1998. "Análisis de los contenidos biológicos en libros de texto de enseñanza primaria y secundaria". *Revista de la Educación de la Universidad de Granada* No.11.
- Tamayo, M. 2004. *Evolución de las teorías biológicas evolutivas en libros de enseñanza en Chile*. Tesis doctoral Universidad de Granada, Granada
- Thelen, Judith N., 1984, *Improving Reading in Science*. Second Edition. Reading Aids Series; An IRA Service Bulletin.
- Tindon, R., y Lewontin, R. C., 2004. "Teaching evolutionary biology". *Genetics and Molecular Biology*, 27(1), 124-131.
- Torres Maldonado, Hernán y Girón Padilla, Delia Argentina, *Didáctica general*, Centroamericana, CECC/SICA, 2009.
- Van Dijk, E. M., T. Reydon, A. C., 2010. "A Conceptual Analysis of Evolutionary Theory for Teacher Education". *Science and Education*, 19, 655–677.
- Van Gelder, T., 2005, "Teaching critical thinking: Some lessons from cognitive

- Science". *College Teaching*, 53(1), 41-48.
- Vigotsky, 1978, *Mind of society the development of higher mental processes*. Harvard University Press. Cambridge.
- Willingham, D. T., 2007, "Critical thinking: Why is it so hard to teach?", *American Educator*, 8-19.
- Winchester, I. 1989."Editorial-History, Science and Science Teaching". *Interchange*, 29(2): i-vi.
- Yang, Y. 2004. *Theories-Synthesis and Comparison*. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*13(4).
- Zorrilla Alcalá Fidel, 2008, *El bachillerato mexicano un sistema precario*. UNAM. IISUE.
- Zorrilla Alcalá Fidel, 2010, *El futuro del bachillerato mexicano y el trabajo colegiado*. UNAM. ISSUE.

ANEXO I

INSTRUMENTO DE EVALUCIÓN DE IDEAS EVOLUTIVAS

Este cuestionario no tiene valor en tu calificación escolar.

Nombre _____

Sexo _____

Semestre _____ Plantel _____

Fecha _____

I. Marca con una X la respuesta que consideres correcta y fundamenta tu respuesta si se te solicita.

1. ¿Consideras que todas las especies que existen hoy, han existido siempre?

a) Si

b) No

Fundamenta tu respuesta:

2. La especies, de acuerdo a tu conocimiento:

a) Han permanecido sin cambios

b) Han cambiado a través del tiempo.

3. ¿La evolución se puede considerar como cambios que generan la formación de nuevas especies?

a) Si

b) No

¿Por qué?

4. Las variaciones heredables que presentan los individuos de una población se deben a:

- a) la influencia del ambiente
- b) mutaciones al azar en el material genético.

5. ¿Consideras que la extinción es parte de los procesos evolutivos?

- a) Si
- b) No

¿Por qué?

6. ¿Es la biodiversidad resultado de la evolución?

- a) Si
- b) No

¿Por qué?

7. La acumulación de variaciones favorables que permiten la supervivencia y la reproducción de los individuos de una población en ciertas condiciones de vida se denomina:

- a) Variación
- b) Especiación
- c) Selección natural

8. Las mutaciones son cambios en:

- a) los genes
- b) las células
- c) los órganos

9. La selección natural:

- a) Genera los cambios genéticos.
- b) Actúa sobre los cambios genéticos, cuando éstos ya se dieron.
- c) Genera y actúa sobre los cambios genéticos

III. Responde brevemente.

1. ¿Qué teorías de la evolución biológica conoces?
2. ¿Consideras a la evolución biológica como un hecho, una explicación o teoría?

Fundamenta tu respuesta:

Anexo 2:

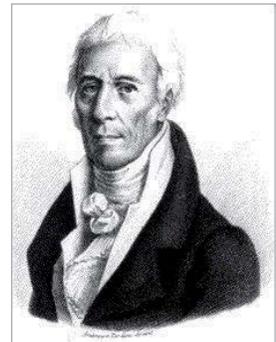
Contenido:

Compilación de fragmentos sobre la evolución biológica

1.	Jean Baptiste Lamarck,	1809,	<i>Filosofía</i>	<i>Zoológica.</i>
[Fragmento].....	2			
Ejercicio.....	6			
2.	Charles Darwin,	1859,	<i>El origen de las especies.</i>	
[Fragmento].....	8			
Ejercicio.....	10			
3.	Alfred R. Wallace, 1858, “Sobre la tendencia de las variedades a alejarse indefinidamente del tipo original”.			
[Fragmento].....	12			
Ejercicio.....	16			
4.	Theodosius Dobzhansky, 1973. “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”.			
[Fragmento].....	17			
Ejercicio.....	21			
5.	Motoo Kimura, 1983, <i>The Neutral Theory of Molecular Evolution.</i> [Fragmento].....			
Ejercicio.....	22			
	26			
6.	Stephen J. Gould.2004, <i>La Estructura de la Teoría de la Evolución.</i> [Fragmento].....			
Ejercicio.....	28			
	31			

1. Jean Baptiste Lamarck, 1809, *Filosofía Zoológica*. [Fragmento]

Jean-Baptiste de Monet de Lamarck, (Bazantin, Francia, 1744–París, 1829). Lamarck siguió la carrera eclesiástica hasta los diecisiete años por voluntad de su padre, a cuya muerte se enroló en la infantería, donde sirvió desde 1761 a 1768 y de la que se desvinculó a causa de su delicada salud. Lamarck se trasladó entonces a París, y estudió medicina y botánica. Discípulo de Bernard de Jussieu, en 1778 publicó *Flora francesa*, obra en la que, por primera vez, se clasificaba sistemáticamente la flora por medio de una clave dicotómica. Miembro de la Academia Francesa de Ciencias, trabajó como botánico del Jardin du Roi hasta que la institución se reconvirtió, durante la Revolución, en el Museo Nacional de Historia Natural. En 1809 publicó *Filosofía Zoológica*, obra que lo consagró como el primer gran evolucionista de la historia.



Jean Baptiste Lamarck, 1971, *Filosofía Zoológica*. Ed. Mateu, Barcelona, pp. 205–213

[Fragmento]:

El hecho es que los diversos animales tienen cada uno de ellos, según su género y su especie, costumbres particulares y siempre una organización que está en perfecta relación con estas costumbres.

Según la consideración de este hecho, parece que seamos libres de admitir tanto una como otra de las conclusiones siguientes y que ninguna de ellas puede ser probada.

Conclusión admitida hasta hoy. la naturaleza (o su Autor), al crear a los animales, ha previsto todas las clases posibles de circunstancias en las que tendrían que vivir y ha dado a cada especie una organización constante, así como una forma determinada e invariable en sus partes, que fuerzan a cada especie a vivir en los lugares y los climas en que la encontramos y a conservar las costumbres que le conocemos.

Mi conclusión particular. La naturaleza, al producir sucesivamente todas las especies de animales y empezando por los más imperfectos o los más simples, ha complicado gradualmente su organización, y de estos animales, al esparcirse generalmente por todas las regiones habitables del globo, cada especie ha recibido la influencia de las circunstancias en las que ha contraído las costumbres que le conocemos y las modificaciones de sus partes que nos muestra la observación.

La primera de estas dos conclusiones es la que se ha usado hasta hoy, es decir, que es más o menos la de todo el mundo: supone en cada animal una organización constante y unas partes que no han variado nunca y que no

varían; supone además que las circunstancias de los lugares que habita cada especie animal no varían nunca en estos lugares, pues si variaran, los mismos animales ya no podrían vivir allí y la posibilidad de encontrar en otra parte otros semejantes y de trasladarse allí podría serle privada.

La segunda conclusión que es la mía: supone que, por influencia de las circunstancias sobre las costumbres y seguidamente por la de las costumbres sobre el estado de las partes e incluso sobre el de la organización, cada animal puede recibir, en sus partes y su organización, modificaciones susceptibles de convertirse en muy considerables y de haber dado lugar al estado en que encontramos a todos los animales.

Para establecer que esta segunda conclusión no tiene fundamento, primero hay que probar que cada punto de la superficie del globo no varía nunca en su naturaleza, su exposición, su situación elevada o hundida, su clima, etc., y probar seguidamente que ninguna parte de los animales sufre, incluso después de mucho tiempo, ninguna modificación por el cambio de circunstancias y por la necesidad que obliga a otro género de vida y de acción que les era habitual.

Así, pues, si un solo hecho constata que un animal domesticado, después de mucho tiempo, difiere de la especie salvaje de que proviene, y si, entre tal especie domesticada, encontramos una gran diferencia de conformación entre individuos que se han sometido a una costumbre y los que se han inducido a costumbres diferentes, será cierto que la primera conclusión no está en absoluto de acuerdo con las leyes de la naturaleza y la segunda está perfectamente de acuerdo con ellas.

En suma todo ocurre a comprobar mi afirmación, a saber: que no es la forma del cuerpo ni de sus partes las que dan lugar a las costumbres y a la manera de vivir de los animales, sino que son, por lo contrario, las costumbres, la manera de vivir todas las demás circunstancias influyentes, las que con el tiempo, han constituido la forma del cuerpo y las partes de los animales. Con nuevas formas, han ido adquiriendo nuevas facultades, y poco a poco la naturaleza ha logrado formar los animales tal como los vamos actualmente.

¿Puede haber en la historia natural una consideración más importante, y a la que debemos conceder mayor atención que la que acabo de exponer?

Terminemos dando una exposición del orden natural de los animales.

Del orden natural de los animales y de la disposición que debemos dar a su distribución general para hacerla conforme al mismo orden de la naturaleza

Ya he hecho notar que el objetivo esencial de una distribución de los animales no debe limitarse por nuestra parte a la posesión de una lista de clases y de especies, sino que esta distribución debe ofrecer además, por su disposición el medio más favorable al estudio de la naturaleza y el más propio para hacernos conocer su marcha, sus medios y sus leyes.

Sin embargo, no temo decirlo, nuestras distribuciones generales de los animales han recibido, hasta hoy, una disposición inversa al orden mismo que ha seguido la naturaleza al dar existencia sucesivamente a sus producciones vivas; así, al proceder según es corriente desde el más compuesto al más simple, hacemos que el conocimiento de los progresos en la composición de la organización sea más difícil de captar y nos ponemos en el caso de captar **con** dificultad las causas de estos progresos y sus interrupciones.

Cuando reconocemos que una cosa es útil, que es incluso indispensable para la finalidad que nos proponemos y que no tiene inconvenientes, debemos apresurarnos a ejecutarla, aunque sea contraria a las normas corrientes.

Tal es el caso relativo a la disposición que hay que dar a la distribución general de los animales.

También vamos a ver que nos es absolutamente indiferente empezar esta distribución general de los animales por una u otra de sus extremidades y que la que debe estar al principio del orden no podemos elegirla nosotros.

La costumbre que se ha introducido, y que hemos seguido hasta hoy, de poner al frente del reino animal los animales más perfectos, y terminar este reino por los más imperfectos y los más simples en organización, tiene su origen por una parte, en esta inclinación que siempre nos hace dar la preferencia a los objetos que nos admiran, nos gustan o nos interesan más; y por otra parte, en que se ha preferido pasar desde lo más conocido hacia lo que era menos.

En los tiempos en que hemos empezado a preocuparnos por el estudio de la historia natural, estas consideraciones eran sin duda muy plausibles, pero ahora deben ceder a las necesidades de la ciencia y particularmente a las que facilitan nuestro progreso en el conocimiento de la naturaleza.

En relación a los animales tan numerosos y diversificados que la naturaleza ha producido, si no podemos envanecernos de conocer exactamente el verdadero orden que ha seguido dándoles sucesivamente la existencia, el que voy a exponer está muy probablemente aproximado al suyo: la razón y todos los conocimientos adquiridos abogan a favor de esta posibilidad.

Efectivamente, si es cierto que todos los cuerpos vivientes son productos de la naturaleza, no podemos negarnos a creer que sólo ha podido crearlos sucesivamente, y no todos a la vez en un tiempo sin duración; así, si los ha formado sucesivamente, hay motivos para pensar que ha empezado únicamente por los más simples, habiendo producido en último término las organizaciones compuestas, bien del reino animal o vegetal.

Los botánicos fueron los primeros en dar el ejemplo a los zoólogos de la verdadera disposición que se debía dar a una distribución general para representar el orden mismo de la naturaleza, pues forman la primera clase de los vegetales, con las plantas acotiledóneas o ágamas, es decir, esas plantas que son más simples en organización, las más imperfectas en todos los sentidos, en una palabra, las que no tienen cotiledones, ningún sexo determinable, ni vasos en su tejido, y que no están en efecto, compuestas por más que por tejido celular más o menos modificado, según diversas expansiones.

Lo que los botánicos han hecho respecto a los vegetales, debemos hacerlo nosotros respecto al reino animal; no sólo debemos hacerlo porque lo ordena la razón, sino también, además porque el orden natural de las cosas, según la complicación creciente de la organización, es mucho más fácil de determinar entre los animales que respecto a las plantas.

Al mismo tiempo que este orden representará mejor el de la naturaleza, hará más fácil el estudio de los objetos, y hará conocer mejor la organización de los animales, los progresos de su composición de clase en clase, y mostrará mejor todavía las relaciones que se encuentran entre los diferentes grados de composición de la organización animal y las diferencias exteriores que empleamos más a menudo para caracterizar las clases, los órdenes, las familias, los géneros y las especies.

Añado a estas consideraciones, cuyo fundamento no puede ser sólidamente puesto en duda, que si la naturaleza, que no ha podido producir un cuerpo organizado que subsista siempre, no hubiera tenido los medios de dar a este cuerpo la facultad de reproducir otros individuos que se le parezcan, que le reemplacen y que perpetúen su raza por la misma vía, se hubiera visto forzada a crear directamente todas las razas, o mejor no hubiera podido crear más que una raza en cada reino orgánico, la de los animales y de los vegetales más simples y los más imperfectos.

Además si la naturaleza ni hubiera podido dar a todos los actos de organización la facultad de complicar cada vez más la organización, haciendo crecer la energía de los fluidos y por consiguiente la del movimiento orgánico, y si no conservado en sus reproducciones y todos los progresos de composición en la organización y todos los perfeccionamientos adquiridos, seguramente nunca hubiera producido esta multitud infinitamente variada de animales y de vegetales, tan diferentes unos de otros por el estado de su organización y por sus facultades.

No ha podido crear a la primera las facultades más eminentes de los animales, pues sólo tienen lugar con la ayuda de sistemas de órganos muy complicados; ha sido necesario preparar poco a poco los medios para hacer existir semejantes sistemas de órganos.

Así, para establecer, respecto a los cuerpos vivientes, el estado de cosas que observamos, la naturaleza no ha podido producir directamente, es decir, sin el concurso de ningún acto orgánico, más que los cuerpos organizados más simples, sea de animales, sea de vegetales, y los reproduce todavía de la misma forma, todos los días, en los lugares y tiempos favorables, o sea dando estos, que ella misma ha creado, las facultades de nutrirse, de crecer, de multiplicarse y de conservar cada vez los progresos adquiridos en su organización, transmitiendo estas misma facultades a todos los individuos regenerados orgánicamente, con el tiempo y la enorme diversidad de circunstancias siempre cambiantes, los cuerpos vivos de todas clases y todos los órganos han sido producidos sucesivamente, de ésta forma.

Considerando el orden natural de los animales, la gradación muy positiva que existe en la composición creciente de su organización y el número, así como el perfeccionamiento de sus facultades, está muy alejada de ser una verdad nueva pues los primeros griegos supieron percibirla; pero no pudieron exponer los principios y las pruebas de esto, porque carecían de conocimientos necesarios para establecerlos.

Así, pues, para facilitar el conocimiento de los principios que me han guiado en la exposición que voy a hacer de este orden de los animales, y para mejor explicar esta gradación que se observa en la composición de su organización, desde los más imperfectos de entre ellos que inician la serie, hasta los más perfectos, que la terminan, he dividido en seis grados, que son muy distintos, todos los modo de organización que se han reconocido en toda la extensión de la escala animal.

De estos seis grados de organización, los cuatro primeros abarcan los animales sin vértebras, y por consiguiente las diez primeras clases del reino animal, según el orden nuevo que vamos a seguir; los dos últimos grados comprenden todos los animales vertebrados, y por consiguiente las cuatro (o cinco) últimas clases de animales.

Con ayuda de este medio, será fácil estudiar y seguir la marcha de la naturaleza en la producción de los animales que ha hecho existir; distinguir, en toda la extensión de la escala animal, los progresos adquiridos en la composición de la organización y verificar siempre, bien la exactitud de la distribución, bien la conveniencia de las categorías asignadas, examinando los caracteres y los hechos de organización que han sido reconocidos.

Así es cómo, desde hace varios años, expongo en mis lecciones, en el *Museum*, los animales sin vértebras; procediendo siempre desde el más simple al más compuesto.

EJERCICIO

Nombre _____ Fecha _____

Grupo _____

I.- Elabora un cuadro comparativo entre la conclusión que considera Lamarck como “la admitida hasta hoy” y la suya:

- a) Origen de los organismos
- b) Organización
- c) Relación organismo ambiente

	Conclusión admitida hasta hoy	Conclusión de Lamarck
Origen de los organismos		
Organización		
Relación organismo-ambiente		

II. Lamarck considera que las especies domésticas se han originado de especies salvajes ¿Cómo lo argumenta?

III. En las líneas que se encuentran en negritas, Lamarck está queriendo decir que:

- a) Para que haya vida y transformación se necesita la intervención de algo sobrenatural.
- b) Que la naturaleza es autosuficiente para producir vida y transformación.

Respuesta:

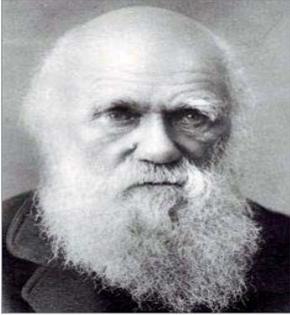
¿Cual es tu opinión?

-

IV. De acuerdo a la lectura: consideras que Lamarck ¿acepta o rechaza la idea de generación espontánea? Fundamenta tu respuesta.

V. Lamarck considera que la distribución de los animales no debe limitarse a un listado de clases y especies de animales. ¿Por qué?

2. Charles Darwin, 1859, *El origen de las especies*. [Fragmento]



Charles Robert Darwin; (Shrewsbury, Reino Unido, 1809–Down, id., 1882) Naturalista británico. Fue hijo de un médico de buena posición y nieto del famoso médico, filósofo, naturalista y poeta inglés Erasmus Darwin. A pesar de cursar estudios de medicina en Edimburgo y de teología en Cambridge, inducido al parecer por su padre, muy preocupado por su futuro, su interés principal, estimulado entre otros motivos por la lectura de las obras del alemán Humboldt, se centraba en las ciencias naturales. Este interés le impulsó a incorporarse, en calidad de naturalista de la expedición, al periplo alrededor del mundo del H.M.S. Beagle (1831–1836), al mando del capitán Robert Fitzroy, lo cual lo llevó a viajar por América del Sur, las islas del Pacífico, Australia, Nueva Zelanda y el sur de África. Durante los viajes

acopió gran cantidad de materiales de todo tipo y realizó las detalladas observaciones que le permitieron, a su regreso al Reino Unido, enunciar la llamada teoría de la evolución, cuyos primeros esbozos comenzaron a tomar forma en 1837 y que tardaría más de dos décadas en ver la luz en su libro más famoso *El origen de las especies*, 1859.

Charles Darwin, *El origen de las especies*, UNAM, México, pp. 236–240.

[Fragmento]

Si en condiciones variables de vida los seres orgánicos presentan diferencias individuales en casi todas las partes de su estructura y esto es indiscutible si hay debido progresión geométrica, una rigurosa lucha por la vida en alguna edad, estación o año y esto también es indiscutible; considerando entonces la complejidad infinita de las relaciones de los seres orgánicos entre si y con sus condiciones de vida, que hacen ventajoso para ellos una infinita diversidad de estructura, constitución y costumbres, sería un hecho extraordinario que no se hubiesen presentado nunca variaciones útiles a la prosperidad de cada ser del mismo modo que se han presentado tantas variaciones útiles para el hombre. Pero si éstas ocurren alguna vez, los individuos caracterizados de este modo tendrán seguramente las mayores probabilidades de conservarse en la lucha por la vida, y por el poderoso principio de la herencia, tenderán a producir descendientes con caracteres semejantes. A este principio de conservación o supervivencia de los más aptos lo hemos llamado selección natural. Conduce este principio al perfeccionamiento de cada ser en relación con sus condiciones de vida orgánica e inorgánica, y por consiguiente, en la mayor parte de los casos, a lo que puede considerarse como un progreso en la organización. Sin embargo, las formas inferiores y sencillas persistirán mucho tiempo si están bien adaptadas a sus más simples condiciones de vida.

La selección natural, por el principio de que las cualidades se heredan puede modificar el huevo, la semilla o el individuo joven tan fácilmente como el adulto. En muchos animales, la selección sexual habrá prestado su ayuda a la selección ordinaria, asegurando que los machos más vigorosos y mejor adaptados el mayor número de descendientes. La selección sexual dará también caracteres útiles a los machos sólo en sus luchas o rivalidades con otros machos y estos caracteres se transmitirán a un sexo o ambos sexos, según la forma de herencia que predomine.

Si la selección natural ha obrado positivamente, adoptando las diferentes formas orgánicas a las diversas condiciones y estaciones, es cosa que tiene que juzgarse por el contenido general de los capítulos siguientes y por la

comparación de las pruebas que en ellos se dan. Pero ya hemos visto que la selección natural lleva también a la divergencia de caracteres, pues cuanto más difieren los seres orgánicos en su estructura, costumbres y constitución tanto mayor es el número que puede sustentar su territorio de lo que vemos en una prueba considerando los habitantes de cualquier región pequeña y las producciones aclimatadas en países extraños. Por consiguiente, durante la modificación de los descendientes de una especie y durante la incesante lucha de todas las especies por aumentar en número de individuos, cuanto más diversos lleguen a ser los descendientes, tanto más aumentarán sus probabilidades de triunfo en la lucha por la vida. De este modo, las pequeñas diferencias que distinguen las variedades de una especie tienden constantemente a aumentar hasta que igualan a las diferencias mayores que existen entre las especies del mismo género o aun de géneros distintos.

Hemos visto que las especies comunes, muy difundidas que ocupan grandes extensiones y que pertenecen a los géneros mayores dentro de cada clase, son precisamente las que más varían, y tienden a transmitir a su modificada descendencia aquella superioridad que los hace ahora predominantes en su propio país. La selección natural conduce pues a la divergencia de caracteres y a la extinción de muchas formas orgánicas menos perfeccionadas y de las intermedias. Según estos principios, puede explicarse la naturaleza de las afinidades y diferencias, generalmente bien definidas, que existen entre los innumerables seres orgánicos de cada clase en todo el mundo. Es un hecho verdaderamente maravilloso lo que tendemos a dejar pasar inadvertido por estar familiarizados con el que todos los animales y plantas, en todo tiempo y lugar, estén relacionados entre sí; las especies del mismo género, menos relacionadas y de modo desigual, formando secciones o subgéneros; las especies de géneros distintos, mucho menos relacionadas, y los géneros relacionadas en grados diferentes, formando subfamilias, familias, órdenes, subclases y clases. Los distintos grupos subordinados no pueden ser ordenados en una sola fila, sino que parecen agrupados alrededor de puntos, y estos alrededor de otros puntos, y así sucesivamente, en círculos casi infinitos. Si las especies hubiesen sido creadas independientemente, no hubiera habido explicación posible de este tipo de clasificación, que se explica mediante la herencia y la acción compleja de la selección natural, que producen la extinción y la divergencia de caracteres.

Las afinidades de todos los seres de la misma clase se han representado algunas veces por un gran árbol. Creo que este ejemplo expresa mucho la verdad; las ramitas verdes que dan brotes pueden representar especies vivientes, y las producidas durante años anteriores representarán la larga sucesión de especies extintas. En cada periodo de crecimiento, todas las ramitas que crecen han procurado ramificarse por todos lados y sobrepujar y matar a los brotes de las ramas de alrededor, del mismo modo que las especies y grupos de especies, en todo tiempo, han dominado a otros por la vida. Las ramas mayores que arrancan del tronco y se dividen en ramas grandes, las cuales se subdividen en ramas cada vez menores, fueron en un tiempo, cuando el árbol era joven, ramitas que brotaban, y esta relación entre los brotes pasados y los presentes, mediante la ramificación, pueden simbolizar bien la clasificación de todas las especies vivientes y extintas en grupos subordinados unos a otros.

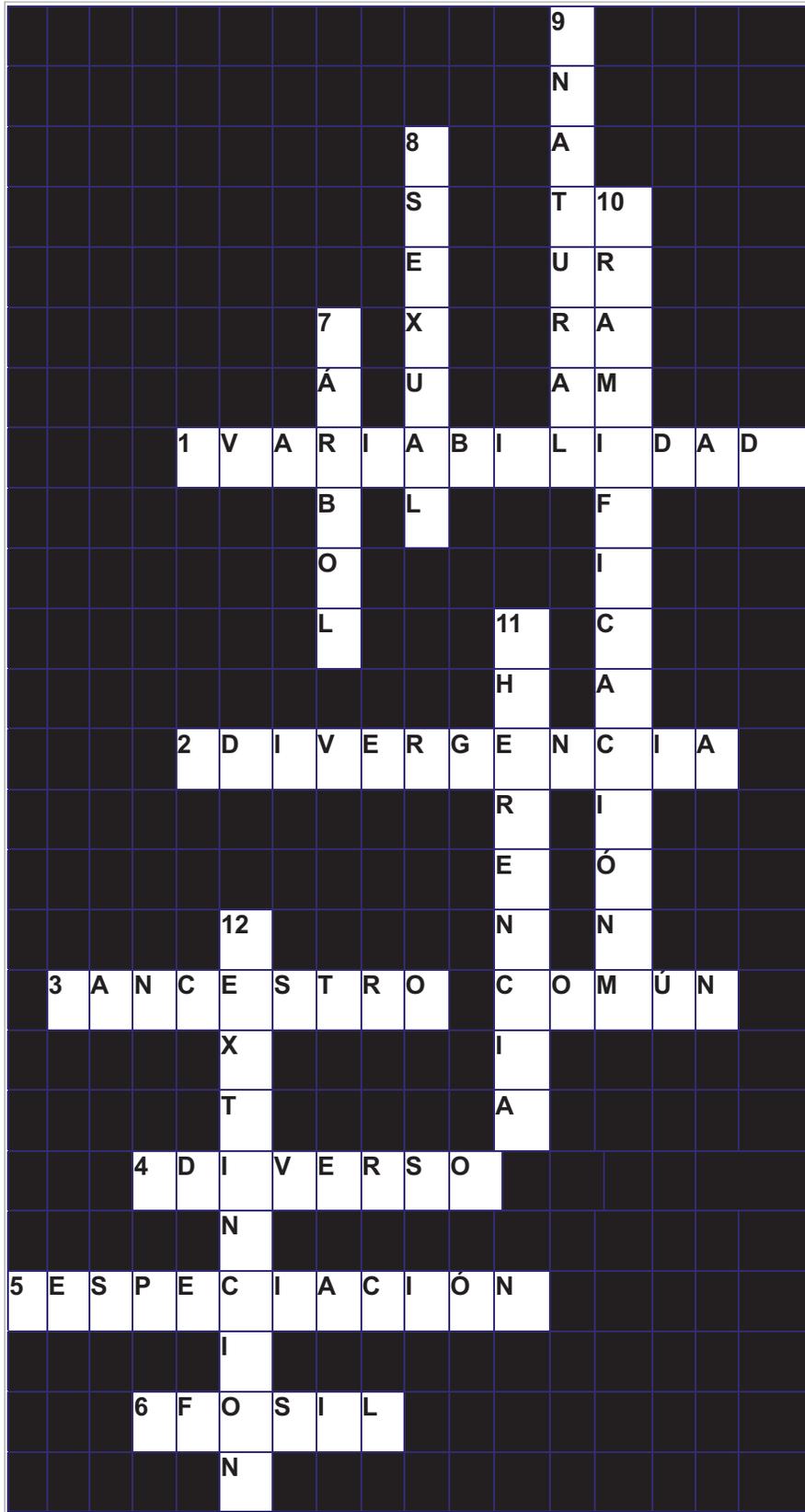
De las muchas ramitas que florecieron cuando el árbol era un simple arbolillo, sólo dos o tres, convertidas ahora en ramas grandes, sobreviven todavía y llevan a las otras ramas, de igual modo, de las especies que vivieron durante periodos geológicos muy antiguos, poquísimas han dejado descendientes vivos modificados. Desde el primer crecimiento del árbol, muchas ramas de todos los tamaños se han secado y caído, pudiendo representar todos aquellos

Órdenes y familias y géneros enteros que no tienen actualmente representantes vivos y que nos son conocidos tan sólo en estado fósil. Del mismo modo que, de vez en cuando vemos una ramita perdida que sale de una ramificación baja de un árbol, y que por alguna circunstancia ha sido favorecida y está todavía viva en su punta. También de vez en cuando encontramos un animal como el *Ornithorhynchus* o *Lepidosiren*, que hasta cierto punto, enlaza, por sus afinidades, dos grandes ramas de la vida y que al parecer, se han salvado de competencia fatal por haber vivido en sitios protegidos. Así como los brotes por crecimiento dan origen a nuevos brotes, y éstos, si son vigorosos, se ramifican y sobrepujan por todos lados a muchas ramas más débiles, así también, a mi parecer, ha ocurrido, mediante generación, en el gran Árbol de la Vida, que con sus ramas muertas y rotas llena la corteza de la tierra cuya superficie cubre con sus hermosas ramificaciones, siempre en una nueva división.

EJERCICIO

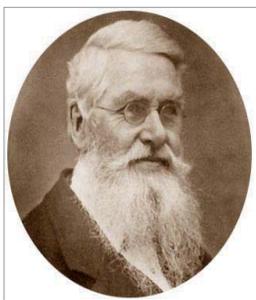
Nombre _____ Fecha _____ Grupo _____

I. Resuelve el siguiente crucigrama.



HORIZONTALES	VERTICALES
1. A las condiciones variables de la vida en que los seres orgánicos presentan diferencias individuales, Darwin le llama...	7.- Forma en que Darwin menciona que se pueden representar las afinidades entre los seres orgánicos.
2. Al hecho de que los seres orgánicos difieran en su estructura, costumbres y constitución, Darwin le da el nombre de...	8. Tipo de selección que presta su ayuda a la selección ordinaria, asegurando que los machos más vigorosos y mejor adaptados deje mayor número de descendientes.
3. Los seres orgánicos tienen un mismo origen y pueden clasificarse estableciendo relaciones entre ellos, gracias a que tienen un...	9.- Tipo de selección que, de acuerdo a Darwin, es el principio de preservación y supervivencia de los seres orgánicos más diversificados.
4. En la lucha por la vida, los seres que tienen mayor probabilidad de triunfo son los más ...	10. La especiación en el árbol de la vida puede ser representada por medio de ...
5. La divergencia de caracteres es fundamental para que ocurra el proceso de ...	11. En los seres orgánicos, los caracteres son transmitidos a los descendientes por medio de la...
6. En el gran árbol de la vida, los seres orgánicos que ya no tienen representantes vivos actualmente, sólo se conocen en estado...	12. Las formas orgánicas no favorecidas, por la selección natural tienden a la...

3. Alfred R. Wallace, 1858, “Sobre la tendencia de las variedades a alejarse indefinidamente del tipo original”. [Fragmento]



Alfred Russel Wallace (Monmouth, 1823 – Broadstone, 1913) Naturalista británico que realizó expediciones por América del Sur con importantes aportaciones botánicas y entomológicas. También se le considera un gran evolucionista, antropólogo y geógrafo. Aunque hizo estudios de arquitectura y trabajó como ingeniero geógrafo y arquitecto, su interés por la botánica se manifestó pronto, y a partir de 1845 decidió entregarse por completo a su auténtica pasión, la historia natural.

En el archipiélago Malayo, Wallace, investigó la distribución geográfica de los animales y observó que existían diferencias zoológicas fundamentales entre las especies asiáticas y las australianas, a partir de ello estableció el concepto de *línea divisoria de Wallace*, una línea imaginaria entre las islas malayas de Borneo y las Célebes, que sirve para separar los animales de origen australiano de los de origen asiático. Esta investigación permitió a Wallace elaborar de forma independiente su propia teoría de la evolución, que comunicó a Charles Darwin en 1858; las ideas de ambos fueron publicadas de forma conjunta por la Sociedad Linneana de Londres en 1860.

Alfred R. Wallace, “Sobre la tendencia de las variedades a alejarse indefinidamente del tipo original”. Fragmento tomado de Darwin, Ch. y Wallace. A. R., 2010, *Selección Natural: Tres fragmentos para la historia*. UNAM. Academia Mexicana de Ciencias .CSIC. Edit. Catarata. México. pp. 65–81.

[Fragmento]

Uno de los argumentos más fuertes aducidos para probar la original y permanente distinción de las especies es que las variedades producidas en un estado de domesticidad son más o menos inestables y frecuentemente tienen una tendencia, si se les deja solas a regresar a la forma normal de las especies parentales, tal inestabilidad es considerada como una peculiaridad distintiva de todas las variedades, incluso de aquellas que ocurren entre animales silvestres aún en estado natural, y que constituyen una provisión para preservar sin cambio las especies originalmente creadas distintas.

En la ausencia o escasez de hechos y observaciones sobre las variedades que ocurren entre los animales silvestres, este argumento ha tenido gran peso entre los naturalistas, y ha llevado a una muy general y un tanto prejuiciada creencia en la estabilidad en las especies. Igualmente general es la creencia en lo que es llamado variedades permanentes o verdaderas, razas de animales que continuamente propagan su semejanza, pero que difieren ligeramente (aunque constantemente) de alguna otra raza, en donde una es considerada como una variedad de la otra. Cuál es la variedad y cuál la especie original, es algo que generalmente no hay manera de determinar, excepto en aquellos casos

raros en los que una raza se ha conocido por producir una descendencia nada parecida a ella misma pero sí a la otra.

Esto sin embargo, puede verse que es casi incompatible con la “invariabilidad permanente de las especies”, pero la dificultad se supera asumiendo que tales especies tienen límites estrictos, y no pueden nunca volver a variar más allá del tipo original, aunque puedan regresar a él, algo que, por la analogía con los animales domesticados, es considerado altamente probable, si no ciertamente probado.

Se observará que este argumento reside enteramente en la suposición, que las variedades que ocurren en un estado natural son en todos los aspectos análogas o casi idénticas a aquellas de los animales domésticos, y son gobernadas por las mismas leyes con respecto a su permanencia de posterior variación.

Pero el objetivo de este documento es mostrar que la suposición es falsa en su totalidad, que hay un principio general en la naturaleza que causará que muchas variedades sobrevivan a las especies parentales y dando lugar a sucesivas variaciones que se alejarán más y más del tipo original, que también producirán, en los animales domesticados, la tendencia a regresar a la forma parental.

La vida de los animales salvajes es una lucha por la existencia. El empleo total de sus facultades y todas sus energías se requieren para preservar su propia existencia y proveer de lo necesario a su descendencia. La posibilidad de proveer alimento durante las temporadas menos favorables, y escapar de los ataques de sus enemigos más peligrosos, son condiciones primarias que determinan la existencia tanto de los individuos como de especies enteras.

Estas condiciones determinarán además la población de una especie, y mediante la cuidadosa consideración de todas las circunstancias estaremos en condiciones de comprender, y en cierto grado de explicar, lo que a primera vista parece tan inexplicable: La abundancia excesiva de algunas especies, mientras que otras muy cercanas a ellas son muy poco comunes.

La proporción general que debe obtenerse entre ciertos grupos de animales se puede ver fácilmente. Los animales grandes no pueden ser tan abundantes como los pequeños los carnívoros deben ser menos numerosos que los herbívoros; las águilas y los leones nunca pueden ser tan abundantes como las palomas y los antílopes; los asnos salvajes de los desiertos tártaros no pueden igualar en número a los caballos de las más exuberantes praderas y pampas de América. La mayor o menor fecundidad de un animal es siempre considerada como una de las causas de su abundancia o de la escasez; pero una consideración de estos hechos nos mostraría que en realidad tiene poco o nada que ver con el asunto. Hasta el menos prolífico de los animales podría incrementarse rápidamente si no tuviera obstáculos, mientras que es evidente que la población animal del globo debe ser estacionaria, o quizá mediante la influencia del ser humano, decreciente. Puede haber fluctuaciones, pero un incremento permanente, excepto, nuestra propia observación debe convencernos de que las aves no se incrementan cada año en una tasa geométrica, como lo harían de no haber poderosos frenos a su incremento natural. Muy pocas aves producen menos de dos crías al año, mientras que la mayoría tienen seis, ocho, o diez; cuatro ciertamente estaría debajo del promedio, suponiendo que no murieran de manera violenta o por falta de comida. ¡Aun con esa tasa, cuán tremendo podría ser el incremento en unos años para una sola pareja! Un simple cálculo mostraría que en quince años cada pareja de aves podría incrementarse hasta diez millones!, mientras que no tenemos razón para creer que el número de aves de cualquier país se incrementa en quince o en ciento cincuenta años. Con tal poder de incremento la población debe haber alcanzado límites, y volverse estacionaria, en unos pocos años después del origen de cada especie. Es evidente por lo tanto, que cada año un número inmenso de aves debe morir, de hecho, tantas como hayan nacido, y como en el cálculo la descendencia de cada año es el doble de numerosa que sus padres, de aquí resulta que, cualquiera que sea el número promedio de individuos que existen en un país dado, el doble en número debe morir cada año, un resultado sorprendente, pero que parece ser al menos altamente probable, es tal vez incluso infravalorado. Parecería entonces que, en cuanto a la continuidad de la especie y la conservación del número promedio de individuos, grandes camadas son superfluas. Por ello, todo lo anterior se transforma en comida para los halcones y milanos, gatos salvajes y comadreas, o en parecer de frío y hambre cuando llega el invierno. Esto está sorprendentemente probado en el caso de especies particulares, ya que encontramos que su abundancia en individuos no tiene relación alguna con su fertilidad en la producción de descendencia. Quizá el caso más notable de una inmensa

población de aves es el de la paloma migratoria de los Estados Unidos, que pone sólo uno, o como máximo dos huevos, y que se dice que cuida generalmente solo una cría. ¿Por qué esta ave es extraordinariamente abundante, mientras que otras que producen dos o tres veces más crías son mucho menos cuantiosas? La explicación no es difícil.

La comida más agradable para esta especie, y con la que prospera mejor está abundantemente distribuida sobre una extensa región, ofreciendo diferencias de suelo y clima, que en una parte u otra del área hace que el suministro nunca falle. El ave es capaz de un vuelo muy rápido, largo y continuado, de manera que puede pasar sin fatiga sobre toda la zona que habita, y tan pronto como el abasto de comida empieza a fallar es capaz de descubrir un lugar con comida fresca. Este ejemplo increíblemente nos muestra que asegurar un abastecimiento constante de alimento sano es casi la única condición que se necesita para lograr el rápido incremento de una especie dada, ya que ni la fecundidad limitada, ni los ataques ilimitados de aves de presa y del ser humano serán aquí suficientes para limitarla. En ninguna otra ave están estas peculiaridades circunstancias tan notablemente combinadas. O su comida es más propensa a fallar o no tienen suficiente potencia de vuelo para buscarla sobre un área extensa, o durante alguna temporada del año se vuelve muy escasa, y sustitutos menos sanos tienen que ser encontrados; así aunque son más fértiles en su descendencia, no pueden incrementarse más allá del abastecimiento de comida en las temporadas menos favorables. Muchas aves solo pueden existir migrando, cuando su comida se vuelve escasa, a regiones que poseen un clima más templado, o al menos un clima diferente, aunque así como las aves migratorias son pocas veces excesivamente abundantes, es evidente que los países que visitan siguen siendo deficientes en su suministro constante y abundante de la comida sana. Aquellos cuya organización no les permite migrar cuando su comida se vuelve periódicamente escasa nunca pueden alcanzar una gran población. Esta es probablemente la razón por la que el pájaro carpintero es escaso entre nosotros, mientras que en los trópicos se encuentran entre los más abundantes de las aves solitarias. Así el gorrión común es más abundante que el petirrojo, porque su comida es más constante y abundante, pues las semillas de pastos se preservan durante el invierno, y nuestros corrales de granja y nuestros campos de rastrojo proporcionan un abasto inagotable. ¿Por qué como regla general, son tan numerosos en individuos los organismos acuáticos y especialmente las aves marinas? No porque sean más prolíficas que otras, generalmente lo contrario, sino porque su comida nunca falta, las orillas de los mares y los bancos de los ríos diariamente pululan con un abasto fresco de pequeños crustáceos y moluscos. Exactamente la misma ley aplica a los mamíferos. Los gatos salvajes son prolíficos y tienen pocos enemigos. ¿Por qué entonces no son nunca tan abundantes como los conejos? La única respuesta perceptible es que su suministro de comida es más precario. Por lo tanto parece ser evidente que mientras un país permanezca físicamente inalterado, el número de su población animal no podrá materialmente incrementarse.

Si una especie lo hiciera así, algunas otras que requieran del mismo tipo de alimento deberán disminuir en proporción. El número de individuos que muere anualmente debe ser inmenso: y como la existencia individual de cada animal depende de sí mismo, aquellos que mueren deben ser los más débiles, los más jóvenes, los viejos y los enfermos-, mientras que esos que prolonguen su existencia pueden ser solo los más perfectos en salud y vigor, aquellos que sean los más capaces de obtener comida regularmente, y evitar sus numerosos enemigos. Es como comenzamos remarcando “una lucha por la existencia” y en la que el más débil y el menos perfectamente organizado deberá siempre sucumbir.

Ahora es claro que lo que tiene lugar entre los individuos de una especie debe también ocurrir entre las varias especies aliadas de un grupo, a saber, esos que están mejor adaptados para obtener un abasto regular de comida, y para defenderse ellos mismos contra los ataques de sus enemigos y de las vicisitudes de las estaciones deberán necesariamente obtener y preservar una superioridad en la población, mientras que aquellas especies con algún defecto de facultad u organización deberán ser las menos capaces de contrarrestarlas vicisitudes del abasto de comida, debiendo disminuir en número y, en casos extremos, extinguirse totalmente. Entre estos extremos las especies presentarán varios grados de capacidad para asegurar los medios de preservar la vida, y es así como damos cuenta de la abundancia o rareza de las especies. Nuestra ignorancia generalmente nos prevendrá de trazar con precisión, los efectos hasta sus causas, pero si pudiéramos perfectamente ponernos al corriente de la organización de los hábitos de las diversas especies de animales, y medir la capacidad de cada una para ejecutar las diferentes acciones necesarias para su seguridad y existencia bajo todas las variadas circunstancias que las rodean, tal vez podríamos ser capaces incluso de calcular la abundancia proporcional de individuos que es el resultado necesario.

Si ahora hemos tenido éxito en establecer estos dos puntos: primero, que la población animal de un país es generalmente estacionaria, debido a una diferencia periódica de alimento y a otras limitantes; y segundo, que la abundancia o escasez comparativa de los individuos de las varias especies se deben enteramente a su organización y hábitos resultantes, que hacen más difícil la adquisición de un abasto regular de comida y proveerse para su seguridad personal en algunos casos que en otros, puede solo ser equilibrado por una diferencia en la población que tiene que existir en un área dada— deberemos estar en condición de proceder a la consideración de las variedades, para las cuales las observaciones precedentes tienen una aplicación directa y muy importante.

La mayoría o quizá todas las variaciones de la forma típica de una especie deben tener algún efecto definido, por más ligero que sea, sobre los hábitos o capacidades de los individuos. Incluso un cambio de color podría afectar su seguridad, haciéndolos más o menos distinguibles: un mayor o menor desarrollo del pelo podría modificar sus hábitos. Cambios más importantes como un incremento en la potencia o dimensiones de las extremidades, o cualquier otro de los órganos externos, afectaría más o menos sus formas de obtener alimento o a la extensión del país en el que habitan. También es evidente que la mayoría de los cambios deberían afectar, ya sea favorablemente o adversamente, las capacidades para prolongar la existencia. Un antilope con patas más cortas o débiles debe necesariamente sufrir más ataques que los felinos carnívoros; la paloma mensajera con alas menos poderosas tarde o temprano se verá afectada en sus capacidades para procurarse un abasto regular de comida, en ambos casos el resultado debe necesariamente ser una disminución de la población de la especie modificada. Si por lo contrario, alguna especie produce una variedad con capacidades ligeramente incrementadas para preservar su existencia, esta variedad deberá inevitablemente adquirir con el tiempo una superioridad en número de individuos.

Estos resultados deben continuar tan ciertos como que la vejez, el desenfreno, o la escasez de alimento producen un incremento en la mortalidad. En ambos casos pueden existir muchas excepciones individuales, pero en promedio la regla invariablemente se mantendrá. Todas las variedades por consiguiente caerán en dos clases: aquellas que bajo las mismas condiciones nunca alcanzarían la población de la especie parental, y aquellas que con el tiempo obtendrían y mantendrían una superioridad numérica. Ahora permitamos que alguna alteración de las condiciones físicas ocurra en la zona - un largo periodo de sequía, una destrucción de la vegetación por langostas, la irrupción de nuevos animales carnívoros buscando “nuevas pasturas” -, cualquier cambio tendente a hacer la existencia más difícil para las especies en cuestión, y requiera utilizar mayores capacidades para evitar la completa exterminación: es evidente que de todos los individuos que componen la especie, aquellos que forman la variedad menos numerosa y más débilmente organizada sufrirán primero y, si la presión fuera severa, deberían extinguirse pronto. Las mismas causas en acción continua ocasionarán que la especie parental sea la siguiente en sufrir, deberá reducir gradualmente su número y con una recurrencia de condiciones desfavorables similares también para extinguirse. La variedad superior entonces permanecerá sola y al regreso de las circunstancias favorables deberían rápidamente incrementar sus números y ocupar el lugar de las especies y variedades extintas.

La variedad ahora habría reemplazado a la especie, de la cual sería una forma más perfectamente desarrollada y más altamente organizada. Estaría en todos aspectos mejor adaptada para garantizar su seguridad, y prolongar su existencia individual y la de la raza. Tal variedad no podría regresar a la forma original, ya que esta forma es inferior, y nunca podría competir con ella por la existencia. Concediendo, por lo tanto una “tendencia” a reproducir el tipo original de la especie, todavía la variedad debería de mantenerse preponderante en número, y bajo condiciones físicas adversa podría sobrevivir por sí sola. Pero esta nueva, mejorada, y populosa raza, podría por sí sola, con el paso del tiempo, dar lugar a nuevas variedades, exhibiendo diversas modificaciones divergentes de forma, cualquiera de las cuales, tendiendo a incrementar las facilidades para preservar su existencia, debería, por la misma ley general, ser predominante cuando llegue su turno. Aquí, entonces, tenemos una progresión y continua divergencia deducida de las leyes generales que regula la existencia de los animales en un estado natural, y del hecho incontestable de que las variedades en efecto ocurren frecuentemente. No es sin embargo, sostenible que el resultado sería invariable; un cambio en las condiciones físicas de la zona podría a veces materialmente modificarlo, haciendo a la raza que había sido más capaz de mantener la existencia bajo las condiciones anteriores hasta ahora, la menos apta, e incluso causando la extinción de la nueva, y por un tiempo, la superior raza mientras que las especies viejas o parentales y su primera variedad inferior continuarían

prosperando. Variaciones en partes poco importantes podrían también ocurrir, teniendo efectos no perceptibles en los poderes preservadores de la vida, y las variedades así abastecidas quizá seguirían un camino paralelo al de las especies parentales, ya sea dando origen a variaciones posteriores o regresando al tipo anterior.

Todo lo que argumentamos es que ciertas variedades tienen una tendencia a mantener su existencia más tiempo que las especies originales, y esta tendencia debe hacerse sentir; ya que, aun cuando la doctrina de las posibilidades o los promedios nunca puede ser confiable en una escala limitada, pero, si es aplicada a grandes números, los resultados se vuelven cercanos a los que la teoría exige y, mientras nos acercamos a una infinidad de ejemplos, se vuelve estrictamente certera. Ahora la escala en la que la naturaleza trabaja es tan vasta, los números de individuos y periodos de tiempo con los que ella trata se aproximan tanto al infinito, de forma que cualquier causa, por más ligera, y por más propensa a ser velada y contrarrestada por circunstancias accidentales, deberá al final producir sus resultados legítimos completos. [...].

EJERCICIO

Nombre _____

Fecha _____

Grupo _____

I. Responde el siguiente cuestionario, relacionado con la lectura:

1. Cuál es el objetivo del escrito de Wallace: “La tendencia de las variedades a alejarse definitivamente del tipo original”.
2. Cómo explica Wallace la idea “lucha por la existencia”
3. En términos de Wallace: ¿qué significa “divergencia”?
4. ¿Qué diferencias hay, de acuerdo a la lectura de Wallace, entre las modificaciones de las especies silvestres de las especies domésticas?



4. Theodosius Dobzhansky, 1973. “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”. [Fragmento]

Theodosius Dobzhansky, (nació el 25 de enero de 1900).

Genetista ucraniano. Estudió en la Universidad de Kiev y emigró a los Estados Unidos para trabajar con el zoólogo estadounidense Thomas Hunt Morgan en la Universidad de Columbia.

Sus estudios sobre genética de poblaciones, realizados fundamentalmente con la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), publicados en *Genética y el origen de las especies*, ha sido considerado como uno de los grandes arquitectos de la Teoría Sintética, Dobzhansky, es mundialmente conocido por su frase “nada tiene sentido en biología si no es considerado bajo el punto de vista de la evolución”.



Dobzhansky, Theodosius, 1973, “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”, *The American Biology Teacher*.

[Fragmento]

Diversidad de los seres vivos

La diversidad y la unidad de vida son aspectos igualmente sorprendentes y significativos del mundo vivo. Entre 1,5 y 2 millones de especies de animales y plantas se han descrito y estudiado. La diversidad de tamaños, estructuras y formas de vida es asombrosa y fascinante. Éstos son sólo algunos ejemplos:

El virus de la fiebre aftosa es una esfera de 8.12 mm de diámetro. La ballena azul alcanza los 30 m de longitud y 135 t de peso. Los virus son parásitos en las células de otros organismos, sus elementos esenciales son pequeñas cantidades de ADN o ARN, que subvierten la maquinaria bioquímica de las células huésped para replicar su información genética, en lugar de la del anfitrión.

Se trata de una cuestión de opinión, o de definición, si los virus se consideran organismos vivos o sustancias químicas peculiares. El hecho de que tales diferencias de opinión pueden existir es algo muy significativo. Esto significa que la frontera entre la materia viva e inanimada se borra. En el extremo opuesto se encuentra el espectro de complejidad o de simplicidad que tienen los animales vertebrados, incluido el hombre. El cerebro humano tiene alrededor de 12 mil millones de neuronas, las sinapsis entre las neuronas son tal vez mil veces numerosas.

Algunos organismos viven en una gran variedad de ambientes. El hombre está en la parte superior de la escala en este sentido. Él es no sólo una verdadera especie cosmopolita, sino que además, debido a sus logros tecnológicos, puede sobrevivir durante al menos un tiempo limitado en la superficie de la luna y en los espacios cósmicos. Por el contrario, algunos organismos son increíblemente especializados. Tal vez el más estrecho nicho ecológico de todos es que da lugar a una especie de la familia de los hongos *Laboulbeniaceae*, que crece exclusivamente en la parte posterior de los élitros del escarabajo *Aphenops cronei*, que se encuentra sólo en algunas cuevas de piedra caliza en el sur de Francia. Las larvas de la mosca *Psilopa petrolei* se desarrollan en las filtraciones de petróleo crudo en campos petroleros de California. Este es el único insecto capaz de vivir y alimentarse en el aceite, y como adulto puede caminar sobre la superficie del aceite, sólo si los tarsos están en contacto con el aceite siempre. Las larvas de la mosca *Drosophila carciniphila* se desarrollan sólo en los surcos néfricos debajo de las aletas del tercer maxilípodo del cangrejo *Geocarcinus ruricola*, que se sólo se encuentra en ciertas islas del Caribe.

¿Hay una explicación, para hacer inteligible la razón de esta diversidad colosal de los seres vivos? ¿De dónde

vienen estas, aparentemente superfluas y caprichosas criaturas extraordinarias, como el hongo *Laboulbenia*, el escarabajo *Aphenops cronei*, las moscas *Psilopa petrolei* y *Drosophila carciniphila*?

La única explicación que tiene sentido es que la diversidad ecológica ha evolucionado en respuesta a la diversidad del medio ambiente en el planeta Tierra. No hay una sola especie, que sea tan perfecta y versátil como para aprovechar todas las oportunidades de la vida. Cada una de las millones de especies tiene su propia manera de vivir y de conseguir el sustento del medio ambiente. Hay sin duda muchas otras formas posibles de vida aún no explotadas por cualquiera de las especies existentes, pero una cosa está clara: con menos diversidad ecológica, algunas oportunidades para la vida que quedan sin explotar. El proceso evolutivo tiende a llenar los nichos ecológicos disponibles. No lo hace consciente o deliberadamente, las relaciones entre la evolución y el medio ambiente son más sutiles y más interesantes que eso. El medio ambiente no impone cambios evolutivos en sus habitantes, como se postula en la teoría lamarckiana ahora abandonada. La mejor manera de prever la situación es la siguiente: el entorno presenta desafíos para las especies vivas, a la que más tarde puede responder por los cambios genéticos de adaptación.

Un nicho ecológico no ocupado, es una oportunidad sin explotar para la vida, en un sentido metafórico es un desafío. Así que un cambio ambiental como el clima de la Edad de Hielo ha dado lugar a un clima más cálido. La selección natural puede provocar una especie de vida para responder al desafío de los cambios genéticos de adaptación. Estos cambios pueden permitir que las especies que ocupan el nicho ecológico vacío anteriormente como una nueva oportunidad para vivir, o para resistir el cambio del medio ambiente si es desfavorable. Pero la respuesta puede o no puede tener éxito. Esto depende de muchos factores, el principal de los cuales es la composición genética de las especies de responder en el momento que se llama la respuesta. La falta de respuesta satisfactoria da como a la especie en cuestión, una vía hacia la extinción. La evidencia de los fósiles muestra claramente que el eventual final de la mayoría de las líneas de la evolución es la extinción. Organismos que ahora viven son descendientes exitosos de tan sólo una minoría de las especies que vivieron en el pasado y de las minorías más pequeñas cuanto más atrás se mira. Sin embargo, el número de especies vivas no ha disminuido, de hecho, probablemente ha crecido con el tiempo. [...]

La acción de la selección natural no es consciente o intencionada. "Una especie biológica no dice a sí misma, "Voy a tratar mañana (o un millón de años a partir de ahora) para crecer en un terreno diferente, o usar un alimento diferente, o subsistir en una parte del cuerpo distinta de un cangrejo diferente." Sólo un ser humano puede tomar decisiones tan consciente. Esta es la razón por la especie *Homo sapiens* es la cúspide de la evolución. La selección natural es al mismo tiempo un proceso ciego y creativo. Sólo un proceso creativo y los ciegos podían producir, por una parte, el éxito biológico tremendo que es la especie humana y, por otra, las formas de adaptabilidad tan estrechas y tan restrictivas como las de los hongos, el escarabajo, y las moscas antes mencionados.

Los anti-evolucionistas no pueden entender cómo la selección natural funciona. Se imaginan que todas las especies existentes se han generado por decreto sobrenatural hace unos pocos miles de años, más o menos como las encontramos hoy en día. Pero ¿cuál es el sentido de tener tantos como 2 o 3 millones de especies que viven en la tierra?. Si la selección natural es el principal factor que actúa sobre la evolución, cualquier número de especies es comprensible: la selección natural no funciona de acuerdo a un plan pre-ordenado, y las especies no se producen porque son necesarios para un propósito, sino simplemente porque hay una oportunidad ambiental genéticos y los medios para hacerlos posible [...].

Unidad de la Vida

La unidad de vida no es menos notable que su diversidad. La mayoría de las formas de vida son similares en muchos aspectos. Las similitudes biológicas universales son particularmente notables en la dimensión bioquímica. De virus para el ser humano, la herencia se cifra en tan sólo dos, sustancias químicamente relacionadas: ADN y ARN. El código genético es tan simple como que es universal. Sólo hay cuatro "letras" en el ADN: adenina, guanina, timina y citosina. Todo el desarrollo evolutivo de los seres vivos ha tenido lugar no por la invención de nuevos "letras" en el "alfabeto" genético, sino por la elaboración de combinaciones siempre nuevas de estas cartas.

No sólo es el ADN-ARN el código genético universal, también lo es el método de la traducción de las secuencias de las "cartas" en el ADN-ARN en las secuencias de aminoácidos en las proteínas. Los mismos 20

aminoácidos componen un sinnúmero de proteínas diferentes en todos, o al menos en la mayoría de los organismos. Diferentes aminoácidos están codificados por una hasta seis tripletes de nucleótidos en el ADN y el ARN. La bioquímica se extienden más allá del código genético y su traducción en proteínas: prevalecen en el metabolismo celular de los seres vivos más diversos: El trifosfato de adenosina, la biotina, la riboflavina, los hemos, la piridoxina, las vitaminas K y B12, participan en dicho metabolismo.

¿Qué hacen estos bioquímicos universales y cuál es su significado biológico? Sugieren que la vida surgió de la materia inanimada una sola vez y que todos los organismos, no importa ahora su diversidad, conservaron las características básicas de la vida es primordial [...]

Los notables avances de la biología molecular en los últimos años han permitido entender cómo es que diversos organismos se construyen a partir de materiales tan monótonamente similares: proteínas compuesto por sólo 20 tipos de aminoácidos y sólo codifica el ADN y el ARN, cada una con sólo cuatro tipos de nucleótidos. El método es asombrosamente simple. Todas las palabras, oraciones, capítulos y libros están formados por secuencias de 26 letras del alfabeto. (Pueden ser también representados por sólo tres señales del código Morse: punto, raya, y la brecha.) El significado de una palabra o una frase no se define tanto por lo que las letras que contiene como por las secuencias de estas letras. Lo mismo sucede con la herencia: es codificado por las secuencias de la genética "letras" de los nucleótidos en el ADN. Que se traducen en las secuencias de aminoácidos en las proteínas.

Los estudios moleculares han permitido un acercamiento a las medidas exactas de los títulos de las similitudes y las diferencias bioquímicas entre los organismos. . Algunos tipos de enzimas y otras proteínas son cuasi-universal, o al menos generalizada, en el mundo de los vivos. . Ellos son funcionalmente similares en los diversos seres vivos, ya que catalizan reacciones químicas similares. Pero cuando las proteínas son aisladas y sus estructuras determinadas químicamente, que se encuentran a menudo para contener secuencias más o menos diferentes de aminoácidos en diferentes organismos. Por ejemplo, las cadenas denominadas alfa de la hemoglobina tienen secuencias idénticas de aminoácidos en el hombre y el chimpancé, pero difieren en un solo aminoácido (de un total de 141) en el gorila, cadenas alfa de la hemoglobina humana difiere de la hemoglobina de la vaca en 17 sustituciones de aminoácidos, 18 de caballo, 20 de burro, 25 de conejo, y 71 de peces (carpa).

Es importante tener en cuenta que las secuencias de aminoácidos en un determinado tipo de proteínas varían dentro de una especie, así como de una especie a otra. Es evidente que las diferencias entre las proteínas a nivel de especie, género, familia, orden, clase, y el filo se componen de elementos que varían también entre individuos de una especie. Las diferencias individuales y de grupo de grupo no sólo son cuantitativas sino también cualitativas. . La evidencia que apoya las propuestas de arriba es amplia y está creciendo rápidamente. Gran parte del trabajo se ha hecho en los últimos años en las variaciones individuales en secuencias de aminoácidos de la hemoglobina de la sangre humana. Más de 100 variantes se han detectado. . La mayoría de ellos implican sustituciones de aminoácidos individuales – sustituciones que se han producido por mutaciones genéticas en las personas en quienes son descubiertos o en sus antepasados. Como era de esperar, algunas de estas mutaciones son perjudiciales para sus portadores, pero otras aparentemente son neutrales o incluso favorables en ciertos ambientes. Algunas hemoglobinas mutantes se han encontrado sólo en una persona o una familia, otros se descubren varias veces entre los habitantes de diferentes partes del mundo. Considero que todos estos hallazgos notables tienen sentido a la luz de la evolución.

La fuerza y la aceptación de la teoría

Visto a la luz de la evolución, la biología es, quizás, intelectualmente, la ciencia más satisfactoria e inspiradora. . Sin que la luz se convierta en un montón de hechos diversos algunos de ellos interesantes o curiosos, pero sin hacer imagen significativa en su conjunto.

Esto no quiere decir que sabemos todo lo que puede y debe ser conocido acerca de la biología y la evolución. Cualquier biólogo competente que tenga conocimiento de una multitud de problemas que aún están sin resolver y de preguntas aún sin respuesta. Después de todo, la investigación biológica no da señales de acercarse a la terminación, sino todo lo contrario. Los desacuerdos y enfrentamientos de opinión son moneda corriente entre los biólogos, como debe ser en una ciencia viva y en crecimiento. El error de los anti-evolucionistas es pretender confundir, estos desacuerdos con como indicadores del carácter dudoso de toda la doctrina de la evolución. Su deporte favorito es

uniendo las citas, cuidadosamente y en ocasiones por expertos fuera de contexto, mostrar que nada está realmente establecido o acordado entre los evolucionistas.

Voy a tratar de dejar muy claro lo que se establece fuera de toda duda razonable, y lo que necesita de mayor estudio, sobre la evolución. La evolución como un proceso que siempre ha sucedido en la historia de la tierra puede ponerse en duda sólo por aquellos que son ignorantes de las pruebas o son resistentes a las pruebas, debido a bloqueos emocionales o al fanatismo sin formato.. Por el contrario, los mecanismos que se llevan a cabo en la evolución sin duda es necesario que se estudien y aclaren. No existen alternativas a la evolución como la historia que puede soportar un examen crítico. Sin embargo, estamos en constante aprendizaje de hechos nuevos e importantes sobre los mecanismos evolutivos.

Es notable que a más de un siglo atrás, Darwin fue capaz de discernir tanto sobre la evolución sin tener a su disposición los datos clave descubiertos desde entonces. El desarrollo de la genética a partir de 1900, especialmente de la genética molecular, en las últimas dos décadas ha proporcionado información esencial para la comprensión de los mecanismos evolutivos. Pero gran parte está en duda y aún queda mucho por aprender. Esto es alentador e inspirador para cualquier científico que se precie. Imaginar que todo está completamente conocido y que la ciencia no tiene nada más por descubrir: ¡qué pesadilla! [...]

EJERCICIO

Nombre_____

Fecha_____

Grupo_____

Elabora un mapa conceptual en que se explique la unidad y la diversidad de los seres vivos:

Palabras clave: Unidad, diversidad, proteínas, ADN, y ARN, aminoácidos esenciales, nucleótidos, evolución biológica, ancestro común, composición química, especiación y extinción.

5. Motoo Kimura, 1983, *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. [Fragmento]



Motoo Kimura nació en Okazaki, Japón, el 13 de noviembre de 1924. Después de obtener su maestría en la Universidad de Kyoto, asistió a la Universidad de Wisconsin, donde recibió su doctorado en el año 1956. Después de su graduación, Kimura aceptó un nombramiento en el Instituto Nacional Japonés de Genética en Mishima. Se convirtió en jefe de la Genética de Poblaciones del Departamento en el Instituto en 1964. Su investigación se centró en los genes mutantes que no se expresan fenotípicamente.

Motoo Kimura, 1983, *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge University Press., New York, USA, pp. ix-xi.

El siguiente fragmento es una traducción de la presentación y la introducción del libro *La teoría neutralista de evolución molecular* de Motoo Kimura.

[Fragmento]

Este libro representa el intento de convencer al mundo científico de que la principal causa del cambio evolutivo que ocurre a nivel molecular – cambios en el material genético en sí mismo – es una fijación al azar de mutaciones selectivamente neutras o casi neutras más que por la selección darwiniana positiva. Esta tesis, que he llamado la teoría neutral de evolución molecular, ha causado una gran controversia desde que la propuse en 1968 para explicar algunos de los nuevos datos en evolución y variación a nivel molecular. La controversia no es sorprendente, ya que la biología evolutiva ha estado dominada durante más de medio siglo por el punto de vista Darwiniano de que los organismos han llegado progresivamente adaptarse a su entorno mediante la acumulación de mutaciones benéficas, y los evolucionistas, naturalmente, esperan que este principio se extienda a nivel molecular. La teoría neutral no es antagonista de la selección darwiniana, pero pone de manifiesto otra faceta del proceso evolutivo, haciendo hincapié en el papel de la mutación y de la deriva genética nivel molecular.

La teoría neutral tiene dos raíces, una de ellas es la teoría estocástica de la genética de poblaciones cuyo origen se remonta a la obra original e innovadora de R. A. Fisher, J. B. S. Haldane y Sewall Wright, de principios de la década de 1930, y es de naturaleza matemática.

La otra raíz es la genética molecular, que ha revolucionado nuestro concepto de la vida y cuyos efectos todavía estamos sintiendo. En particular, los avances moleculares han permitido el estudio de la evolución en los niveles más básico, en el mismo DNA-. Algo inimaginable hace dos décadas. El estudio de la variabilidad genética intraespecífica ha sido igualmente revolucionado por nuevos enfoques moleculares.

Muchos de los argumentos empleados para apoyar o refutar la teoría neutral son de naturaleza cuantitativa, y son a menudo meticulosos y difíciles; para comprenderlos es necesaria una cuidadosa y detallada explicación. Esta es una de las razones por las que este libro ha llegado a ser importante más que por ser una propuesta original. Además, en los últimos años se ha generado o una explosión de nuevos conocimientos sobre la teoría. Naturalmente, he tratado de incorporar la mayor cantidad de ellos, tanto como me ha sido posible.

Me da satisfacción observar que la teoría neutral ha sobrevivido más de una década de severas pruebas de muchos tipos, yo creo que su probabilidad de supervivencia es alta, aunque sin duda se pueden hacer modificaciones y refinamientos. A menudo se dice que la ciencia se desarrolla a través la cooperación de muchas personas en todo el mundo, y el tema tratado en este libro no es una excepción. Los lectores verán que han participado científicos de varias

nacionalidades.

Su trabajo, incluso ha contribuido aun cuando se hace para refutar la teoría. La teoría de la evolución natural ha tenido una evolución propia a través de la interacción entre los análisis teóricos y los experimentos y observaciones, como ocurre con un típico paradigma científico.

La escritura de este libro me ha costado tres años de intenso trabajo, pero me siento emocionado porque en 1982 se conmemora el centenario de la muerte de Charles Darwin. Su teoría de la evolución por selección natural ha sido el gran principio unificador de la biología. Con esta etapa de la evolución molecular tenemos un nuevo territorio en espera de la exploración. Espero que la teoría neutral represente un paso adelante en nuestra búsqueda de la comprensión molecular de la evolución y la variabilidad.

Instituto Nacional de Genética, Mishiuma, Marzo 1982, Motoo Kimura

Introducción

La teoría neutralista afirma que la gran mayoría de los cambios evolutivos a nivel molecular, como lo han revelado estudios comparativos de secuencias de proteínas y de DNA, no son causados por la selección darwiniana sino por un proceso de deriva génica generado por mutantes neutros o casi neutros. La teoría no rechaza el papel de la selección natural en la determinación del curso de la evolución adaptativa, asume que en la naturaleza una pequeña fracción de los cambios en el DNA durante la evolución son adaptativos, mientras que la gran mayoría de las sustituciones moleculares que no se manifiestan en el fenotipo, no tienen una influencia significativa para la supervivencia y para la reproducción y se distribuyen azarosamente a través de las especies.

La teoría neutral asegura que la mayor parte de la variabilidad intraespecífica a nivel molecular, se manifiesta por el polimorfismo de las proteínas, por lo que los alelos más polimórficos se mantienen en las especies, por introducción de mutaciones por extinciones azarosas. Es decir, la teoría neutral se refiere al polimorfismo de las proteínas y el DNA como parte de la evolución molecular, rechazando la idea de que la mayoría de los polimorfismos son adaptativos y que se mantienen en las especies por selección balanceadora.

La palabra neutral no se utiliza en un sentido estrictamente literal. El énfasis no está en la neutralidad en sí misma, sino en la mutación y en la deriva génica como principales factores explicativos.

Los genes mutantes que son importantes en el polimorfismo de la evolución molecular son lo suficientemente neutrales para tener la oportunidad de jugar un papel preponderante. Hasta donde la teoría se ha desarrollado, se ha puesto mayor atención en las constricciones moleculares selectivas, la selección actuando en forma indirecta (como por ejemplo en el relación entre el RNAt y la abundancia de codones) y muy poco en la selección negativa actuando sobre la fijación azarosa de los genes. La teoría no asume que la selección no juegue ningún papel, sin embargo, tampoco rechaza que una fracción apreciable de cambios moleculares sea por selección positiva o que los polimorfismos moleculares sean determinados por fuerzas selectivas balanceadoras.

Una posibilidad sería cambiar el nombre de la teoría por el de teoría de la deriva de mutaciones al azar, pero el término de “teoría neutral” ya se utiliza ampliamente y creo que es mejor no cambiar de caballo a mitad de la carrera. Quiero que el lector se dé cuenta de que la teoría neutral es la abreviatura de la teoría que afirma que a nivel molecular los cambios evolutivos y los polimorfismos se deben principalmente a mutaciones que son lo suficientemente neutrales con respecto a la selección natural, que su comportamiento y frecuencia se determinan principalmente por mutación aleatoria y por la deriva génica. También debo destacar que la teoría no niega la ocurrencia de mutaciones deletéreas. Por el contrario las limitaciones selectivas impuestas por selección negativa son una parte muy importante de la explicación neutralista de una parte importante de las características de la evolución molecular como lo detalló en el capítulo 7.

La teoría de la evolución clásica ha demostrado más allá de toda duda de que el mecanismo básico para la evolución adaptativa es la selección natural actuando sobre variaciones generadas por los cambios en los cromosomas y los genes. Estas consideraciones como el tamaño de la población y la estructura, la disponibilidad de oportunidades de

interacción ecológica con otras especies y en algunas situaciones familiares o, posiblemente, la selección de grupo juegan un papel importante en nuestra comprensión del proceso. Este campo ha sido enormemente enriquecido por la comprensión de la nueva biología molecular, que ha revelado posibilidades totalmente nuevas, adiciones inesperadas y restricciones. Ahora se tiene que considerar que la forma en la secuencia primaria de los aminoácidos se convierte en una estructura tridimensional, de acuerdo con su carácter hidrofílico o hidrofóbico lo que determina que estén en la superficie o en el interior, cuyo carácter tridimensional está asociado con funciones esenciales y no esenciales y otros aspectos detallados en la profundización del conocimiento de la proteínas.

Hay limitaciones de DNA causado por la doble hélice y el por emparejamiento de RNA, por la adecuación del uso de codones de RNA para eliminar las secuencias en que intervienen. Hay una cuestión totalmente nueva de la evolución del código genético, que se ha hecho pertinente por el descubrimiento de que las mitocondrias tienen un código diferente y variable. Hay un nuevo entendimiento de la evolución de los cromosomas que se ha hecho posible por medio de nuevas técnicas de microscopía. Existe la posibilidad de descubrir muchos más pseudogenes-análogos aparentemente menos funcionales que los genes conocidos que han sido revelados por métodos de clonación y secuenciación rápida de DNA.

Tenemos que considerar “DNA egoísta”, transposones y otros posibles mecanismos por los cuales el genoma incrementa y disminuye el tamaño y el papel del “DNA basura” por lo que el estudio de la evolución adaptativa sigue siendo un tema muy apasionante desde Darwin, pero enriquecida por niveles más profundos gracias a la revolución molecular.

Pero, en mi opinión, el resultado más sorprendente que surge de los estudios moleculares es que los cambios de nucleótidos en el tiempo y la variabilidad de nucleótidos en las poblaciones, en un momento dado, son selectivamente neutras o casi neutras, de modo que los aumentos y disminuciones en las frecuencias mutantes se deben principalmente al azar. Es notable, creo que su comportamiento se puede calcular a partir de la teoría de procesos estocásticos, teoría que hasta hace poco ha sido considerada como demasiado académica para tener aplicaciones biológicas reales. Además, como explicaré en el capítulo 7 y en otras partes de este libro, muchos de los fenómenos recién descubiertos anteriormente enumerados apoyan la teoría neutral, un ejemplo más dramático es el rápido cambio evolutivo de los pseudogenes.

Superpuesto a este cambio al azar de las frecuencias de nucleótidos están los cambios adaptativos por la selección natural en un ambiente siempre cambiante y el proceso sistemático de eliminación de las mutaciones deletereas. Estos temas son de interés y para los evolucionistas.

El cuadro completo, sin embargo, deben incluirse todos los cambios que ocurren en el ADN, por insignificante que sean los efectos en el fenotipo.

El tratamiento matemático de los procesos genéticos de azar puede iluminar algunos secretos oscuros de la evolución. Además, no debemos pasar por alto la posibilidad de que algunos de los alelos neutros pueden ser ventajosos en condiciones ambientales adecuadas o un fondo genético difiere por lo tanto los mutantes neutros tienen un potencial latente para la selección. Esto significa que los mutantes moleculares polimórficos, aunque sean neutrales, selectivamente bajo las condiciones existentes de una especie, puede ser la materia prima para la evolución adaptativa en el futuro. La fijación al azar de mutantes neutros se considera como “el ruido evolutivo” por ser engañosa. También, hay la posibilidad (como lo mostraré en la sección 6.7) que la extensión de la evolución neutral ocurra bajo la estabilización de la selección fenotípica, si hay un gran número de *loci* segregantes (o sitios) que están incluidos en un carácter cuantitativo. En este caso, los genes que son sustituidos por una deriva aleatoria los que son responsables de la variabilidad fenotípica pertenecen a la misma clase.

En el *Webster's Third International Dictionary* se define la evolución como proceso por el cual cualquier organismo vivo o de un grupo de organismos ha adquirido los caracteres morfológicos y fisiológico que lo distinguen. Esta definición fue totalmente apropiada para la época de Darwin y para la primera mitad del siglo XX (tenga en cuenta que Darwin utilizó el término “descendencia con modificación” y estableció que las especies cambian por la preservación y la acumulación de variaciones sucesivas favorables).

Pero, con todos los cambios que la biología molecular ha revelado—ninguno de sus cambios es visible a simple vista— es necesaria una definición mucho más amplia. En este libro, al igual que en anteriores debates de la teoría neutral, incluyo en la palabra evolución, todos los cambios, grandes y pequeños, visibles e invisibles, adaptativa y no adaptativos. En algunos casos, la evolución puede producirse incluso por la fijación al azar de mutantes muy poco nocivos, cuyos coeficientes de selección son igual o ligeramente mayor que las tasas de mutaciones.

Los dos primeros capítulos de este libro estará dedicado a la historia de las teorías sobre el mecanismo de la evolución. Esto establecerá a la teoría neutral de la evolución molecular desde una perspectiva histórica adecuada. En la segunda mitad del capítulo 2, voy a documentar cómo la teoría neutral llegó a ser propuesta. El capítulo 3 servirá como una introducción sistemática a la teoría. Los lectores que quieran aprender rápidamente acerca de la teoría están invitados a leer este capítulo, pasando por alto los dos primeros.

En el capítulo 4, se presentan y se contrastan con las características de la evolución molecular las principales características de la evolución a nivel fenotípica, como lo demuestra la historia de los vertebrados con especial referencia a las tasas de evolución. Una discusión más general de las principales características de la evolución molecular seguirá en el capítulo 5.

Ahora bien, para hacer la evaluación correcta de la teoría neutral, es esencial analizar correctamente la selección natural. Así, la definición, tipos y la acción de la selección natural se revisará en el capítulo 6. Este servirá como una introducción a la teoría clásica de la genética de poblaciones.

La mayoría del material en este capítulo, excepto el de la última sección, se refiere a la teoría determinista.

Me he sentido consternado en diversas ocasiones cuando se invoca la selección natural como una panacea para explicar prácticamente cualquier aspecto de la evolución y la variación. Es fácil inventar una explicación seleccionista para casi cualquier observación específica.

Tales excesos explicativos se pueden evitar cuando se es más cuantitativo. Esta es una razón por la que se escribió el capítulo 6. En el capítulo 7 voy a mostrar cómo el paradigma naturalista puede hacer frente a diversos hechos de observación procedentes de los estudios moleculares de la evolución. En los datos de la realidad de la revolución molecular se han añadido elementos de evidencia para la teoría neutral, y esté en voluntad de ser discutida ampliamente en este capítulo. Estoy convencido de que ninguna teoría existente puede dar mejores coherentes explicaciones de los hechos. Este capítulo en relación con el próximo capítulo constituyen el núcleo de este libro. En el capítulo 8, se presentará un relato extenso de la teoría estocástica de la genética de poblaciones y de varios modelos que se han utilizado para tratar de explicar la evolución y la variación a nivel molecular. Para la mayoría de los lectores de esta sección particularmente el capítulo de 8.3 en adelante puede ser difícil de leer. Esto es inevitable por la naturaleza intrincada de estas cuestiones, aunque pondré mi mejor esfuerzo para presentar el material con la mayor claridad posible.

Los lectores que están interesados principalmente en el aspecto biológico (en lugar de las propiedades matemáticas de varios modelos) pueden pasar al siguiente capítulo, después de terminar las dos primeras secciones (8.1 y 8.2). El capítulo 9 trata de lo que ha sido considerado por algunos como el problema más importante que enfrenta actualmente la genética de poblaciones.

Voy a demostrar que la teoría neutral no sólo ha resistido varias pruebas, sino que ha demostrado ser útil para explicar los niveles de heterocigosis bajo varias circunstancias (como haploidía vs diploidía, el sitio enzimático monomérico contra el dimérico o tetramérico, etc). Recientemente, la teoría neutral ha ganado fuerza en el tratamiento del problema de la variabilidad intraespecífica en el nivel molecular.

En el último capítulo 10 se resume el trabajo conjunto y se dan algunas conclusiones finales.

Estoy convencido de que la teoría neutral, como se explica en este libro, es correcta en sus detalles esenciales, aunque sin duda se perfeccionará en el futuro como lo ha sido el pasado. El árbitro final es el tiempo, pero los nuevos datos pueden aparecer quizá en corto tiempo.

3. De acuerdo a Kimura, ¿qué se entiende por variación intraespecífica?

- a) variación entre organismos de diferentes especies.
- b) variación entre organismos de la misma especie.
- c) variación entre organismos tanto de la misma como de diferente especie.

6. Stephen Jay Gould, 2004, La estructura de la teoría de la evolución. [Fragmento]



S. J. Gould, nació en septiembre de 1941 en Nueva York, en 1963 se graduó en Geología en el Antioch College, y se doctoró en la Universidad de Columbia en 1967. En ese mismo año obtuvo el puesto de Ayudante del Conservador del Museo en paleontología invertebrada en Harvard, en 1971 se convirtió en profesor de geología, y en Conservador del Museo en 1973.

En 1982 fue nombrado Profesor de zoología "Alexander Agassiz".

Aunque el aspecto más conocido de Gould fue su capacidad para hacer llegar la ciencia al público en general, quizás la aportación más notable fue junto con Niles Eldredge la teoría evolutiva del "Equilibrio puntuado". Teoría que explica que, las especies permanecen durante largos espacios de tiempo apenas alteradas, y que en breves períodos de crisis se produce un gran número de novedades evolutivas. Este razonamiento entró en contradicción con los evolucionistas tradicionales que apoyaban una evolución "gradualista".

Stephen Jay Gould, 2004, La estructura de la teoría de la evolución. Turquets. Barcelona.

[Fragmento]

Las Afirmaciones Primarias del Equilibrio Puntuado

Datos y Definiciones.

Antes que nada, la Teoría del equilibrio puntuado trata de un nivel particular de análisis estructural ligado a un marco temporal particular. G.K. Chesterton (1874-1936). El famoso escritor inglés, escribió que todo arte es limitación, por que la esencia de cualquier pintura se encuadra en su marco. El mismo principio para la ciencia, donde pretender demasiado, o un dominio de aplicación demasiado amplio, a menudo condena una buena idea a una indefinición fofa y vacua.

El equilibrio puntuado no es una teoría sobre todas las formas de rapidez, a cualquier escala o nivel, en biología. El equilibrio puntuado aborda el origen y despliegue de las especies en el tiempo geológico. El estilo de cambio puntuacional caracteriza también fenómenos a otra escalas (como la extinción en masa catastrófica iniciada por impactos de bólidos); y los proponentes del equilibrio puntuado se convertirían en especialistas aburridos si no se interesaran por los diferentes mecanismos responsables de las similitudes en las pautas generales de estabilidad y cambio en los variados dominios de la naturaleza, por que la ciencia siempre ha buscado la unidad en esta forma de abstracción. Pero la teoría del equilibrio puntuado (una teoría de cambio y estabilidad para un fenómeno central de la evolución) no aborda directamente la potencial coordinación de la historia de las faunas, o los límites del cambio mutacional viable entre un organismo parental y su descendencia en la siguiente generación.

Lo que intenta explicar la teoría del equilibrio puntuado es el papel macro-evolutivo de las especies y la especiación tal como se expresa en el tiempo geológico. Sus enunciados sobre rapidez y estabilidad describen la historia de las especies individuales, y sus afirmaciones sobre ritmos y estilos tratan del trazado de éstas historias individuales en el dominio no familiar del tiempo geológico, donde la duración de una vida humana está por debajo de cualquier posible apreciación, y la historia entera de la civilización humana es a la duración de filogenia primate como un parpadeo a una vida humana. Los postulados del equilibrio puntuado presuponen la escala apropiada de los procesos microevolutivos en esta inmensidad geológica, el punto central que Darwin omitió al asumir falsamente que la "lentitud" de la modificación en los animales domesticados o las plantas de cultivo (en relación a nuestra escala del tiempo ordinaria, en la que toda la historia humana, y muchas generaciones más, han contemplado cambios sustanciales en

poblaciones, pero ningún origen de nuevas especies) se traduciría a escala geológica en la continuidad y lentitud de gradualismo filético.

Una vez que reconocemos que las definiciones para los dos conceptos clave de estasis y puntuación describen la historia de las especies individuales a la escala del tiempo geológica, podemos establecer criterios sensatos y operativos. Como proposición central, el equilibrio puntuado sostiene que la gran mayoría de especies, como evidencian sus historias anatómicas y geográficas en el registro fósil, surgen en momento geológicos (puntuaciones) y luego persisten durante toda su vida geológica. Sepkoski, 1997, da una estimación de 4 millones de años para la duración media de las especies fósiles; los valores medios varían ampliamente entre grupos y épocas, correspondiendo los menores a los vertebrados terrestres y los mayores a los invertebrados marinos. En cualquier caso la longevidad geológica se mide primariamente en millones de años y no miles). La principal implicación evolutiva de esta pauta es que las especies cumplen todos los criterios definicionales para funcionar como individuos darwinianos en el dominio de la macroevolución.

Esta proposición central encarna tres conceptos que requieren significados operativos definidos: estasis, puntuación y frecuencia relativa dominante. (No olvido los espinosos problemas que plantea la definición de especies a partir de datos fósiles, donde la anatomía prevalece como criterio principal y el aislamiento reproductivo casi nunca puede estimarse directamente, así como la presunta correspondencia entre los “paquetes” morfológicos que los paleontólogos describen como especies y el concepto tal como lo entienden y manejan los estudiosos de las poblaciones modernas de organismos sexuales.

La estasis no significa “estabilidad rocosa” o invariancia temporal manifiesta de los valores medios de todos los rasgos. En el contexto macroevolutivo del equilibrio puntuado, necesitamos saber, por encima de todo, si el cambio morfológico tiende a acumularse a lo largo de la vida de una especie y, si es así, que proporción de la diferencia entre una especie ancestral y otra descendiente puede atribuirse al cambio incremental del ancestro durante su historia anagenética. El equilibrio puntuado afirma la tesis fuerte de que en la mayoría de casos, no se acumula ningún cambio efectivo. La anatomía de una especie justo antes de su extinción no difiere sistemáticamente de la que tiene al entrar en el registro fósil, usualmente varios millones de años antes.

Por supuesto admitimos que los valores medios fluctuarán a lo largo del tiempo. Después de todo, las medias estimadas variarían aun en el caso de que los valores poblacionales permanecieran prácticamente constantes (cosa que no ocurre). Y si se tienen suficientes muestras en una secuencia vertical, algunas deberán incluir valores medios (para algunos caracteres) que se desvíen significativamente de los correspondientes a la muestra más antigua. Esta fluctuación también implica que la población final no será idéntica a la muestra inicial.

En términos operativos, por lo tanto, necesitamos establecer criterios para la fluctuación temporal permisible de los valores medios. Hay que resolver dos asuntos: la magnitud de la diferencia admisible entre muestras iniciales y finales de una especie, y la fluctuación temporal permisible. Puesto que queremos confirmar la hipótesis de que el cambio acumulado por anagénesis durante la vida de la mayoría de especies es ínfimo o nulo, y no podemos esperar que (bajo ésta hipótesis) las últimas muestras serán absolutamente idénticas a las primeras, deberemos predecir a) que las muestras finales no diferirán estadísticamente, por algún criterio convencional de las formas iniciales o, como mínimo, b) que las muestra finales no se saldrán del rango de variación observado durante la historia anterior de la especie (si lo hacen entonces podemos pensar que ha habido anagénesis).

En cuanto a la magnitud de la fluctuación permisible, lo ideal sería poder estudiar la extensión de la variación geográfica entre poblaciones contemporáneas de la especie o su pariente vivo más cercano. Si la variación temporal se mantiene dentro del rango de variación espacial en todo momento, entonces la especie ha permanecido en estasis. Obviamente este criterio óptimo no es aplicable a los grupos extintos hace tiempo, pero deberíamos de disponer de una variedad de alternativas como puede ser la comparación de la amplitud de variación temporal de una especie fósil con la variación geográfica conocida de un pariente vivo y lo más cercano y extendido posible. Cuando se trata de especies neógenas sí es factible aplicar el criterio anterior porque las especies mismas o al menos algunos parientes muy próximos, todavía existen. En la documentación más elegante de estasis para una fauna entera de especies de moluscos, Stanley y Yang (1987) aplicaron el criterio ideal y hallaron que la fluctuación temporal permanecía dentro del rango de la

variación geográfica de la misma especie. De éste modo certificaron la estasis de la manera más conveniente desde el punto de vista biológico.

Puesto que la estasis es un dato, mientras que la puntuación representa por lo general una transición no discernible cuando se evalúa por la expresión usual de los datos fósiles en el tiempo geológico, necesitamos formular una definición apropiada de rapidez. (El equilibrio puntuado no afirma nada sobre la posibilidad de tasas de cambio calificables de rápidas según la vara de medir de la longevidad humana. Por lo tanto recalco que el equilibrio puntuado no arroja ninguna luz sobre el viejo y controvertido tema de la especiación saltacional o macromutacional.) En primera aproximación el lapso de tiempo abarcado por un plano de sedimentación representa el límite de resolución en la práctica geológica. Cualquier evento de especiación dentro del intervalo abarcado por la mayoría de los planos de sedimentación raramente será discernible por que la evidencia de la transición entera estará comprimida en una sola capa estratigráfica o “instante geológico”.

Pero los límites de resolución estratigráfica varían ampliamente de manera que un plano de sedimentación puede representar desde unos pocos años, o muchos miles de años en la mayoría de las circunstancias. No podemos por lo tanto formular una definición que equipare la puntuación a una “simultaneidad de plano de sedimentación”. (Después de todo, una definición así excluiría, casi perversamente, la “disección” de una puntuación en los casos admitidamente raros, pero preciosos, de sedimentación lo bastante rápida y completa para que un evento de especiación no quede comprimido en un único plano de sedimentación, sino distribuido en un intervalo estratigráfico lo bastante amplio para registrar su historia).

En vez de eso las puntuaciones deben definirse en relación a la duración de la estasis subsiguiente (porque el equilibrio puntuado, que era una teoría de cronologías relativas, afirma que una especie desarrolla sus rasgos distintivos “al nacer” y luego lo mantiene en estasis durante toda su longevidad geológica).

Estas cronologías tienen un papel importante en el reconocimiento de las especies como individuos darwinianos; para una crítica de los criterios de individualidad “ordinarios”.

No conozco ningún modo riguroso de trascender la arbitrariedad en la definición del intervalo permisible para el origen puntuacional de una especie. Puesto que las definiciones deben enmarcarse en teorías, y el principal interés teórico del equilibrio puntuado es la posibilidad de tratar las especies como individuos darwinianos en el ámbito macroevolutivo, quizá no sea mala idea comparar la especiación con la gestación de un organismo. Si el periodo de gestación representa un 1-2 por ciento de la vida del ser humano, podemos asumir una proporción comparable para la especiación puntuacional en relación a la estasis posterior.

Para una longevidad específica media de 4 millones de años, un 1% representa 40.000 años de margen para la especiación. Cuando reconocemos que un proceso de tal duración debería considerarse gradual -y extremadamente lento- a la escala microevolutivo convencional de la vida humana, y que ese mismo lapso representa un instante geológico comprimido en un único plano de sedimentación en la gran mayoría de las circunstancias, entonces es fácil entender que las puntuaciones del equilibrio puntuado no representan saltaciones, sino eventos de especiación ordinarios a la escala geológica apropiada.

La puntuación sí es un producto de la comprensión en un solo plano de sedimentación, de manera que es imposible discernir la pauta temporal del evento de especiación; es más, a menudo la puntuación observada responde a la aún más indeseable circunstancia de un registro incompleto (el argumento clásico de Darwin) o una pauta parcial (cuando lo que se registra es la irrupción migratoria de una especie originada antes en otra parte). Puesto que, por otro lado, la estasis proporciona un registro activo (y a menudo excelente) de estabilidad, es comprensible que la defensa empírica del equilibrio puntuado se haya centrado en la más fácil documentación del equilibrio, y menos en las puntuaciones. Pero no debemos concluir, como han objetado algunos autores, es inverificable o incluso impermeable a la documentación, por lo que la tesis del equilibrio puntuado debe sustentarse empíricamente sólo en el dato parcial de la estasis. Puede que la puntuación sea más difícil de documentar, pero se han notificado muchos casos y se han desarrollado varios métodos para su comprobación rigurosa.

EJERCICIO

Nombre _____

Fecha _____

Grupo _____

I.- Realiza una representación gráfica de la teoría del equilibrio puntuado propuesta por este autor, en donde pueda observarse claramente los períodos de estasis y puntuación.