



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**El uso de las TIC en el fortalecimiento disciplinario de los  
docentes en contenidos de evolución para educación  
secundaria**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**REBECA ORTEGA SALAS**



**DIRECTORA DE TESIS:  
M EN C. ERÉNDIRA ÁLVAREZ PÉREZ  
México D. F. 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.

Agradezco:

A Ignacio Ortega, mi padre, que en paz descanse, por haber dejado un gran legado, su filosofía de vida:

“Vivir cada instante como si fuera el último

Vivir el presente

Dar sin esperar nada a cambio

Dar en vida hermano, en vida”.

A Rodriga Salas, mi madre, que es una persona maravillosa, inquebrantable, honesta y digna.

A Ignacio, Mary, Sonia y Arturo, mis hermanos, por ser tan solidarios, los amo.

A José Luis, mi compañero de vida, por ser mi fortaleza y debilidad

A Tania y José Luis mis hijos, que le dieron sentido y luz a mi vida

A Eréndira, mi directora de tesis, por ser tan paciente, por compartir sus conocimientos, por la pasión y entrega que muestra y trasmite a cada uno de sus tesisas

A Doris, Guille, Rosy, Naye, Paty, Vero, Vianney mis amigas, por los buenos momentos compartidos a lo largo de tantos años

A Naty, Fer, Nancy, Diego, Simón, Arturo, Cesar, Angélica mis sobrinas y sobrinos

A Doña Josafat mi suegra, por amar tanto la vida y a Guille mi cuñada, por ser tan dadivosa

A la UNAM, por ser una universidad formadora de ciudadanos productivos

## ÍNDICE

Introducción	1
<b>Capítulo 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS</b>	<b>4</b>
1. 1 Biología evolutiva	4
1.1.1 Teorías preevolutivas	4
1.1 .2 Teorías evolutivas	4
1.1.2.1 Teoría de la evolución por selección natural y variación	5
1.1.3 Teoría sintética	6
1.2 Evidencias de la evolución	9
1.2.1 La paleontología..	9
1.2.2. La morfología..	10
1.2.3 La biogeografía.	10
1.2.4 La embriología	11
1.2.5 Biología molecular	11
1.3 Fundamento pedagógico-didáctico	12
1.3.1 Teorías psicológicas del aprendizaje	13
1.3.1.1 Teoría humanista.	13
1.3.1.2. Teoría cognitiva..	13
1.3.1.3 Teoría constructivista	14
<b>Capítulo 2. CONTEXTO INSTITUCIONA</b>	<b>16</b>
2.1 Qué es el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa	16
2.1.1 Programas de educación a distancia	16
2.2 Red Escolar	18
<b>Capítulo 3. PROCESO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>20</b>
3.1 Desarrollo de la investigación	20
3.2 Resultados	21
3.2.1 Investigación documental	21

3.2.2 Resultados de exámenes nacionales para la actualización de los maestros en servicio (ENAMS)	22
3.2.3 Núcleos problemáticos del contenido evolución	23
<b>Capítulo 4. PROPUESTA</b>	<b>25</b>
4.1 Característica de un curso en línea	25
4.2 Diseño de un curso en Línea	26
4.3 Consideraciones Finales	45
Referencias bibliográficas	46
ANEXOS	51
Anexo 1	51
Anexo 2	65
Anexo 3	72
Anexo 4	89
Anexo 5	105

# **El uso de las TIC en el fortalecimiento disciplinario de los docentes en contenidos de evolución para educación secundaria**

## **Introducción**

La afirmación de Dobzhansky de que “En Biología nada tiene sentido, si no es a la luz de la evolución” (Bascompte y Luque, 2012), expresa con claridad la importancia de comprender la evolución pues es la base que fundamenta e integra los conocimientos relacionados con la Biología, los cuales, permiten explicar por qué el mundo vivo es cómo es, a qué se debe la diversidad, el origen de las especies y la adaptación de estas al medio en que viven

Sin embargo, está documentado que existe dificultades en el dominio del contenido de evolución por parte de los profesores de educación secundaria y dado que es un conocimiento nuclear para entender la Biología es necesario que los docentes fortalezcan el conocimiento sobre este tema, para ello, en esta tesis se propone un curso línea.

El escrito está estructurado en cuatro capítulos:

En el capítulo 1 se presenta el modelo teórico a enseñar, las evidencias que dieron contundencia al hecho de que los seres vivos evolucionan. y las teorías psicológicas de aprendizaje que sustentan el modelo pedagógico en el que se basa la propuesta del curso en línea.

En el capítulo 2 se hace mención de los programas enfocados al uso de las tecnologías en la educación, que implementan e instrumenta el Instituto Latinoamericano de la Educación Educativa (ILCE) lugar en donde se desarrolló esta tesis

En el capítulo 3 se describen las fases que se llevaron a cabo en la investigación para la localización bibliográfica, revisión, análisis y selección de la información que estructura la propuesta.

En capítulo 4 se muestra el diseño de contenidos y el diseño instruccional del curso en línea

#### Objetivo general

Diseñar un curso en línea de Evolución con el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para docentes de educación secundaria de la asignatura de Ciencias I, Biología.

#### Objetivo particular

Fortalecer el dominio disciplinario que requieren los profesores para enseñar los contenidos de Biología evolutiva de educación secundaria.

#### Premisa

Los resultados de evaluaciones realizadas a profesores en servicio por el Programa Nacional de Actualización Permanente (PRONAP) evidencian que los profesores de educación secundaria de la asignatura de Ciencias I (Biología) presentan dificultad en el dominio del tema de Evolución. Diseñar un curso en línea utilizando las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) como herramienta, es una alternativa viable para fortalecer en los docentes el dominio disciplinario y didáctico de estos contenidos.

#### Planteamiento del Problema

Las dificultades que presenta la enseñanza aprendizaje del concepto de evolución están ampliamente documentadas en diversas investigaciones (Berovides 1993, Hernández 2002, Sánchez 2000, Maciel 2005, Martínez de Lara. 2005, entre otros autores).

En esta investigación se detectó que los resultados académicos de los exámenes nacionales que se aplicaron a los maestros en servicio en el 2000, 2006 y 2007 por El Programa Nacional de Actualización Permanente

(PRONAP) evidencian que los profesores muestran dificultad en diversas áreas de conocimiento, entre las que resalta, por la importancia que reviste para comprender a los seres vivos, la falta de dominio disciplinario de contenidos de evolución (SEP, Cuadernillos diagnóstico, 2000,2006 y 2007). Lo que explica, en buena medida, las causas por las que se complica la enseñanza y el aprendizaje de estos temas.

Al mismo tiempo y relacionado con las opciones de formación y actualización que tienen los docentes, es frecuente que en diversos espacios de formación se privilegie el uso de TIC y se deje de lado, en segundo término o sin considerar los contenidos.

### Relevancia del Tema

El Programa de estudios 2006 Educación de Secundaria de Ciencias I (Biología) pretende que los alumnos fortalezcan habilidades, valores, actitudes y conceptos básicos que les permitan: Identificar la ciencia como proceso histórico y social en actualización permanente, con los alcances y las limitaciones propios de toda construcción humana. Participar de manera activa e informada en la promoción de la salud con base en la autoestima y el estudio del funcionamiento integral del cuerpo humano. Valorar la importancia de establecer interacciones con el ambiente que favorezcan su aprovechamiento sustentable. Conocer más de los seres vivos, en términos de su unidad, diversidad y evolución (Programa de estudios, 2006, p. 33).

Alcanzar las metas planteadas conlleva a que los alumnos puedan resolver problemas, aplicar el conocimiento, desarrollar habilidades en la búsqueda de información que les sea de utilidad, el reto es que los profesores logren que alumnas y alumnos desarrollen estas habilidades, actitudes y conocimiento, para esto se requieren cambios en la manera de concebir la educación, tener apertura para transformar las prácticas educativas, y tener dominio de los contenidos es un factor central para cumplir los propósitos planteados.

En este contexto, en el modelo de capacitación utilizado en el programa de Red Escolar se propone hacer uso de las TIC como una herramienta para el docente, que coadyuve al logro de los objetivos planteados y acceda al conocimiento de forma diferente.



Sin embargo; contar con estos dispositivos tecnológicos no es garantía por sí misma de la transformación de las prácticas educativas, se requiere preparar adecuadamente a los profesores desde la Biología para que en su práctica docente incorporen el uso de estos recursos como apoyo y no como fin. Dada la formación de la que suscribe y experiencia laboral de diecisiete años en diseño instruccional y de contenido en cursos en línea, en esta tesis se propone un curso en línea con uso de las TIC para abordar el contenido de Evolución en educación secundaria con la finalidad de que los profesores fortalezcan el dominio disciplinario que requiere éste.

## Capítulo 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS

### 1. 1 Biología Evolutiva

#### 1.1.1 Teorías evolutivas.

A lo largo de la historia de la humanidad se ha tratado de explicar los cambios que han tenido los seres vivos, las teorías que han dado cuenta de tan complejo fenómeno son la teoría de Lamarck, la teoría de Darwin y la teoría Sintética mismas que se abordarán en este capítulo y en la propuesta de trabajo de tesis.

A principios del siglo XIX Jean-Baptiste de Monet, caballero de Lamarck dio a conocer la primera teoría evolucionista con fundamentos que explican el proceso por el que las especies cambian a través del tiempo de formas simples a formas complejas.

Lamarck plantea que cuando un organismo utiliza un órgano o una estructura en forma constante la refuerza, si por el contrario no la utiliza en forma permanente se atrofia. Esta característica adquirida por el uso y desuso es heredada a los descendientes siempre y cuando se den en ambos sexos. (Cárdenas, 2004)

De estos principios Lamarck plantea dos leyes.

Del uso y desuso

En todo animal...el uso más frecuente y sostenido de un órgano cualquiera fortifica este órgano, lo desarrolla, lo agranda y le da una potencia proporcional a la duración de este uso; mientras que la falta constate del uso del mismo órgano lo debilita sensiblemente, lo deteriora, disminuye progresivamente sus facultades, y termina por hacerlo desaparecer.

## De la herencia de los caracteres adquiridos

Todo lo que en la naturaleza ha hecho adquirir o perder a los individuos con la influencia de las circunstancias a que su raza se encuentra expuesta desde hace mucho tiempo, y por consiguiente bajo el empleo predominante de un órgano o por la falta constante de uso de tal parte, lo conserva a través de las generación de nuevos individuos que provienen de ella, mientras que los cambios sean comunes a los dos sexos o a los que han producido estos nuevos individuos. (Lamarck, 1809. Citado por Hernández 2002)

Lamarck es el primer científico que plantea un mundo dinámico en cambio permanente, defensor de cambios graduales y de la inmensa edad de la Tierra. Para Lamarck la evolución se produce por el impacto que tiene el ambiente en los organismos el cual determina el uso y permanencia o desuso o desaparición de un órgano.

Así, de acuerdo con esta explicación, la variación es causada por el ambiente mismo y estos cambios son transferidos a las siguientes generaciones por la herencia de los caracteres adquiridos en cada generación.

### 1.1.2. Teoría de la evolución por selección natural y variación.

En 1859 Charles Darwin publica El origen de las especies libro que fue la punta de lanza en el cambio de la a visión de la historia evolutiva de los seres vivos, en esta obra da a conocer la teoría de la evolución por selección natural y variación: Según esta teoría los organismo mejor adaptados tiene mayores posibilidades de sobrevivir y engendrar las siguientes generaciones. (Mayr 1995, p. 326)

Los postulados de esta teoría son:

- Las especies cambian continuamente: se originan unas y extinguen otras.

- En la mayoría de las especies, el número de individuos que sobreviven y se reproducen en cada generación es pequeño en comparación con el número total producido inicialmente.
- El proceso de evolución es gradual y continuo; no hay saltos o cambios súbitos
- Los organismos semejantes están emparentados, lo que sugiere que descienden de un antepasado común
- El cambio evolutivo es el resultado de la selección natural, proceso que consta de dos fases: producción de variabilidad y la supervivencia en la lucha por la existencia, en donde los organismos mejor adaptados tienen mayor posibilidad de adaptarse y reproducirse. (Cárdenas ,2004, p.8)

Con la teoría de la evolución por selección natural se dio un gran paso en el conocimiento de la historia evolutiva de los organismos, pues se pudo dar una explicación científica a fenómenos tales como; el proceso de cambio de los seres vivos, la constitución y funcionamiento de los organismos, la extinción de algunas especies y surgimiento de otras, la adaptación de las especies ante el ambiente cambiante en donde habitan y la diversidad de la vida.

### 1.1.3 Teoría sintética

Surge de la integración de la teoría de la Selección natural de Darwin y de los principios de genética de Mendel.

El primer grupo de genetistas que contribuyeron en la construcción de la teoría sintética son: W. Johannsen, W. Castle , Nilson- Ehle, E. East, E. Baur, y T.H. Morgan las investigaciones que realizaron permitieron conciliar por primera vez los postulados de Darwin con la genética Mendeliana. Los experimentos realizados por estos genetistas probaron como la selección natural actúa de forma acumulativa sobre pequeñas mutaciones.

En la década de los 30 del siglo XX, otro grupo de genetistas que ayudaron a la cimentación de la teoría sintética de la evolución son R.F. Fisher, J.B.S. Haldane y S. Wright, sentaron las bases de una nueva disciplina, la genética de poblaciones, que se enfocaba al estudio del cambio de las frecuencias genéticas en las poblaciones.

La publicación del libro “La genética y el origen de las especies” obra de Theodosius Dobzhansky sentó las bases del paradigma sintético de la evolución, en este libro explica el desarrollo del proceso evolutivo, como un proceso de cambio gradual de las frecuencias génicas de las poblaciones sobrevenido como consecuencia de la acción de la selección natural sobre la variabilidad individual, cuya existencia derivaba de la continua ocurrencia de mutaciones y recombinaciones genéticas, las cuales se transmitían a la descendencia conforme a los postulados mendelianos. Posterior a la obra de Dobzhasky surgieron investigaciones de diversos científicos que contribuyeron a la comprensión del proceso evolutivo, entre ellos se encuentra el zoólogo alemán Ernst Mayr, el biólogo británico Julian Sorell Huxley y el paleontólogo norteamericano George Gaylord Simpson. Ernst Mayr develó los mecanismos implicados en el proceso de especiación, señalando al aislamiento geográfico como principal causa de la diferenciación de las especies. (Ruiz y Ayala, 2002, p. 293)

J.S. Huxley en su obra “Evolución; la síntesis moderna” (1942), dio nombre a la moderna teoría de la evolución, explicó la evolución como un proceso de cambio gradual del acervo genético de las especies, regido por la actuación de la selección natural, sobre la base de la existencia de mutaciones y recombinaciones. Por su parte G.G. Simpson en su obra, “Tiempo y modo en la evolución” (1944), propone la existencia de diferentes niveles de evolución y diferentes modalidades de cambio evolutivo. Todas estas aportaciones contribuyeron en 1947 a la promulgación oficial de “La Moderna Teoría Sintética de la Evolución” en un congreso que tuvo lugar en Princeton E.E.U.U (García, 2008)

Los principios fundamentales de la Teoría Sintética de la Evolución que se consideran constituyen aún hoy el núcleo de la Biología evolutiva ( Futuyma, 2009 citado por Galli 2011) son:

- Se distingue el fenotipo, el conjunto de rasgos “observables” del organismo, del genotipo, el conjunto de genes contenidos en todos el ADN del organismo.
- Se niega la herencia de los caracteres adquiridos, vale decir, se considera que los cambios fenotípicos debidos a la influencia ambiental no afectan los genes que el individuo pasa a la siguiente generación.
- La herencia se basa en partículas que mantienen su identidad (no se mezclan) a través de las generaciones. Esto vale tanto para los rasgos de variación discreta como para los de variación continua.
- Los genes mutan dando lugar a formas igualmente estables llamadas alelos, cuyos efectos fenotípicos son muy variables. La recombinación genética asociada a la reproducción sexual amplifica esta diversidad genética.
- El cambio evolutivo es un proceso poblacional que implica un cambio en la abundancia relativa de organismos individuales con diferencias genotípicas.
- Las tasas de mutación son demasiado bajas como para producir cambios fenotípicos a nivel poblacional; dichos cambios se deben a procesos azarosos (deriva génica) o no azarosos (selección natural).
- La selección natural puede dar cuenta tanto de las grandes diferencias entre las especies como de las pequeñas.
- La selección natural puede alterar las poblaciones más allá del rango original de variación al incrementar la frecuencia de alelos que, por recombinación con otros genes que afectan un mismo rasgo, dan origen a nuevos fenotipos.
- Las poblaciones naturales son genéticamente variables por lo que pueden evolucionar rápidamente cuando las condiciones ambientales cambian.

- Poblaciones de una especie en diferentes regiones geográficas difieren en las características que tienen una base genética.
- Las diferencias entre especies, y entre poblaciones de la misma especie, suelen basarse en diferencias en muchos genes, usualmente con pequeños efectos fenotípicos, lo que abona la idea de que las diferencias entre especies han evolucionado por pasos más bien graduales.
- Las diferencias entre poblaciones de una especie suelen ser adaptativas y, por lo tanto, consecuencia de la selección natural.
- Especies diferentes representan diferentes “pooles génicos”, esto es, las especies son grupos de individuos que potencialmente pueden aparearse y que no intercambian genes con otros grupos similares.
- La especiación es el origen de dos o más especies a partir de un único ancestro común y ocurre usualmente por la diferenciación genética de poblaciones geográficamente separadas.
- Los taxones superiores se originaron por prolongada acumulación de pequeñas diferencias más que por el súbito origen mutacional de “tipos” drásticamente diferentes.
- Las “lagunas” en el registro fósil se deben a su carácter incompleto. De todos modos, dicho registro muestra numerosas gradaciones desde aparentes ancestros hasta sus posibles descendientes. Así, los principios que explican la evolución de poblaciones y especies pueden ser extrapolados a la evolución de los taxones superiores.

## 1.2 Evidencias de la Evolución

### 1.2.1 La Paleontología

Es la ciencia que estudia los fósiles de especies animales y vegetales, el registro fósil nos proporciona una historia del pasado que demuestra un cambio evolutivo a lo largo de 4000 millones de años.

Existen fósiles u organismos que muestran los estados intermedios entre una forma ancestral y la de sus descendientes, fenómeno que se le conoce como formas de transición. Pakicetus, se describe a menudo como un antepasado primitivo de las ballenas actuales. A pesar de que los Pakicétidos eran mamíferos terrestres, se considera que están emparentados con las ballenas y los delfines, debido a que en el cráneo tiene los orificios nasales en la parte delantera, mientras que el cráneo de la ballena gris actual tiene los orificios nasales en la parte alta. De estos dos especímenes se deduce que la posición de los orificios nasales ha cambiado a lo largo del tiempo y, por lo tanto, que hay una forma intermedia, el Aetiocetus en el que la posición de los orificios nasales está intermedia entre la forma ancestral, Pakicetus, y la ballena gris actual.

A través del estudio del registro fósil se ha reconstruido la historia evolutiva o filogenia de los seres vivos y se ha podido determinar el periodo en el que vivieron (García, 2008, p.101).

### 1.2.2. La Morfología.

Es una de las disciplinas de la Biología, que estudia la forma de los seres vivos: los humanos, perros, ballenas, y aves sorprendentemente tienen un conjunto de huesos homólogos: el húmero, radio y cubito a pesar de que comparten estas estructuras óseas tienen diferentes modos de vida y habitan en medios diversos, las ballenas pueden nadar, los perros pueden correr, los humanos pueden escribir, las aves pueden volar, esto indica que estos animales heredaron estas estructuras esqueléticas de un antepasado común y que estas se modificaron a medida que se adaptaban a diferentes modos de vida lo cual explica la semejanza de dichas estructuras.( Ayala,2012, p. 250)

### 1.2.3 La Biogeografía.

Estudia la distribución geográfica de los seres vivos: La distribución geográfica de los seres vivos muestra una progresiva diversificación adaptativa que les ha permitido colonizar nuevos ambientes. Las especies se originan en áreas concretas a partir de la cual se dispersan colonizando nuevos ambientes dando lugar a un proceso de especiación que genera un mayor número de especies.

Ejemplo de diversificación de especies es la de los pinzones de las Islas Galápagos se produce en una situación de aislamiento geográfico, en donde la población inicial se divide en dos o más subpoblaciones entre las que no existe contacto y por ende tampoco cruzamiento reproductivo, las diferentes subpoblaciones de esta división en su intento de adaptación a las condiciones particulares de su entorno van sufriendo de manera gradual una serie de cambios derivando de esto el surgimiento de nuevas especies. Con este proceso de especiación se pudo explicar a qué se debía la enorme biodiversidad observada en la naturaleza, el origen de nuevos taxones y el desarrollo de nuevas líneas evolutivas (García, 2008, p. 105).



#### 1.2.4 La Embriología.

Ciencia que estudia la formación y desarrollo de los embriones de diferentes animales: el estudio del desarrollo embrionario de especies como los peces, mamíferos, y reptiles muestra que éste es similar durante los primeros estadios y se van diferenciando a medida que el embrión se acerca a la madurez. Los patrones de desarrollo embrionario común reflejan el parentesco evolutivo.

#### 1.2.5 Biología molecular.

Es una disciplina de la Biología que ha proporcionado las evidencias más sólidas de la evolución de los organismos. Confirma la evolución de dos maneras: al demostrar la unidad de la vida en la estructura del DNA y el funcionamiento de los organismos al nivel de las enzimas y de otras moléculas proteicas; y al reconstruir relaciones evolutivas.

El DNA y las proteínas son llamadas macromoléculas, están constituidas por secuencias de unidades nucleótidos en el DNA y aminoácidos en las proteínas. La comparación de la secuencia de los componentes de dos macromoléculas establece cuántas unidades son diferentes o similares lo que determina el grado de parentesco entre las especies: Las especies estrechamente emparentadas poseen secuencias de DNA muy similares mientras que las que tienen más diferencias tiene una relación remota. Cada uno de las macromoléculas que contiene un organismo proporciona una evidencia de su historia evolutiva (Ayala, 2012, p. 223).

### 1.3 Fundamento Pedagógico-Didáctico

Con la Reforma Educativa 2006 de Educación Secundaria de Ciencias I, (Biología) se hace un replanteamiento de los contenidos de ésta disciplina en los Planes y Programas de Estudio cuyo objetivo es que el alumno adquiera una formación científica, para lo cual, la enseñanza aprendizaje se debe de orientar a que los alumnos:

- Desarrollen habilidades del pensamiento científico y sus niveles de representación e interpretación acerca de los fenómenos y procesos naturales.
- Reconozcan la ciencia como actividad humana en permanente construcción cuyos productos son utilizados según la cultura y las necesidades de la sociedad.
- Participen en el mejoramiento de la calidad de vida, con base en la búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas y la toma de decisiones en beneficio de su salud y ambiente.
- Valoren críticamente el impacto de la ciencia y la tecnología en el ambiente tanto natural como social y cultural.
- Relacionen los conocimientos científicos con los de otras disciplinas para dar explicaciones a los fenómenos y procesos naturales, y aplicarlos en contextos y situaciones diversas.
- Comprendan gradualmente los fenómenos naturales desde una perspectiva sistémica

Los propósitos son: fortalecer habilidades, valores, actitudes y conceptos básicos que les permitan identificar la ciencia como proceso histórico y social en actualización permanente, con los alcances y las limitaciones propios de toda construcción humana. Participar de manera activa e informada en la promoción de la salud con base en la autoestima y el estudio del funcionamiento integral del cuerpo humano. Valorar la importancia de establecer interacciones con el ambiente que favorezcan su aprovechamiento sustentable. Conocer más de los seres vivos, en términos de su unidad, diversidad y evolución. (Programa de estudios secundaria, 2006, p.21)

Dirigir el aprendizaje a la formación científica del alumno, implica identificar un modelo de enseñanza aprendizaje que permita cumplir con las metas planteadas y que responda a las necesidades de la sociedad, donde la enseñanza no se limite a la transmisión de conocimientos y el aprendizaje no se reduzca a una memorización o mecanización de conceptos, por el contrario, se propongan aprendizajes que lleven al alumno a comprender, asimilar y reflexionar para poder aplicar los nuevos conceptos a las distintas situaciones y necesidades de su entorno . En congruencia con este planteamiento el modelo que se toma para el diseño de un curso en línea es el del programa de Red Escolar, el cual propone una docencia centrada en el alumno, promoviendo aprendizajes activos, en donde el tutor sea una guía de la adquisición de conocimientos, mediante un proceso de saber compartido entre el tutor y el docente en formación , lo cual conlleva a la necesidad de una nueva organización de las actividades de enseñanza aprendizaje en donde se integran las tecnologías de información y comunicación.

El modelo de los cursos en línea de Red Escolar se enmarca en las teorías psicológicas de aprendizaje humanista, cognitivista y constructivista,

### 1.3.1.1 Teoría humanista

La aplicación del aprendizaje humanista en la educación en línea se refiere; propiciar el desarrollo integral del docente, a su autorrealización, a la concreción de sus necesidades y aspiraciones, por lo que el tutor del curso en línea debe crear las condiciones necesarias, que faciliten el proceso de aprender, centrando su metodología en el aprendizaje vivencial y en la autoevaluación que posibilite la autocrítica y la autoconfianza de los docentes en formación (Lafarga, 1981, p. 37).

El docente aprende mientras impulsa y promueve todas las exploraciones, experiencias y proyectos que surgen de su experiencia a fin de obtener aprendizajes vivenciales con sentido. Impulsa su propio aprendizaje en cuanto éste llegue a ser significativo para él mismo, Esto sucede cuando en la experiencia se involucra al docente en su totalidad cuando se incluyen sus procesos afectivos y cognitivos, y cuando, además, los saberes los comparte con sus pares. (Roger, 2000, p. 241.)

### 1.3.1.2 Teoría cognitiva.

El enfoque Cognitivo estudia los procesos psicológicos que contribuyen a construir el conocimiento que las personas poseen del mundo y de sí mismo. Su objeto de estudio se refiere a los sistemas cognitivos, trata de comprender los procesos psicológicos con los que los sujetos establecen sus relaciones, como es la percepción, atención, memoria, razonamiento entre otros. Explica cómo es que los hechos, conceptos, reglas y otras formas de conocimiento se organizan y representan para que puedan ser almacenados y usados. Considera a la persona como un procesador de información activo cuyas experiencias lo llevan al conocimiento, a buscar información para la solución de problemas y reorganizar lo que ya sabe para adquirir nuevos conocimientos. (Woolfolk, 1990)

En congruencia con este enfoque en los cursos en línea el docente organiza la información de tal manera que le posibilite relacionar, la nueva información con el conocimiento ya existente. Dicho énfasis cognitivo implica que la mayor parte de las actividades presentadas en los cursos en línea incluyen:

- Comprensión de que el docente acude al proceso instructivo con diferentes conocimientos y experiencias de aprendizaje, lo que determinará sus logros en el mismo
- Búsqueda de la forma más efectiva de organizar y estructurar la nueva información para conectar con sus experiencias, habilidades y conocimientos previamente adquiridos por el docente
- Adaptación de la práctica y la retroalimentación, de manera que la nueva información sea efectiva y eficientemente asimilada y acomodada en la estructura cognitiva del docente en formación (Ausbeld, 1983).

#### 1.3.1.3 Teoría constructivista.

En la teoría del constructivismo social, Lev Vygotsky concibió al sujeto como un ser eminentemente social, uno de los postulados más importantes es el que mantiene que todos los procesos psicológicos superiores comunicación, lenguaje y razonamiento, se adquieren primero en un contexto social y luego se internalizan. Siendo la internalización el resultado de un determinado comportamiento cognitivo en un contexto social (Bodner, 1986).

Desde el enfoque de Vygotsky el aprendizaje no es considerado como una actividad individual, sino más bien social. El alumno aprende de forma más eficaz cuando lo hace en un contexto de colaboración e intercambio con sus compañeros, aprender del otro y con el otro (Edith Litwin, 2005).

En los cursos en línea se utilizan foros como herramientas de comunicación que estimulan y favorecen el aprendizaje, al propiciar discusiones en grupo y el poder de la argumentación en la discrepancia entre docentes que poseen distintos grados de conocimiento sobre un tema.

Bajo este contexto, esta investigación se guía por los siguientes principios que coadyuvarán al diseño del curso en línea para abordar el contenido de evolución:

- Seleccionar objetivos, actividades y contenidos que le den un carácter funcional al conocimiento, permitiendo que éste surja de la respuesta a problemas e interrogantes y retome los conocimientos previos de los docentes en formación.
- Integrar en los aprendizajes, los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la Biología.
- Atender a la diversidad del grupo, como factor que enriquece la práctica y pensar en el aula como un espacio dinámico, con posiciones variables acorde a la actividad y con diferentes puntos de partida.
- Implementar estrategias de enseñanza que dejen explícito el papel del alumno y el del maestro.
- Organizar su enseñanza entendiendo al conocimiento como algo a construir y no como algo dado; favorecer la reconstrucción del conocimiento a través de la resolución de problemas.
- Diseñar las actividades de tal manera que los docentes en formación puedan investigar, ser capaces de buscar información, dar solución a problemas y a la realización de descubrimientos
- Propiciar la interacción de docentes-tutor: docentes- docentes.

## Capítulo 2. CONTEXTO INSTITUCIONAL

### 2.1 Qué es el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE)

El Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa es un organismo internacional con personalidad jurídica y patrimonio propio; está conformado por trece países de América Latina y el Caribe: Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras,

México, Nicaragua, Panamá, Paraguay y Venezuela, siendo México el país sede. Desde 1956, fecha en que fue fundado, ha dedicado sus acciones a implementar e instrumentar programas encaminados al uso de la tecnología dentro de la educación como una alternativa para elevar la calidad de este servicio, en todos sus países miembros.

Así, durante su trayectoria ha proporcionado a las instituciones educativas diversos materiales como videocasetes, audio cassetes, diaporamas, software, programas televisivos y material impreso, cuyo contenido se enfoca a fortalecer los contenidos establecidos en los planes y programas oficiales de la educación básica de nuestro país. La Secretaría de Educación Pública (SEP) ha encomendado diferentes proyectos para su implementación y operación al ILCE.

En 1985 le fue encomendado el Programa Computación Electrónica en la Educación Básica (COEEBA) que introdujo la informática a nivel nacional en educación primaria y secundaria, e incluso se iniciaron las acciones para cubrir el bachillerato y preescolar.

#### 2.1.1 Programas de Educación a Distancia

En 1995 en coordinación con la unidad de Televisión Educativa y Telecomunicaciones de México se le encomienda al ILCE El Programa de Educación a Distancia que se conforma de los siguientes proyectos:

- Red Satelital de Televisión Educativa (EDUSAT)
- SEPA Inglés
- SEC XXI Ciencias y Matemáticas con Tecnología
- Secundaria a Distancia para Adultos (SEA)
- Videoteca Nacional educativa (VNE)
- Red Escolar

Red Edusat

En 1995 entró en operación, teniendo como su principal objetivo ser un elemento de apoyo para la enseñanza en la educación formal y no formal, con una perspectiva tecnológica al servicio de la educación y de la igualdad.

#### SEPA Inglés

Da inicio en 1998 es un programa de educación a distancia de la lengua inglesa en un nivel intermedio.

#### SEC XXI Ciencias y Matemáticas con Tecnología

En 1999 surge este proyecto que propone el uso de las tecnologías de la comunicación y la información como herramientas para la enseñanza de las asignaturas de física, química, Biología y matemáticas con base en los planes y programas de estudio de nivel secundaria y proporciona materiales educativos específicamente diseñados para aprovechar los recursos que ofrecen esas tecnologías. Asimismo, ofrece un modelo para el equipamiento en las escuelas que permite a los usuarios acceder de manera eficiente y operativa a dos importantes plataformas tecnológicas de cobertura mundial: la Red satelital EDUSAT, y la red informática Red Escolar.

#### Secundaria a Distancia para Adultos (SEA)

Fue creado en marzo de 2000 está dirigido a la personas jóvenes y adultas de México que no cursaron o dejaron incompleta la educación secundaria, para que puedan concluir la sin necesidad de acudir todos los días a una escuela regular.

El plan de estudios de SEA es formativo, pertinente y flexible. Tanto en el nivel inicial como en el avanzado, los estudiantes adquieren conocimientos útiles para la vida. Al finalizar el ciclo se obtiene el certificado de estudios de secundaria

#### Videoteca Nacional Educativa (VNE)

Es un organismo descentralizado que ofrece servicios de acopio, preservación, sistematización y distribución de materiales educativos digitales, a través de la concentración con diversas instituciones para la organización, capacitación y consolidación de estándares de documentación audiovisual.

## 2.2 Red Escolar

Es un programa que busca enriquecer la experiencia en el aula poniendo a la mano del maestro y del alumno, las tecnologías disponibles para hacerla más significativa, amena, participativa, e integral, a partir de la presentación de proyectos colaborativos y cursos y talleres en línea de actualización y capacitación con una amplia gama de posibilidades para la investigación, documentación, retroalimentación y construcción del conocimiento, generando nuevas rutas de acceso a la información, con la intención de contribuir al fortalecimiento del logro de los estándares educativos de las escuelas primarias y secundarias del país.

Gracias a las experiencias adquiridas en cuanto a la evolución y transformaciones en el ámbito educativo, en el uso de los medios y sus tecnologías se han generado propuestas pedagógicas e investigaciones académicas en cuanto a la introducción de las tecnologías en las aulas; producto de este trabajo permanente y considerando que el sistema educativo no puede dejar en un papel secundario la inserción de los maestros en la cultura tecnológica y el análisis y procesamiento de datos e información, éste programa lleva a las escuelas del país, a los centros de maestros y a hogares en general, materiales relevantes que ayudan a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de las tecnologías de información y comunicación; promoviendo el intercambio de propuestas educativas y de recursos didácticos.

Este programa se enmarca en un modelo constructivista y flexible a través de los medios se busca que los involucrados en procesos educativos



maximicen sus capacidades de aprendizaje en un ámbito de permanente actualización y libertad pedagógica. Tiene como propósito que los protagonistas del proceso enseñanza-aprendizaje lo vivan de una manera diferente a la que se plantea en la enseñanza habitual y promueve el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo con base en el trabajo colaborativo. En corrientes pedagógicas humanista y cognitivista, ofreciendo a alumnos y docentes, modelos que les ayudan ser constructores, facilitadores, mediadores e investigadores de conocimientos y aprendizajes significativos, reconociéndose mutuamente como sujetos con características propias e individuales y como seres activos que logran ser autodidactas, gracias a las múltiples interacciones sociales e individuales con el objeto de conocimiento, lo que les permite desarrollar sus habilidades de investigación, confrontación de fuentes, redacción, argumentación y retóricas en general. Este es el programa en el que se enmarca el trabajo de tesis que se presenta.

Lo anterior implica que el docente debe hacer uso de las tecnologías de información y comunicación y al hacerlo se auxilia para la generación, apropiación y difusión del conocimiento y facilita el aprendizaje, pues el uso de los medios tecnológicos incide y activa a más de uno de los sentidos, fomentan y enriquecen la interacción y el trabajo en equipo con otros docentes así como la influencia respecto a su uso por parte de otros docentes y aún de los propios alumnos. Las TIC como herramientas en el proceso de enseñanza aprendizaje es una excelente posibilidad para abordar un tema tan complejo como lo es la evolución para ello se propone un curso en línea en el que los temas centrales son las teorías evolutivas los mecanismos que permiten la evolución: selección natural, deriva genética, mutación y migración. Adaptación y biodiversidad.

## Capítulo 3. PROCESO DE INVESTIGACIÓN

### 3.1 Desarrollo de la investigación

Esta tesis surge de la inquietud de identificar un contenido que presente mayor dificultad en la enseñanza a los profesores de secundaria que imparten la asignatura de Biología, para la elaboración de un curso en línea que les permita fortalecer su dominio disciplinario.

Las líneas de acción para determinar dicho contenido fueron:

Revisión bibliográfica, en libros, revistas, congresos, artículos, que dieran cuenta del contenido (s) que presenta mayor dificultad en la enseñanza aprendizaje de Biología en secundaria. Con base en la revisión bibliográfica se identificó el contenido que presenta mayor insuficiencia en su dominio, la Evolución.

Consulta de libros y artículos que plantean el desarrollo histórico de la Evolución de los seres vivos.

Consulta de literatura que sustenta el modelo pedagógico didáctico de la propuesta del curso en línea del trabajo de tesis.

Consulta de documentos del modelo científico a enseñar a través del curso en línea.

Búsqueda y recopilación de los registros de resultados de los exámenes aplicados a los profesores de secundaria en servicio por el Programa Nacional de Actualización Permanente (PRONAP) que determinan el nivel de dominio de los contenidos de Biología por parte de los profesores.

## 3.2 Resultados

### 3.2.1 Investigación documental.

Diversas investigaciones (Guillén, 1994, Campos et al, 1999, Paz, 1999) han mostrado que la evolución presenta una serie de conceptos que los alumnos de educación básica encuentran difíciles de construir. Paz (op. Cit.),

encontró que la mayoría de los postulados en los que se sustenta la teoría sintética de la evolución no son reconocidos por los alumnos en su connotación biológica y gran parte de esas fallas conceptuales se deben a deficiencias de preparación de la temática por parte del docente. Los alumnos, y al parecer los docentes, no logran establecer relaciones entre sus nociones sobre evolución biológica y las explicaciones ofrecidas por los científicos.

Otras causas son la complejidad propia del concepto de evolución, la falta de conocimientos previos, la influencia de creencias religiosas, la inadecuación de los materiales didácticos, la inadecuada formación del profesorado y la existencia y persistencia de concepciones alternativas incompatibles con los modelos científicos y el insuficiente conocimiento de los profesores de ciencias (Smith 2010a, 2010b).

El tema de la evolución biológica, en las escuelas para formadores de maestros no lo incluían en los planes de los normalistas de 1960, 1972, 1984, 2000 (SEP, 1993, Básica, 1995). En lo que respecta a los planes de educación secundaria en la reforma de 1993, es cuando el tema de evolución adquirió una mayor intención formativa en el currículo de Biología para secundaria. En el programa se planteó un cambio en los enfoques de enseñanza en donde los procesos evolutivos adquieren especial relevancia y se presentan como conceptos introductores para la comprensión de procesos biológicos de lo macro a lo micro. (Plan de estudios, 1993)

Los contenidos de Biología en los planes de estudio del 1993, se plantearon a partir de conceptos generales e integradores; evolución, ecología, y genética se estudiaban en primer grado de secundaria, mientras que en segundo de secundaria se estudiaba temas más particulares tales como el funcionamiento del cuerpo humano, célula, salud.

En la reforma de planes y programas del 2006 de educación secundaria en el curso de Ciencias I con énfasis en Biología, los contenidos se acotan al

primer grado de secundaria. En el bloque 1 se aborda el tema de la evolución de la vida: Las aportaciones de Darwin, relación entre adaptación y selección natural y la biodiversidad como resultado de la evolución.

(Plan de estudios, 2006).

### 3.2.2 Resultados de Exámenes Nacionales para la Actualización de los Maestros en Servicio (ENAMS)

Los Exámenes Nacionales para la Actualización de los Maestros en Servicio (ENAMS) son una estrategia formativa que evidencia el logro académico alcanzado por los profesores sustentantes en relación con las habilidades y los conocimientos disciplinarios y didácticos abordados en los cursos nacionales de actualización o en los programas de formación continua dentro y fuera de la escuela.

Los ENAMS tienen el propósito de alentar y reconocer los procesos de formación emprendidos por las maestras y los maestros en servicio, y contribuyen a transformar sus prácticas educativas al brindarles elementos para la toma de decisiones y el diseño de estrategias para mejorar el aprendizaje de los alumnos en las escuelas de educación básica.

#### Características de los exámenes

- Responden a la oferta educativa de formación continua y evalúan los aprendizajes obtenidos durante su desarrollo.
- Son exámenes estandarizados porque cuentan con reglas fijas de diseño, elaboración, aplicación y calificación.
- Son de opción múltiple con cuatro opciones de respuesta de las cuales sólo una es correcta y tienen una extensión máxima de 80 preguntas.
- Se califican conforme a criterio, lo cual implica comparar el resultado obtenido por el sustentante con los niveles de dominio establecidos.
- El tiempo establecido para responderlo es de máximo tres horas.

- Su cobertura es nacional y se realiza en un mismo horario y fecha en cada ciclo escolar.

De los resultados académicos que se obtuvieron en el Examen Nacional para la Actualización de los Maestros en Servicio, PRONAP elabora un Cuadernillo de diagnóstico. En el cual se registra el nivel de dominio de los contenidos fundamentales de la práctica docente o función directiva que fueron evaluados.

### 3.2.3 Núcleos Problemáticos del contenido Evolución

De la revisión y análisis de resultados obtenidos de la evaluación realizada a los maestros en servicio en los años 1991, 2000, 2001, 2006 y 2007 que se reportaron en los cuadernillos de diagnóstico elaborados por el PRONAP, se detectó que uno de los contenidos que presenta serias dificultades en su dominio es el de evolución en forma recurrente en los diferentes años que se evaluó.

Los núcleos problemáticos detectados son:

En los años 1991, 2000, 2001 (Pallares 2004)

- Confusión sobre los conceptos de selección natural y variabilidad
- Confusión de las grandes teorías evolutivas
- Confusión sobre los efectos del ambiente en la expresión genética
- La concepción de la teoría de la evolución que se tiene es la que postulo Lamarck
- Desconocimiento sobre la fuente de variabilidad en los organismos
- Desconocimiento sobre el concepto de caracteres heredables
- Desconocimiento de la relación entre los trabajos de Mendel con los de Darwin
- Confusión en la relación entre selección natural y adaptación
- Profundo desconocimiento sobre origen y evolución del ser humano

En el año 2006 (SEP, cuadernillo diagnóstico 2006)

- Dificultad en la comprensión de las teorías de evolución.
- Desconocimiento de los mecanismos que explican el origen de las nuevas especies
- Confusión en los conceptos: variabilidad, mutación deriva genética, recombinación y selección natural

En el año 2007 (SEP, cuadernillo diagnóstico 2007)

- Problemas para identificar las diversas manifestaciones bióticas y abióticas ocurridas en las eras geológicas y periodos correspondientes
- Confusión de las características de una era geológica con la de otra
- Existe la idea errónea de considerar la evolución humana como un proceso lineal
- Se confunde los planteamientos del proceso evolutivo a través del tiempo de los diferentes investigadores Predarwinianos, Darwinianos y Teoría sintética
- Se confunde el concepto de variabilidad genética
- Confusión de los fundamentos de la teoría sintética
- Confusión de las aportaciones de Mendel

## Capítulo 4. PROPUESTA

### 4.1 Característica de un curso en línea

El curso propuesto se basa en el modelo de Los Cursos y Talleres en Línea del Programa de Red Escolar cuyo desarrollo lleva a los participantes a elaborar propuestas que hagan uso de recursos de las tecnologías de la informática y la comunicación en los procesos educativos.

Los cursos en línea se caracterizan por ser ambientes virtuales de aprendizaje y tienen como propósitos fundamentales:

- Desarrollar habilidades de comunicación e investigación entre los profesores y directivos
- Documentar y difundir la experiencia docente de los profesores de educación básica, a través de un banco de estrategias didácticas construidas por ellos.
- Crear nuevos espacios de comunicación y colaboración entre los profesores, directivos y padres de familia del país (principalmente) para la generación de comunidades de aprendizaje.
- Elaborar estrategias que fortalezcan contenidos curriculares de educación básica

Los cursos se caracterizan por:

- La modalidad educativa es a distancia
- Los asistentes participan de manera voluntaria
- Duración promedio de 60 horas
- Hay un tutor que acompaña, orienta y asesora al alumno
- Hay un tutor por cada 20 participantes
- La comunicación es asíncrona (la interacción entre los participantes no es en tiempo real) a través del correo electrónico, los foros de discusión y la conversación en línea.
- Operan en la Plataforma Moodle (LMS)
- Los medios de información y comunicación que se utilizan incluyen diferentes aspectos de las telecomunicaciones; como por ejemplo: el correo electrónico, la red de información mundial (Word Wide Web), videos digitales, material impreso, foros de discusión
- Los contenidos están diseñados para fortalecer las tres habilidades docentes: dominio de los temas curriculares, didáctica y conocimiento de la etapa de desarrollo del alumno, con materiales e información actualizada
- En cada curso se elabora un producto que es aplicado en el aula

#### 4.2 Diseño de un curso en Línea

## La Enseñanza de la Evolución con el uso de las TIC

### Introducción

El curso está dirigido a docentes de educación secundaria de Ciencias I, Biología. Tiene una duración de seis semanas organizadas en cuatro módulos. Está diseñado para llevarse a cabo en la modalidad a distancia. Utiliza las tecnologías de información y comunicación (TIC) como herramientas en el proceso de aprendizaje de los docentes en formación pues estas tienen como características: la inmaterialidad la cual ofrece la oportunidad de construir conocimiento sin espacios o materiales que se encuentren físicamente en el entorno, acceso a un sinnúmero de obras, libros, videos, información, se puede encontrar cualquier material de apoyo que se necesite. Permiten establecer comunicación en tiempo real a través de redes sociales como el chat, el twitter y comunicación asincrónica en los foros, en el correo electrónico no existe barreras en tiempo y espacio. (Hernández, 2008, p.4) El modelo pedagógico del curso se basa en principios que promueven el aprendizaje colaborativo, el cooperativo y el acompañamiento para favorecer la socialización y la interactividad con el tutor y los docentes en formación. Asimismo, la flexibilidad para acceder de manera asincrónica a las actividades, a los foros de discusión y a los recursos didácticos, lo que permite desarrollar la autonomía en el estudio y apoyar el autoaprendizaje necesarios para la formación del docente.

Para el cumplimiento de estos principios el curso ofrece los siguientes recursos:

- Metodología didáctica que propicia la búsqueda y análisis de información; además de potenciar los saberes conceptuales, procedimentales y actitudinales de los participantes.
- Utilizar una plataforma LMS (*Learning Management System*) donde se encuentran todos los medios y recursos para el desarrollo del curso.
- Utilización de herramientas en línea para el intercambio de experiencias y discusiones colectivas, así como sitios para acceder a materiales didácticos del curso.



- Apoyo de un tutor en línea con el propósito de acompañar a los docentes en formación, a fin de brindar la orientación necesaria para el proceso de apropiación del sustento teórico y metodológico de los contenidos de evolución.
- Lecturas que les permitirá actualizar o reaprender los conceptos del tema de evolución, las cuales se seleccionaron bajo los siguientes criterios:
  - Tener la información de los contenidos que se abordarán en las actividades de las sesiones del curso
  - Textos con información verídica y genuina del contenido de evolución.
  - Facilidad de comprensión de los textos, es decir que estén en concordancia con los niveles de maduración intelectual de los participantes, que presente una sintaxis simple, para facilitar la comprensión de los contenidos a tratar.
  - Textos breves para captar el interés de los participantes
  - Autores reconocidos por sus investigaciones sobre el tema de evolución
  - Textos de fuentes primarias

El curso está estructurado en cuatro módulos:

Módulo 1 Noción de las teorías de la evolución

Módulo 2 Testimonios de la Evolución

Módulo 3 Procesos del cambio evolutivo

Módulo 4 Elaboración de una estrategia didáctica para la enseñanza de evolución.

Para la acreditación del curso se consideran los siguientes aspectos:

- Elaboración de trabajos escritos para el análisis y la reflexión teórica en torno a la evolución.
- Participación informada en foros de discusión para clarificar conceptos, intercambiar fuentes de información importantes para las actividades individuales, además de ser propicios para la expresión de ideas y reflexiones académicas sobre el tema en cuestión.
- Resolución de cuestionarios de autoevaluación.
- Presentación de un trabajo final: diseño de una estrategia didáctica de un tema de evolución.
- Se requiere que los participantes cubran todos los rubros anteriores, sin excepción.
- Obtener un promedio mínimo de 8 en la evaluación final.

## **Presentación**

A lo largo de la existencia de la Tierra ha habido cambios en el medio ambiente así como en la abundancia de las especies que la habitan, si observamos la naturaleza que nos rodea vemos una gran diversidad de exquisitas formas de vida, ¿Se han cuestionado cuál es su origen y naturaleza? ¿A qué se debe la gran diversidad de organismos? ¿Qué sucede con los seres vivos cuando se enfrentan a cambios del medio ambiente, a depredadores o escases de alimento? ¿A qué se debe que sobrevivan algunos y otros mueran?

Para dar respuestas a estas interrogantes es preciso comprender la evolución y los mecanismos de este proceso, para ello se presenta el curso "La Enseñanza de la Evolución con el uso de las TIC", en el que a través de lecturas y utilizando diversos recursos de las TIC se pretende fortalecer en los docentes el dominio disciplinario del contenido de evolución y elaborar una estrategia didáctica para la enseñanza de evolución con el uso de las TIC.

### **Propósitos**

Fortalecer en los docentes el dominio disciplinario del contenido de evolución

Elaborar una estrategia didáctica para la enseñanza de evolución con el uso de las TIC

## **MÓDULO 1**

### **Procesos evolutivos**

<b>Actividad 1.1</b>  <b>Presentación de tutor y participantes</b>	<u>Tiempo:</u> 1 día  <u>Recursos:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de cómputo</li> <li>• Internet</li> </ul>
--	--

### Instrucciones

1.1.1 Recibirá por correo electrónico un mensaje de bienvenida del tutor(a) en éste él o ella se presentará y dará especificaciones de cómo se trabajará a lo largo del desarrollo del curso.

1.1.2 Elabore utilizando procesador de texto (Word) un mensaje de presentación, considere los siguientes puntos:

Nombre

Entidad

Años de servicio

1.1.3 Suba su archivo de presentación al Foro de bienvenida, lea por lo menos tres presentaciones de sus compañeros y dé respuesta a éstas.

<b>Actividad 1.2</b>  <b>Encuadre del curso</b>	<u>Tiempo:</u> 1 día  <u>Recursos:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de cómputo</li> <li>• Internet</li> <li>• Contenido del curso</li> </ul>
---	---

### Instrucciones

**1.2.1** Entre a la plataforma del curso y explore cada apartado del curso que a continuación se le indica, le permitirá organizar sus actividades y entregarlas en tiempo y forma.

- Propósitos
- Módulos
- Acreditación

**1.2.2** Escriba en Word máximo en una cuartilla sus expectativas del curso y contrástelas con la revisión que realizó de los incisos que estructuran el curso.

**1.2.3** Suba el archivo de expectativas al: “Foro Encuadre”. Lea por lo menos dos aportaciones de sus compañeros y hágales comentarios.

<p><b>Actividad 1.3</b></p> <p><b>Revisión de las teoría de la evolución de Lamarck Y las ideas del creacionismo sobre evolución</b></p>	<p><u>Tiempo:</u> 2 días</p> <p><u>Recursos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de cómputo</li> <li>• Internet</li> <li>• Lecturas</li> </ul>
--	--

**Instrucciones**

**1.3.1** Escriba, ¿qué conoce de la teoría de la evolución de Lamarck y las ideas del creacionismo?

**1.3.2** Guarde su información en un archivo en Word, lo utilizará en una actividad posterior

**1.3.3** Lea el siguiente texto, (anexo1), El Escenario Intelectual en la Teología y en la Biología Predarwinianas, de José Sarukhán. Durante la lectura subraye lo que considere más relevante de las ideas creacionistas y la teoría de Lamarck, identifique los postulados de cada una y llene el siguiente cuadro. Envíelo al tutor, espere comentarios:

Teoría/idea	Autores	Postulado	Aportación

<p><b>Actividad 1.4</b></p> <p><b>Revisión de las teorías de la evolución de : Darwin y Sintética</b></p>	<p><u>Tiempo:</u> 2 días</p> <p><u>Recursos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de cómputo</li> <li>• Internet</li> <li>• Lectura</li> </ul>
---	---

### **Instrucciones**

1.4.1 Lea el texto (anexo 2), El legado de Charles Darwin, de Tim M. Berracon, con base en los siguientes puntos escriba una reflexión en un procesador de texto guárdela en un archivo:

- Según La teoría de Darwin qué mecanismo explica la adaptación al medio y la especiación.
- En qué consiste la selección natural.
- Por qué se considera que la evolución a través de la selección natural es la base de la Biología.
- Cómo influyó la teoría de la evolución por selección y variación natural en otras ciencias

1.4.2 Suba su archivo de la reflexión que realizo en el punto anterior al foro titulado, Teoría de Darwin.

1.4.3 Participe en el foro, Teoría de Darwin, lea por lo menos dos de las aportaciones de sus compañeros y dé respuesta a éstas.

1.4.4 Lea el texto (anexo 3), La Teoría Sintética de la Evolución, tomada de, Cutis, 2008, y Galli ,2011.

1.4.5 Retome las actividades anteriores, escriba una reflexión de lo que sabía de las teorías de la evolución lo que aprendió, qué aportaciones y diferencias existen entre cada una. Súbalo al blog del curso.

<p><b>Actividad 1.5</b></p> <p><b>Autoevaluación</b></p>	<p><u>Tiempo:</u> 1día</p>
--	----------------------------

	<u>Recursos:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de cómputo</li> <li>• Internet</li> <li>• Cuestionario</li> </ul>
--	--

**Instrucciones**

**1.5.1** Lea las siguientes frases y determine en qué teoría están fundamentadas en la de Darwin (D) o Lamarck (L), argumente su respuesta.

Al bajar la temperatura ambiental los osos desarrollarán pelaje abundante y esta característica la heredarán a sus hijos. ( )

---



---



---

Al bajar la temperatura ambiental solo los osos que poseen pelaje abundante podrán sobrevivir y heredarán a sus hijos esta característica. ( )

---



---



---

Si aparece un depredador de conejos y éstos no cuentan con alguna característica que les permita defenderse del depredador, los conejos se extinguirán. ( )

---



---



---

Si aparece un depredador de conejos y éstos modifican la característica que les permita defenderse del depredador, los conejos no se extinguirán.

( )

---

---

---

Los pumas al correr por sus presas desarrollaron patas fuertes y musculosas, esta característica la heredan a sus descendientes ( )

---

---

---

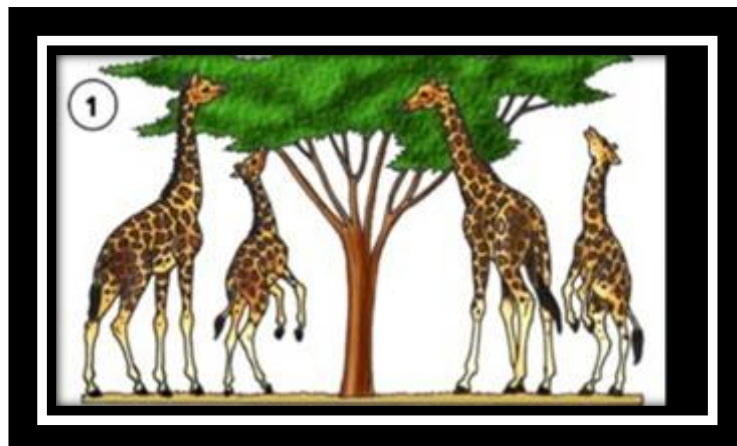
Los pumas tienen patas fuertes y musculosas que les permiten correr por sus presas, esta característica la heredan a sus descendientes ( ).

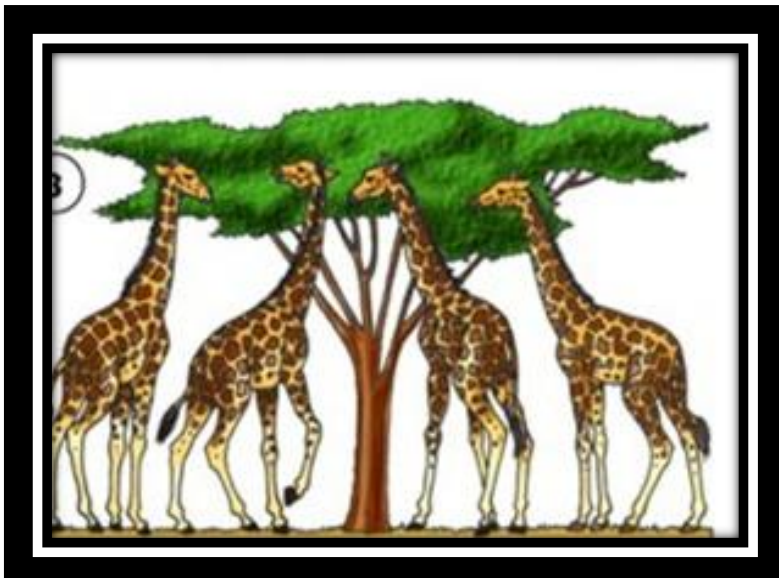
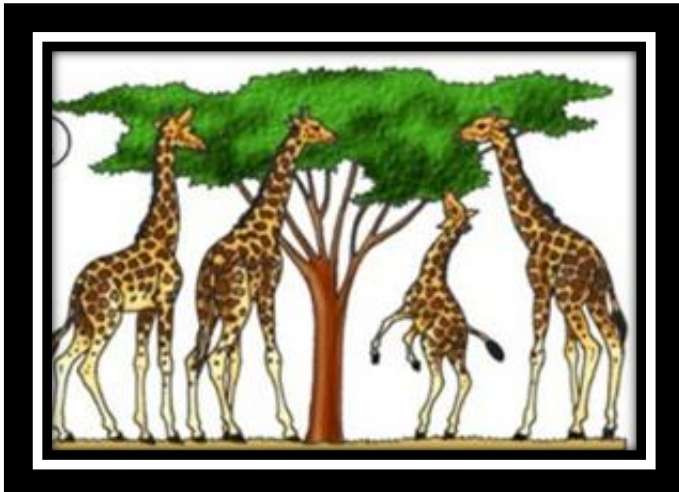
---

---

---

**1.5.2** Observe los siguientes dibujos y escriba en procesador de texto una explicación del proceso de evolución desde el punto de vista de la teoría de Lamarck y desde el punto de vista de la teoría de Darwin, envíelo al tutor.





## MÓDULO 2

### Evidencias de la evolución

#### Actividad 2.1

#### Evidencias de la Evolución

Tiempo: 4 días

Recursos:

- Equipo de cómputo
- Internet



## Instrucciones

2.1.1 Revise su correo electrónico, recibirá un mensaje del tutor en el que le indicará el nombre de los integrantes del equipo con los que trabajará

2.1.2 Cada integrante del equipo investigará una evidencia de evolución, como a continuación se indica:

- Paleontología (Integrante 1)
- Biogeografía (Integrante 2)
- Anatomía comparada (Integrante 3)
- Morfología (Integrante 4)
- Embriología (Integrante 5)
- Genética (Integrante 6)

2.1.3 Con la información de las evidencias de la evolución, recabada en la actividad 2.1.2, en equipo, integren esta información en un documento, utilicen una wiki.

Para estructurar su documento pueden desarrollar los siguientes puntos:

- Título
- En qué consiste cada evidencia
- Qué aporte cada una de las evidencias
- Por qué estas evidencias confirmaron la evolución de las especies
- Conclusión del equipo

Revisen que su documento este bien redactado, sin faltas de ortografía, y súbanlo al blog del curso, esperen comentarios de sus compañeros y tutor.

<b>Actividad 2.2</b> <b>Participación en Foro</b>	<u>Tiempo:</u> 2 días <u>Recursos:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Equipo de cómputo</li><li>• Internet</li></ul>
--	--

	• Foro
--	--------

### Instrucciones

2.2.1 Participe en el foro titulado, Evidencias de la evolución, con la siguiente pregunta:

¿Considera que con las evidencias de la evolución se explica la evolución de las especies y el origen común entre los organismos? Argumente su respuesta

## MÓDULO 3

### Procesos evolutivos

<p><b>Actividad 3.1</b></p> <p><b>Es un hecho que las especies evolucionan. ¿Qué procesos son responsables de ese cambio evolutivo?</b></p>	<p><u>Tiempo:</u> 3 días</p> <p><u>Recursos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de cómputo</li> <li>• Internet</li> <li>• Lectura</li> </ul>
---	---

### Instrucciones

3.1.1 Lea el siguiente texto (anexo 4), Mecanismos de cambio evolutivo, considere las siguientes preguntas guía:

- Identifique cuáles son los procesos de evolución
- Qué caracteriza a cada uno de los procesos evolutivos

3.1.2 Elabore un mapa conceptual de los procesos evolutivos, envíe su trabajo a su tutor

3.1.3 Participe en el foro titulado, Procesos de evolución, con base en la siguiente pregunta:

- ¿De los procesos evolutivos estudiados, cuál considera medular para explicar la transformación de las especies a través del tiempo a partir de un ancestro común?

<p><b>Actividad 3.2</b> <b>Selección Artificial</b></p>	<p><u>Tiempo: 3 días</u></p> <p><u>Recursos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de cómputo</li> <li>• Internet</li> </ul>
---	--

## Instrucciones

**3.2.1** Visite en su en su comunidad una granja o un invernadero, entreviste a las personas que crían a los animales o cultivan las plantas e investigue lo siguiente:

- ¿Qué animales crían o qué plantas cultivan según sea el caso?
- Realiza alguna seleccionan de los animales o plantas para su reproducción
- ¿Qué característica(s) selecciona para la reproducción de plantas y/o animales?
- ¿Esta(s) característica permite que sean más resistentes a enfermedades o plagas?
- Utilizan sustancias químicas para acelerar el crecimiento de plantas o animales

**3.2.2** Con base en los resultados de la investigación, explique qué tipo de selección utilizan y qué mecanismos evolutivos están involucrados para la obtención de las características elegidas. Para realizar su trabajo puede utilizar, un video, PowerPoint o un tríptico.

**3.2.3** Comparta su trabajo en el blog del curso, antes de subirlo, revise la ortografía y redacción. Lea el trabajo de uno de sus compañeros, hágale comentarios o sugerencias que lo mejoren.

## Módulo 4

### Elaboración de una estrategia didáctica para la enseñanza de evolución

<b>Actividad 4.1</b> <b>Estrategia didáctica</b>	<u>Tiempo:</u> 3 días  <u>Recursos:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Equipo de cómputo</li><li>• Internet</li><li>• <b>Lecturas</b></li></ul>
---	--

#### Instrucciones

**4.1.1** Lea el siguiente texto, (anexo 5), Estrategia didáctica para enseñar a aprender,

Tome en cuenta las siguientes preguntas guía cuando realice la lectura

- ¿Qué se debe de tomar en cuenta para elaborar una estrategia didáctica?
- ¿Cuál es la estructura de una estrategia didáctica?

**4.1.2** Participe en el foro, Estrategia didáctica, con base en los siguientes cuestionamientos, argumente su participación:

- Con base en su experiencia y en la lectura, ¿qué puntos consideraría necesarios para elaborar una estrategia didáctica?
- ¿Qué estructura propone para elaborar una estrategia didáctica para secundaria?

**4.1.3** Al finalizar el foro, con base en las aportaciones de éste en colaboración con el tutor y sus compañeros lleguen a un acuerdo de la estructura que tendrá la estrategia didáctica que elaborarán.

<b>Actividad 4.2</b> <b>Ejemplo de una Estrategia didáctica con uso de TIC</b>	<u>Tiempo:</u> 1 día <u>Recursos:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Equipo de cómputo</li><li>• Internet</li><li>• Ejemplo</li></ul>
---	---

### **Instrucciones**

**4.2.1** Revise el siguiente ejemplo que se le presenta de una estrategia didáctica

Ubicación programática

Nivel: Secundaria

Asignatura: Ciencias I

Bloque I: La biodiversidad: resultado de la evolución

Duración 3 sesiones de 50 minutos

“El Prodigio de la Biodiversidad”

Dirigida a alumnos de 1° de secundaria de Ciencias I

Número de alumnos 42

Propósitos:

- Conocer el concepto de biodiversidad y su importancia
- Identificar las fuerzas asociados a la pérdida de biodiversidad

Previo a las sesiones reserve el uso del Aula de Medios para las tres sesiones de trabajo,

Solicite el apoyo del Responsable del Aula de Medios, para asegurar la conexión a Internet

Solicite a sus alumnos lleven revistas, cartulinas y colores

## **Sesión 1, 50 minutos**

Para iniciar la sesión pida a los alumnos observen a sus compañeros que están a su alrededor.

Pregunte: en qué son iguales en qué son diferentes, solicite a uno de los alumnos escriba en el pizarrón las respuestas que surjan.

Cuestione si saben a qué se debe estas diferencias y semejanzas, que pasaría si fuéramos iguales. Concluya que podrán dar respuesta a estas preguntas al término de estas tres sesiones.

### Actividades del profesor

Organice al grupo en 6 equipos de 7 integrantes

Asigne a cada equipo un tema

Explique la forma de trabajo:

Utilizarán los equipos de cómputo, entraran a Internet y revisarán las ligas que se les presentan para cada tema

Explorarán la página, leerán, con detenimiento y tomarán nota del tema que les toco

Elaborarán una presentación de diez minutos, la pueden hacer en PowerPoint, en un tríptico, haciendo uso de la información recabada y de las imágenes que hayan obtenido de los materiales consultados.

### Actividades de los equipos

Elaboren una presentación del tema asignado con la información que encuentren en las ligas proporcionadas

Equipo 1 ¿Qué es la biodiversidad?

Escuchen y observen el siguiente video tomen nota de lo más importante

<http://www.youtube.com/watch?v=rmmCZY8vO7I&NR=1>

Lean del texto titulado La Biodiversidad, Diferentes tipos de biodiversidad  
Tomen nota de lo más importante.

Con base a lo revisado expliquen qué es la biodiversidad y los tipos de biodiversidad, para ello elaboren una presentación, utilicen cartulina colores o PowerPoint

Equipo 2 La Importancia de la biodiversidad

Escuchen y observen el siguientes video tomen nota de lo más importante

<http://www.youtube.com/watch?v=2Xip14iRiJk&NR=1>

Consulten en Internet la siguiente página, lean el punto 1, tomen nota de lo más importante

[http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Eco-systems%20goods%20and%20Services/Ecosystem\\_ES.pdf](http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Eco-systems%20goods%20and%20Services/Ecosystem_ES.pdf)

Con la información recabada elaboren una presentación en donde expliquen cómo contribuye la biodiversidad al bienestar de la humanidad, la pueden hacer en PowerPoint, video.

Equipo 3 Causas que provocan la pérdida de biodiversidad

Consulten en Internet la siguiente página, tomen nota de las causas de pérdida de biodiversidad

[http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/documents/sniarn/pdf/yelmedioambiente/version\\_2008/2\\_perdida\\_alteracion\\_v08.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/documents/sniarn/pdf/yelmedioambiente/version_2008/2_perdida_alteracion_v08.pdf)

Elaboren una presentación en PowerPoint de las causas que revisaron de la pérdida de biodiversidad; en qué y cómo afectan a la biodiversidad

Equipo 4 Acciones para evitar la pérdida de la biodiversidad

Consulten en Internet la siguiente página

[http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/Manual\\_Cuenta\\_Atras\\_2006.pdf](http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/Manual_Cuenta_Atras_2006.pdf)

Elabore una presentación de las acciones que se proponen para evitar la pérdida de la biodiversidad. Puede utilizar PowerPoint

Equipo 5 La Contaminación del medio ambiente

Consulten en Internet la siguiente página, revisen los apartados de:

Pilas y baterías

Residuos peligrosos

El problema del PET

[http://www.elecolegista.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=67&Itemid=59](http://www.elecolegista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=59)

Elabore una presentación, explique cómo están afectando al medio ambiente estos tres grandes contaminantes, puede utilizar PowerPoint y mostrar fotos de lugares de su comunidad o colonia que sean tiraderos de PET

Equipo 6 Acciones para evitar la contaminación ambiental

Consulten en Internet la siguiente página, tomen nota.

<http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Paginas/accionesparacuidar.aspx>

Elaboren propuestas de acciones para evitar la contaminación ambiental en su escuela y comunidad pueden realizar un tríptico, un periódico mural.

## **Sesión 2, 50 minutos**

Los equipos del 1 al 4 expondrán el trabajo que realizaron en la anterior sesión Oriente la exposición, de cada equipo



Resuelva las dudas que surjan

Haga una recapitulación de lo expuesto por los equipos

### **Sesión 3 50 minutos**

Los equipos del 5 al 7 expondrán el trabajo que realizaron en la anterior sesión

Oriente la exposición, de cada equipo

Resuelva las dudas que surjan

Haga una recapitulación de lo expuesto por los equipos

Evaluación

- Registre la participación de los alumnos con base en su disposición hacia la actividad, el cumplimiento de las normas de trabajo establecidas, la capacidad de expresión oral y escrita en las diferentes fases del proceso, la integración, cooperación y esfuerzo en las actividades por equipo y en grupo.
- En el trabajo presentado, verifique la precisión en el manejo de los contenidos y de los puntos solicitados, así como la calidad de presentación en cuanto a veracidad de la información, limpieza, ortografía y orden.

Recursos utilizados en la estrategia

Equipo de cómputo

Conexión a Internet

Ligas de Internet

Bibliografía

SEP Educación Básica Secundaria Programas de Estudio 2006

Dr. Mazarío Triana Israel, Etal, Estrategias didácticas para enseñar aprender, Biblioteca virtual de las ciencias, Cuba

<http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/libros/index/assoc/HASH143c.dir/doc.pdf>

<b>Actividad 4.3</b>	<u>Tiempo: 7 días</u>
----------------------	-----------------------

<b>Elaboración de una Estrategia didáctica con la integración de TIC</b>	<u>Recursos:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de cómputo</li> <li>• Internet</li> <li>• <b>Lecturas</b></li> </ul>
--	---

**Instrucciones**

**4.3.1** Revise Los Planes y Programa de Estudio vigente de Ciencias I, Biología,

**4.3.2** Seleccione un tema del bloque I de Ciencias I

**4.3.3** Del tema seleccionado elabore una estrategia didáctica considere lo aprendido en los tres módulos y el ejemplo de estrategia didáctica, éste último solo es una propuesta usted tiene la libertad de usar todos los recursos que estén a su alcance su creatividad y experiencia para elaborar su estrategia didáctica.

**4.3.4** Envíe su trabajo al tutor, espere observaciones, sugerencias o correcciones del tutor.

**4.3.5** Realice las correcciones finales a su trabajo, revise ortografía e incorpórelo al blog del curso.

**4.3.6** Para concluir el curso envíe un mensaje de despedida a sus compañeros y a su tutor

**4.4 Consideraciones finales**

Este trabajo de tesis se origina del objetivo general de diseñar un curso en línea para docentes de educación secundaria del curso de Ciencias I. Biología que les presente secuencias de actividades didácticas que se centren, fundamentalmente, en la enseñanza y el aprendizaje de contenidos de evolución.

El objetivo particular de que el curso en línea aborde específicamente el contenido de evolución es fortalecer el dominio disciplinario por parte de los docentes en este tema, por la trascendencia que tiene el tema para la comprensión de la Biología evolutiva y en consecuencia tener las bases para

enseñar a los alumnos sobre los seres vivos, en términos de su unidad, diversidad y evolución.

Los núcleos problemáticos detectados del contenido de evolución que tienen los docentes de educación secundaria, que constituyen el eje rector del trabajo de tesis son:

- Confusión de las teorías evolutivas
- La concepción de la teoría evolutiva que tienen es la que postulo Lamarck
- Desconocimiento de la relación entre los trabajos de Mendel con los trabajos de Darwin
- Confusión de los conceptos de selección natural y variabilidad
- Confusión de los conceptos mutación deriva genética y recombinación.

De la investigación realizada se puede concluir que el camino a seguir para lograr que los docentes tengan dominio de los contenidos de evolución es fortalecer la formación de los profesores en estos contenidos para ello se puede realizar acciones como:

Construir trayectos formativos de temas específicos que presenten dificultad en el proceso enseñanza –aprendizaje de Biología Evolutiva

Dar continuidad a la propuesta de tesis implementando el curso en línea con docentes de secundaria de la asignatura de Ciencias I, Biología.

Presentar a la SEP el curso propuesto en este trabajo de tesis para que forme parte de su oferta de formación continua.

## **Referencias Bibliográficas**

- Cárdenas, B. E. (2004). *Fundamentos de la evolución humana* (Vol. Cap. III). México: El manual moderno.
- Corsi Cabrera, M. (2004). *Aproximaciones de las neurociencias a la conducta*. México: El manual moderno.
- Cubero, R. (2005). *Perspectivas constructivistas: el significado, la interacción y el discurso*. España: Graó.
- Dirección general de formación continua de maestros en servicio, d. I. (s.f.). *Cuadernillos de diagnóstico personalizado*. Recuperado el 12 de abril de 2012

- Educativa, I. L. (2003). *Disponibilidad y uso de la tecnología en educación básica*. México: ILCE.
- García Barreno, P. (2002). El genoma humano. *Arbor*, 17 (673).
- García, A. R. (2008). *Las huellas de la evolución*. España: Publicaciones digitales S.A.
- González Galli, L. m. (2011). *Obstáculo para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural*. Tesis doctoral, Buenos Aires.
- Gould, S. (2002). *La estructura de la teoría de la evolución. El gran debate de las ciencias de la vida. La obra definitiva de un pensador crucial*. Barcelona: Tusquets.
- Hernández Rojas, G. (2002). *Paradigmas en psicología de la educación*. México: Paidós.
- Hernández, M. C. (2002). *La historia en la enseñanza de la teoría de la selección natural*. Tesis Doctoral, UNAM, Facultad de Ciencias, México.
- Hersh, R., Reimer, J., & Paollito, D. (2002). *El crecimiento moral de Piaget a Kohlberg*. Narcea.
- José Guadalupe, E. d. (2000). *Selección y uso de tecnología educativa*. México: Trillas.
- Lafarga Corona, J., & Campo, G. d. (1981). *Desarrollo del potencial humano: aportaciones de una psicología humana* (Vol. 1). México: Trillas.
- Litwin, E., Marianna, M., M, M., & Lipsmab, M. (2005). *Tecnología en el aula: las nuevas tecnologías en las prácticas de la enseñanza*. España.
- Luis Felipe, J. (2007). *Conocimientos fundamentales de la Biología* (Vol. II). México: Pearson educación.
- Maciel, S. (2005). *Concepciones de evolución en egresados de la Escuela Normal de Maestros*. Tesis de Licenciatura, UNAM, Facultad de Ciencias, México.
- Mariana, M. (s.f.). Recuperado el 12 de abril de 2012, de [http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo-teorico/tradiciones-de-enseñanza/introduccion/biologia\\_tradiciones\\_de\\_ensena.php](http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo-teorico/tradiciones-de-enseñanza/introduccion/biologia_tradiciones_de_ensena.php)
- Martínez de Lara, J. I. (2005). *El aprendizaje de la evolución en el subsistema de preparatoria abierta de la SEP: Análisis propositivo*. Tesis de Licenciatura, UNAM, Facultad de Ciencias, México.
- Mayr, E. (2005). *Así es la Biología*. Madrid: Debate.
- Osborne, R., & Wittrock, M. (1983). *Learning science: a generative process* (Vols. 67, núm. 4).
- Pública, S. d. (2006). *Plan y Programas de Estudio de Educación Secundaria, Ciencias I (Biología)*. México.
- Roger, C. R. (2000). *El proceso de convertirse en persona. mo técnica terapéutica*. Paidós.
- Ruiz, R., & F.J., A. (2002). *De Darwin al DNA y el origen de la humanidad: la evolución y sus polémicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Sánchez, M. d. (2000). *la enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes*. Tesis Doctoral, UNAM, Facultad de Ciencias, México.
- Shuell, T. (1986). Cognitive Conceptions of Learning. *Review of Educational Research*, 56 (4).
- Solona, F., & R Bolaños, R. (2004). *Historia de la Educación en México*. México: Fondo de Cultura Económica.

Téllez, J. A. (2004). *La comprensión de los textos escritos y la psicología cognitiva*. Madrid: Dykinson.

Woolfolk E., Anita (1990) *Psicología educativa*. México:Prentice-Hall

### Cibergrafía

Mariana Martín, Biología, *Tradiciones de la enseñanza*, [en línea] Educar, [fecha de consulta 12 de abril de 2012] disponible

[http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo-teorico/tradiciones-de-ensenanza/introduccion/biologia\\_tradiciones\\_de\\_ensena.php](http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo-teorico/tradiciones-de-ensenanza/introduccion/biologia_tradiciones_de_ensena.php)

Dirección General de Formación Continua de Maestros en Servicio, de la Subsecretaría de Educación Básica, de la Secretaría de Educación Pública. Cuadernillo de diagnóstico personalizado, [en línea] [fecha de consulta 12 de abril de 2012] disponible [http://w2k.formacioncontinua.sep.gob.mx/Examen/cuadernos/cuad2006/docs/SM01\\_2006.pdf](http://w2k.formacioncontinua.sep.gob.mx/Examen/cuadernos/cuad2006/docs/SM01_2006.pdf)

## Anexos

### Anexo 1

# El Escenario Intelectual en la Teología y en la Biología Predarwinianas

José Sarukhán  
Las Musas de Darwin  
Cap.I.México.Fondo de Cultura  
Económica.1998

La raíz de las concepciones filosóficas y científicas acerca de la vida sobre la Tierra —su origen, su organización, la estabilidad de las formas vivientes, etc. — se ubica en los inicios de la historia de la humanidad. Así encontramos los conceptos de Aristóteles sobre los modelos ideales a los que se conformaban todos los organismos, y de los cuales cada individuo era una variante más o menos accidental. Está también el pensamiento de Anaximandro, quien difundía la idea de que el ancestro del hombre debería haber sido un animal acuático y que la Tierra y sus habitantes descendían del mismo material original. O bien la teoría de Empédocles sobre el origen de los seres vivos, en la que propone la existencia de un universo o reservorio de partes de los organismos (miembros, órganos, etc.), del cual se producirían innumerables combinaciones entre dichos

segmentos; las combinaciones "afortunadas", es decir aquellas que producirían plantas o animales reconocibles como normales, serían las que permanecerían, mientras que las combinaciones "erróneas", que darían organismos monstruosos o quimeras, desaparecerían.

Aristóteles y Empédocles no son los únicos pensadores que, de alguna forma, se refirieron a aspectos del posible origen de las especies, de su significado y de su estabilidad o posibilidad de cambio; en la historia de la cultura hay abundantes referencias al respecto. Sin embargo, ninguna de ellas en lo individual o en conjunto forma lo que podría distinguirse como un cuerpo coherente de ideas o hipótesis. Consideradas dentro del dilatado lapso en que fueron propuestas, estas ideas constituyen más bien la expresión de la inquietud intelectual de la humanidad acerca del origen de la vida, del significado de la presencia del hombre sobre la Tierra. No creo que alguna de estas ideas realmente pueda considerarse en sí misma como un antecedente serio en el que Darwin se hubiese basado para iniciar la conformación de sus propias ideas.

El creacionismo, es decir, la corriente de pensamiento religioso que sostiene que el universo, en el que se incluye a nuestro planeta y los seres que lo habitamos, fue creado por un acto especial divino, representó, por siglos, la única explicación válida y aceptada para la civilización judeocristiana, acerca de la vida en la Tierra. Otras religiones también se basan en actos de creación divina para explicar el origen de la vida.

El *Génesis* era, y es aún para mucha gente, el relato del origen de la Tierra, de la vida en ella y de la presencia del hombre. Por mucho tiempo se creyó que la Tierra era solamente cinco días más vieja que la presencia del hombre en ella. Sin embargo, como esto resultaba cada vez más difícil de aceptar por los fieles o de sostener por la Iglesia, en el siglo XVII James Ussher, un arzobispo irlandés, usó un curioso método para calcular que la Tierra en realidad había sido creada en el año 4004 a.C. Algunos escolásticos aún más curiosos y entusiastas por refinar la precisión bíblica, proponían que el día exacto de la creación había sido el 23 de octubre del mencionado año.

Muchas biblias modernas llevan aún impresa la fecha calculada por Ussher al margen del párrafo respectivo del *Génesis*.

La idea aceptada en las sociedades europeas acerca de la Tierra, además de su juventud era que ésta permanecía inmutable desde su creación, excepto por las modificaciones generadas en su superficie por el diluvio universal.

Respecto a los seres vivos, la idea generalizada y aceptada era que los animales y plantas que vemos ahora eran los mismos que aparecieron sobre la faz de la Tierra el día de la creación en el año 4004 a.C. y que fueron "bautizados" por Adán y rescatados en parejas por Noé en su gran arca, para salvarlos del diluvio. Sin embargo, los constantes hallazgos de organismos fosilizados, diferentes de cualquiera de los seres vivos conocidos, empezaron a despertar inquietudes; había que encontrar alguna explicación a ellos. Se ofrecieron varias respuestas; una fue que probablemente habrían ocurrido varios diluvios y que algunos organismos desaparecían como castigo y lección severos para que la humanidad se comportase dignamente. La otra era que el Creador había decorado piedras con figuras de diversos animales, aunque la finalidad de tal ejercicio artístico rupestre no tenía una explicación clara.

En el ámbito laico, otras ideas se iban desarrollando, pero siempre en acomodo a las restricciones impuestas por el pensamiento religioso. Así surgió el deísmo, corriente de pensamiento impulsada por la Iglesia y dominante por mucho tiempo, que sostenía un vínculo "racional" de Dios con todas las creaturas, vínculo susceptible de comprensión por la razón humana. El deísmo proponía también una visión optimista de la naturaleza, en que la armonía total entre los seres era el principio regulador, así como una concepción antropocéntrica según la cual todo lo creado por Dios era útil y por lo tanto era ofrecido para uso del hombre.

El progresionismo, otra corriente con más elementos laicos, proponía la existencia de una "cadena de los seres", en que cada eslabón era el resultado de un acto especial de creación divina. Esta corriente de

pensamiento fue muy popular durante el siglo XVIII y parte del XIX, siendo sostenida por naturalistas y científicos de la talla de Lamarck y de Louis Agassiz, director del Museo de Zoología Comparada (Museum of Comparative Zoology) de la Universidad de Harvard y vigoroso opositor de Darwin.



### **Louis Agassiz**

El pensamiento teológico dominó todas las actividades intelectuales, incluidas desde luego y especialmente las de naturaleza científica, durante los siglos XVII, XVIII y XIX. Existen numerosos y connotados ejemplos de esta influencia en los campos de la astronomía, la medicina y otros. Por ello, Darwin no solamente tuvo que luchar en su fuero interno con el conflicto provocado por esta influencia y retrasar la publicación de su obra sobre el origen de las especies, sino que implícitamente le dio a la creación especial un rango científico en su libro de *El origen* al contrastarla con la evolución.

Durante los siglos XVI y XVII se inició un profundo proceso de cambio en la concepción del hombre acerca de la naturaleza y de su lugar en ella. La revelación bíblica empezó a dejar de ocupar el lugar de autoridad exclusiva en la explicación de los fenómenos naturales; numerosos descubrimientos, en diversos campos del conocimiento, propiciaban el cuestionamiento de las narraciones bíblicas como explicaciones únicas e incluso válidas, de las



características y los hechos observados en la naturaleza. Las ideas de Laplace, Kant y otros científicos y filósofos acerca de la naturaleza del tiempo y del cosmos, desafiaron las explicaciones bíblicas, y comenzaron a aceptarse cada vez más ampliamente entre los círculos intelectuales. Entre otros, hechos tales como el encuentro de los naturalistas con las nuevas y muy diversas floras y faunas descubiertas en los viajes de exploración de los países colonialistas por tierras exóticas y desconocidas, los descubrimientos de nuevos depósitos de fósiles en diferentes estratos geológicos y la evidencia inescapable de la extinción de muchos organismos; los avances en el estudio de la morfología de los organismos, entre otros, constituyeron un claro desafío a las interpretaciones dogmáticas de la idea que la humanidad tenía de sí misma y de la naturaleza que la rodeaba.

Al término del siglo XVIII, el interés creciente de los naturalistas por conocer la enorme diversidad de la naturaleza que se abría ante sus ojos había acumulado una serie de interrogantes que exigían explicación. Ejemplos de interrogantes para las cuales no había respuesta convincente en el esquema conceptual del momento eran, entre otras, el origen de la diversidad biológica y la razón de su ordenamiento en lo que parecía ser un sistema natural; la explicación de las exquisitas adaptaciones de los organismos a las condiciones de su ambiente físico y, en muchos casos, a los otros organismos con los que estaban relacionados; las causas de las aparentes extinciones masivas de organismos; la relación entre especies muy parecidas pero que constituían entidades diferentes, y las razones que explicaban la existencia de órganos vestigiales.

De igual forma, hacia fines del siglo XVIII, las pruebas acumuladas por las observaciones naturalistas produjeron la aparición simultánea de ideas evolucionistas en personas como Johann Wolfgang von Goethe en Alemania, Geoffroy Saint-Hilaire en Francia y el abuelo de Charles Darwin, Erasmus, en Inglaterra.

El creacionismo era cada vez menos satisfactorio como fuente de explicación de las interrogantes anteriores. Por ello, había condiciones para un cambio profundo y más extendido en la concepción de las ideas acerca de la vida, de su diversidad y de las relaciones entre los organismos. El tiempo estaba ya maduro para un nuevo naturalista que tratara estos problemas desde un punto de vista diferente; un punto de vista que inevitablemente entraría en conflicto con el dogma del momento. Siendo aquélla una época rica en naturalistas, Lamarck proporcionó la idea innovadora.

Precusores de ideas evolutivas: coherentes un conde y un caballero

Hubo dos corrientes de pensamiento dominantes acerca del origen y de la estabilidad o evolución de las especies, que constituyeron proposiciones mucho más coherentes y estructuradas, y que antecedieron al pensamiento darwiniano e influyeron o sirvieron de base para su desarrollo. Me refiero a la obra de los dos naturalistas franceses de mayor reputación de los siglos XVIII y XIX: Buffon y Lamarck.

George Louis Leclerc nació el 7 de septiembre de 1707 en Montbard, a la orilla del río Armançon, en la región francesa productora del vino de Borgoña y de la mostaza de Dijon. Al llegar a los 25 años añadió a su nombre el de *comte* (conde) de Buffon y desde su juventud se definió como un inquieto intelectual interesado en todos los aspectos de la ciencia. Se asoció a varios intelectuales y científicos ingleses de su época, especialmente a Lord Kingston, e hizo traducciones al francés de obras de varios científicos ingleses, entre ellos Newton. Fue nombrado miembro de la Real Sociedad inglesa (Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge) siendo muy joven, y mucho después (en 1753) fue admitido como miembro de la Academia de Ciencias francesa (Académie des Sciences), en donde presentó como conferencia de ingreso su famoso *Discurso sobre el estilo*.

A los 35 años de edad fue encargado de los jardines Reales y del museo adjunto a los mismos. En el desarrollo de este último puesto, Buffon

produjo la monumental obra por la que adquirió notable y justificada fama: la *Historia natural, general y particular*, en la que por primera vez se hace un intento por sintetizar todo el conocimiento científico disponible hasta ese momento acerca de la naturaleza que rodeaba al hombre, incluyendo desde el origen y evolución de nuestro planeta hasta la Biología de las ballenas. Esta obra consistió, finalmente, en 44 volúmenes, de los cuales 35 se publicaron en vida de Buffon y el resto después de su muerte, hasta 1804.

La inquietud reinante en aquella época acerca de los posibles orígenes de la vida y su cambio se manifiesta en el mismo año (1749) de la publicación de los tres primeros volúmenes de la *Historia natural* de Buffon con la aparición simultánea de dos importantes obras. La primera es un folleto del filósofo y literato francés del periodo de la Ilustración, Denis Diderot titulado *Carta sobre los ciegos*, en el que subraya la importancia de los sentidos en la vida del hombre y propone la habilitación de los ciegos mediante el uso de otros sentidos, especialmente el del tacto. En el mismo folleto Diderot formula planteamientos que renacen las ideas de Empédocles sobre el origen de las especies. El carácter ateo del folleto le valió a Diderot una estancia de tres meses en la cárcel de Vincennes. La segunda obra es la *Protogaea* de Gottfried Wilhelm Leibniz, de publicación póstuma, en la que el famoso jurista, filósofo y matemático alemán, inventor del cálculo diferencial e integral, sugiere la posibilidad de la transformación de las especies.

A pesar de que Buffon fue el primero en enfrentar seriamente las ideas evolucionistas de su época (hecho en el que reside en buena parte la importancia de su influencia sobre Darwin), nunca propuso una explicación concreta, como lo hizo Lamarck. Podemos hablar de una teoría lamarckiana sobre la evolución, pero no podemos decir lo mismo acerca de Buffon, quien tampoco llegó a encarar el dilema que se establece entre la creación especial o divina y los cambios evolutivos que ocurren en las especies. Su respuesta a este problema fue adherirse a la proposición de la *generación espontánea* de la vida, que supone que los organismos

pueden surgir directamente de diferentes tipos de materia inanimada tales como el lodo, la basura o la ropa vieja. Su apego a esta teoría fue más el resultado de creer que la generación espontánea es una explicación menos mala al origen de la vida que las dadas por cualquier otra de las teorías existentes, que el tener algún argumento concreto en contra de éstas. De esta manera Buffon manifiesta una cierta falta de rigor intelectual que se refuerza en su pensamiento acerca del problema de la diferenciación de las especies. Dice Buffon: "En general la relación entre las especies es uno de esos misterios tan profundos de la naturaleza, que el hombre no puede investigarlos, excepto por medio de experimentos que deben de ser tan prolongados como difíciles de hacer". A Buffon tampoco le atraía el orden ni la sistematización de las ideas, por lo que rechazó lisa y llanamente el sistema de clasificación binomial de Linneo; no obstante, en prueba de su inconsistencia, él mismo propuso, poco después, otro sistema de clasificación marcadamente antropocéntrico, en el que el hombre se encontraba en el primer escalón, a continuación los animales domésticos más importantes, los cuales eran seguidos por el grupo de animales domésticos de segunda importancia, etcétera.

En el pensamiento buffoniano, todos los organismos vivían en armonioso concierto en el cual no había lugar para la competencia o la lucha por la existencia. Curiosamente, Buffon tenía percepción del poder de crecimiento geométrico o exponencial de las especies, pues en el volumen II de su *Historia natural* menciona que "en 150 años el globo terráqueo puede cubrirse de un solo tipo de organismos". Sin embargo, no interpreta esta capacidad de enorme crecimiento de las poblaciones como un elemento que necesariamente crearía situaciones de competencia por recursos, sino como prueba y explicación de lo "natural y fácil" que resulta el que haya tantos seres vivos.

Los primeros conceptos de tipo evolutivo de Buffon aparecen en forma contrapuesta en un capítulo sobre la "Historia natural del asno", en el que menciona que "si fuese cierto que el asno es solamente un caballo degenerado, no habría límites al poder de la naturaleza, y estaríamos en lo

justo al afirmar que, de un solo ser la naturaleza habría producido, en el curso del tiempo, todos los seres organizados. ¡Pero no! Es claro, por la revelación, que todos los animales han participado igualmente de la gracia de la creación". Esto evidencia un criterio creacionista en las ideas de Buffon acerca del origen de las especies, pero contrasta con una visión sorprendentemente moderna de lo que es una especie: "Cada especie, cada serie de individuos capaces de reproducirse e incapaces de mezclarse con otras especies, será considerada y tratada separadamente".



**George Luis Leclerc, conde de Buffon**



**Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, caballero de Lamarck**

En otro ensayo (*Sobre la degeneración de los animales*) Buffon mezcla algunas ideas acerca de que los cambios en los animales se dan por procesos de degeneración; así, el asno se deriva del caballo por degeneración, como lo hace la cabra del borrego. Nuevamente, en

sorprendente contraste, propone la original idea de que algunos animales exclusivos del Nuevo Mundo y de Oceanía, como los perezosos, los armadillos y los marsupiales, tuvieron que originarse en forma aislada del resto.

Buffon también compila algunas de las ideas evolutivas de Pierre Louis Moreau de Maupertuis, astrónomo y matemático francés, que introdujo en Francia las ideas de Newton acerca de la gravitación y probó la idea también newtoniana de que la Tierra es una esfera achatada en los polos. Maupertuis refería el caso, famoso en su tiempo, de la familia Ruhe, en la que varios de sus miembros presentaban polidactilia, es decir la presencia de más de cinco dedos en manos y pies; describía la forma en que este carácter se había heredado por generaciones, y sugería que de esta forma se pudiesen generar nuevas especies. Maupertuis llegó a calcular la probabilidad de que los padres de la familia Ruhe heredasen a los hijos la polidactilia en un proceso al azar, pero Buffon desechó este argumento, considerando que las probabilidades de que ello ocurriera eran infinitamente pequeñas.

En resumen, se puede uno preguntar si Buffon, a pesar de haber tratado aspectos evolutivos, puede considerarse como un precursor de ideas coherentes acerca de la evolución. Mi respuesta es que no. La inconsistencia de las ideas de Buffon sobre la evolución puede explicarse en parte como causada por el ambiente intelectual en el que vivió, ya que los teólogos de la Sorbona imponían una censura inmisericorde a los libros científicos que se publicaban en Francia, al grado de que, en ocasiones, Buffon tuvo que retractarse de algunas afirmaciones e ideas. Además, Buffon se encontraba claramente bajo la influencia del deísmo.

Muy diferente fue la situación de uno de los discípulos de Buffon, Lamarck, lo que en parte explica que éste pudo consolidar una teoría coherente sobre el origen de la vida y su evolución. Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, caballero de Lamarck, nació en Bazantín, de una familia aristócrata

de la Picardía y creció en un ambiente intelectual, político y social más liberal que el que tuvo que soportar Buffon.

Podemos definir tres versiones de la teoría lamarckista de la evolución. La primera aparece en forma de conferencia publicada cuando Lamarck tenía ya 57 años, y fue presentada en 1801 como la introducción de su obra *Sistema de animales invertebrados*, donde básicamente expone que el mecanismo de la transmisión de los caracteres adquiridos es el causante de la evolución de los animales. La segunda versión aparece en 1809, en los primeros ocho capítulos de su *Filosofía zoológica*; en ellos expone la idea de que existe una tendencia a la mayor complejidad en los animales, y de que dicha tendencia es una ley natural. Este proceso es explicado por Lamarck como una sucesión lineal que se asemeja a una cadena de seres animales o vegetales. En esta explicación la herencia de los caracteres adquiridos es relegada al papel de causante de las desviaciones de la línea o cadena principal. Lamarck distingue dos cadenas diferentes de seres: la de los vegetales y la de los animales.

La tercera versión aparece en la edición póstuma de su obra sobre los animales invertebrados en 1835, seis años después de su muerte. Es similar a la segunda versión en contenido, pero resulta mucho más clara y se encuentra mejor estructurada. Generalmente, ésta es la versión más conocida y de la que se desarrolla el cuerpo de ideas conocido como lamarckismo. En ella, Lamarck niega rotundamente que exista una secuencia o cadena continua entre la materia no viva y la viva, lo cual había sido sostenido por algunos proponentes de la idea de la cadena de los seres, como el filósofo John Locke, iniciador de la época de la Ilustración inglesa.

El párrafo clave en el que Lamarck sintetiza sus ideas acerca de la evolución se encuentra en el volumen 1 de su obra sobre los animales invertebrados, y es el siguiente:

Por medio de las cuatro leyes que he mencionado, todos los

hechos de la organización me resultan fácilmente explicables; la progresión en la complejidad de la organización de los animales y de sus facultades no me parece difícil de concebir; finalmente, los mecanismos usados por la naturaleza para diversificar a los animales y llevarlos al estado en el que los conocemos se vuelven fácilmente determinables.

La esencia de las leyes a las que Lamarck se refiere es ésta:

1. La naturaleza tiende a incrementar el tamaño de los seres vivientes hasta un límite predeterminado.
2. Los nuevos órganos se producen como resultado de una nueva necesidad.
3. Los órganos alcanzan un desarrollo que es proporcional al grado de uso al que están sometidos.
4. Todas las características adquiridas por un individuo son transmitidas a su progenie.

En estas cuatro leyes no parece haber referencia alguna al incremento de la complejidad de los organismos y la totalidad del proceso evolutivo es atribuida a un solo factor causal: la herencia de los caracteres adquiridos. Sin embargo, Lamarck subraya la similitud entre el incremento de tamaño y la complejidad de los organismos. Los cambios adaptativos que se originan en los animales por las modificaciones en el ambiente ocurren, según Lamarck, mediante el desarrollo de nuevas formas de comportamiento, que involucran el uso de órganos hasta entonces poco empleados. Dicho uso lleva, a su vez, a un incremento en su tamaño o a nuevos modos de funcionamiento. Los ejemplos con los que Lamarck quiso ilustrar el mecanismo fundamental de su teoría son bien conocidos; aparte del más famoso, que consistía en el estiramiento del cuello de las jirafas debido a que su alimento se iba encontrando en ramas cada vez más altas, Lamarck usó el ejemplo de los cuernos de algunos rumiantes (como los alces o los



venados), que a fuerza de darse topes con la cabeza cuando los machos peleaban por una hembra, fueron desarrollando cornamentas más grandes. Otro ejemplo es el de las aves acuáticas, que al encontrarse en un lago necesitaban nadar, para lo cual abrían los dedos de las patas a fin de impulsarse mejor, de manera que se estiraba la piel entre los dedos hasta que se desarrollaba una pata membranosa, como la de los gansos o los patos.

Lamarck considera al hombre como el punto de referencia o estándar, del cual los animales se van separando según una escala orgánica fija, como si se tratara de una escalera eléctrica: el hombre se encuentra en el escalón más alto y los organismos más primitivos en el inferior, por debajo del cual aparecen nuevos escalones en la medida que se forman nuevas especies más primitivas; además, toda la escalera se desplaza con los escalones fijos en su posición relativa. La teoría de la escala hacia la perfección es probada, según Lamarck, por los siguientes cuatro hechos:

1. La semejanza entre unos animales y otros.
2. La semejanza del hombre con otros animales.
3. La perfección de la organización humana.
4. Algunos animales se parecen al hombre más que otros.

Cabe mencionar, finalmente, que la concepción de que las especies podrían extinguirse no se encuentra en el pensamiento lamarckiano, así como tampoco el concepto de competencia, ni la consiguiente lucha por la existencia, debido a la influencia del deísmo en sus ideas.

No hay duda de que el lamarckismo es el cuerpo teórico que influyó de manera más importante en el pensamiento de Darwin, quien aceptó en un principio la posibilidad de que la herencia de las características adquiridas podría ser un mecanismo más de evolución. Sin embargo, Darwin nunca elaboró esta idea ni la incorporó a su teoría de que la fuerza motriz de la

evolución es la selección natural, un mecanismo radicalmente diferente en todos sentidos del propuesto por Lamarck.

## Anexo 2

# El Legado de Charles Darwin

**Tim M. Berra**

**articlehighlights**

**Tomado de: web, [www.actionbioscience.org](http://www.actionbioscience.org) (4 de junio de 2012)**

*El concepto de la evolución de Darwin cambió para siempre la forma en que entendemos cómo funciona la naturaleza. En este artículo aprenderemos acerca de:*

- *Las observaciones de Darwin sobre la naturaleza, que lo llevaron a desarrollar sus ideas*
- *Porqué, la evolución a través de la selección natural, es la base de toda la Biología*
- *Como las ideas de Darwin influenciaron nuestro entendimiento de las ciencias*
- *Como continúa afectándonos hoy la evolución*

Charles Darwin (1809-1882) fue un hombre extraordinario desde cualquier punto de vista. La teoría de la evolución a través de la selección natural, como la presenta en su libro *On the Origin of Species* (Sobre el Origen de las Especies),<sup>1</sup> es considerada por los historiadores y los filósofos de la ciencia, como una de las ideas más importantes que la mente humana ha producido jamás.<sup>2</sup> Las implicaciones de su invaluable perspicacia fueron más allá de la ciencia, e impactaron en forma profunda la mente humana.

## Las grandes ideas de Darwin

***Darwin pasó 5 años en el barco HMS Beagle, explorando el mundo.***

Darwin nació y fue educado durante una época en la cual el punto de vista científico prevalente era el de la creación especial. Es decir, que Dios creó el universo y todas las especies hace algunos miles de años, y éstas fueron inalterables. La "revelación" y no la ciencia proporcionó este punto de vista. Darwin empezó su viaje en el HMS Beagle (1831-1836) con esta creencia. Las observaciones que hizo durante la travesía que fue un viaje de reconocimiento alrededor del mundo, incluyendo una parada en las Islas Galápagos, llevaron a que Darwin cuestionara el mito de la creación y la inalterabilidad de las especies. Encontró fósiles marinos a miles de pies por encima del nivel del mar, y dedujo que la tierra había sido elevada por movimientos telúricos; no fue inundada en un gran diluvio bíblico. Otras de las observaciones que influenciaron su manera de pensar incluyeron las siguientes:

***Darwin encontró fósiles marinos muy por encima del nivel del mar.***

- Los fósiles de mamíferos que él descubrió en América del Sur se parecían a mamíferos vivos de la misma región. ¿Por qué iba a ocurrir esto si es que cada especie hubiese sido especialmente creada? En esos días casi nadie reconocía la extinción.
- Si cada especie hubiese sido creada en un lugar específico, ¿por qué los animales en islas cercanas a regiones continentales se parecían a aquellos de la tierra firme más cercana?
- ¿Por qué en un grupo de islas había tantas especies que se parecían tanto, pero mostraban pequeñas diferencias de isla en isla? Es como si "una especie hubiera sido tomada y modificada para fines diferentes," escribió él en Voyage of the Beagle (Viaje del Beagle).<sup>3</sup>

Ninguna de estas cosas tenía sentido desde una perspectiva creacionista. En 1844 le escribió a su amigo el botánico Joseph Dalton Hooker (1817-1911) "Estoy casi convencido (contrariamente a la opinión con la que empecé) de que las especies no son (es casi como confesarse de un asesinato) inmutables."

La elegante simplicidad del raciocinio de Darwin puede resumirse como sigue:

***La idea de la selección natural fue la idea más grande de Darwin.***

- En la naturaleza hay variación: se genera mucho más prole de la que puede sobrevivir; por lo tanto, hay una lucha por la vida en la cual las variaciones favorables son preservadas y las no favorables son eliminadas. Esto lleva a la evolución, la que él definió como “descendencia con modificaciones” (“descent with modification”), y a la formación de nuevas especies.
- La naturaleza se encarga de seleccionar las formas mejor adaptadas a un medio ambiente en particular, por esto él llamó al proceso selección natural, en contraposición a la selección artificial que los criadores de animales o los cultivadores imponen. Sabemos que la mutación, la reorganización de cromosomas, la reproducción sexual, etc., son las fuentes de variación genética, pero Darwin no tenía conocimiento de tales tópicos. Hoy en día podemos hablar de la “descendencia con modificaciones” como un “cambio en la frecuencia de genes”, y la selección natural es simplemente “reproducción diferencial,” es decir, que una variante genética deja más prole que otra.<sup>4</sup>
- Darwin tomó prestada la expresión “supervivencia del más adaptado” (“survival of the fittest”) del economista Herbert Spencer (1820-1903). La aptitud evolutiva significa que se tiene mayor aptitud (o eficacia) reproductiva. En términos modernos, el más adaptado es el que logra pasar la mayor cantidad de genes a la siguiente generación, y no necesariamente el individuo más grande o el más fuerte.

***La evolución a través de la selección natural es la base de toda la Biología.***

La explicación de Darwin acerca de la evolución a través de la selección natural es la base de toda la Biología y de sus sub-disciplinas aplicadas, tales como la medicina, la agricultura, y la biotecnología. Ningún otro biólogo en toda la historia de nuestra especie ha tenido un impacto de esta magnitud. En las palabras del eminente genetista Theodosius Dobzhansky, “Nada en la Biología tiene sentido excepto a la luz de la evolución.”<sup>5</sup> El cambio de paradigma, del de la creación al de la evolución, ha trasladado

los esfuerzos intelectuales del campo de las creencias que no se pueden probar, hacia una comprensión racional que proviene del método científico. Esto a su vez ha permitido una amplia gama de avances en el conocimiento.

## **Implicaciones Darwinianas**

Uno de los atributos de una teoría científica poderosa es que posibilita la investigación y el entendimiento futuros. Por ejemplo:

### ***La prevención de las enfermedades depende de la comprensión de la evolución.***

- La medicina Darwiniana o evolutiva explica cómo algunos síntomas de enfermedades tales como la fiebre, pueden ser una respuesta favorecida por la selección natural, como defensa contra los patógenos.<sup>6</sup> Algunas enfermedades genéticas tales como la anemia drepanocítica (o de células falciformes) podrían permitir la supervivencia diferencial de sus víctimas en zonas de malaria, un fenómeno llamado polimorfismo balanceado (variación genética, por ejemplo, tipos sanguíneos).<sup>4</sup> Esto resulta en que un gen deletéreo (la célula falciforme) sea mantenido en una frecuencia relativamente alta en una población, por más de que puede ser letal en una dosis doble (homocigota), puesto que protege contra la malaria a aquellos que lo portan cuando se encuentra presente en una sola dosis (heterocigoto).

### ***La selección de parentesco tiene un contexto evolutivo.***

- Tanto la psicología evolutiva como la ética evolutiva ayudan a explicar el origen de la moralidad.<sup>8,9</sup> Entre los primates no humanos, hacer la paz mediante el efecto calmante del acicalamiento mutuo para diluir la agresión, puede ser vista como el precursor de lo que se convirtió en la moralidad entre los humanos.<sup>10</sup> Las religiones modernas son invenciones humanas recientes, de tan sólo unos pocos miles de años. Por otra parte, los antecedentes de la moralidad evolucionaron claramente antes de los humanos, como se ve reflejado en la empatía que demuestran los bonobos (*Pan paniscus*) y la reciprocidad de los chimpancés (*P. troglodytes*).<sup>11</sup> La selección de parentesco, en la que un individuo se sacrifica por un pariente

genético cercano, tiene sentido en un contexto evolutivo puesto que algunos de los mismo genes del individuo que se está sacrificando serán pasados por el pariente que sobrevive. A esto se le conoce como aptitud inclusiva o eficacia biológica inclusiva (inclusive fitness).<sup>12</sup>

- La ascendencia del virus del SIDA, VIH-1 (virus de inmunodeficiencia humana-1) ha sido rastreado al VIScpz (virus de inmunodeficiencia en simios) portado por nuestro familiar vivo más cercano, el chimpancé.<sup>13</sup> Esto no es sorprendente desde una perspectiva evolutiva. En algún colegio de bachillerato hoy en día hay un estudiante cuya futura carrera podría contribuir a controlar la epidemia de SIDA. ¿Qué posibilidad habría de que esto ocurriera si en bachillerato se enseñara creacionismo como una ciencia?

***La biotecnología usa las ideas de Darwin.***

- La biotecnología, ya sea en la forma de cultivos modificados genéticamente, drogas sintéticas, terapia genética, o el proyecto del genoma humano, se deriva toda de la profunda perspicacia de Darwin. Darwin no sabía nada de genes ni de cromosomas, ni de cómo funcionaba la herencia. Fue necesario el aporte adicional del trabajo genético de Gregor Mendel (1822-1884) para esto

***Las ideas de Darwin condujeron a la investigación sobre ADN.***

- La síntesis moderna de la evolución surgió de la explicación de Darwin sobre la selección natural, y de la demostración de Mendel sobre la herencia, complementado con la investigación de genetistas de poblaciones con orientación matemática. Esta fusión de conocimientos impulsó la ciencia evolutiva hacia la mitad del siglo 20.<sup>14</sup> La demostración de James D. Watson y Francis Crick en 1953 de que la estructura molecular del ADN permite la codificación genética, fue un gran avance que eventualmente hizo posible que se hiciera la secuencia de los tres billones de pares de bases químicas que componen el genoma humano, y que se identificaran los 20,000-25,000 genes en el ADN humano.<sup>15,16</sup>

- Los recientes descubrimientos en Biología del desarrollo y la evolución, conocida como evo-devo en inglés, han demostrado que genes muy similares se encuentran en animales muy disímiles. Estos genes que moldean el cuerpo están controlados por interruptores de ADN llamados potenciadores, que los “prenden” o los “apagan” durante varios estadios del desarrollo. Tales potenciadores son un factor principal en la evolución de la anatomía.<sup>17</sup>

***La evidencia siempre está sujeta a pruebas empíricas. Evidence is always subject to empirical testing.***

- Los televidentes están familiarizados con el análisis de ADN [ácido desoxirribonucleico] que se hizo popular a través del programa llamado CSI (abreviación inglesa para: Investigación del Escenario Criminal). Las técnicas de secuenciación del ADN, a través de las cuales se compara la disposición de A-T-C-G de los códigos genéticos, pueden ya sea condenar, o ya sea exonerar a las personas acusadas de crímenes. Técnicas similares pueden confirmar o negar la paternidad en casos donde ésta es cuestionada, o pueden asegurar que los costosos filetes de mero que uno compra no son carne de alguna otra especie de menor valor. Tales pruebas evolutivas son aceptadas por el sistema judicial porque pasan el estándar Daubert para evidencia científica; es decir, las técnicas fueron sujetas a pruebas empíricas, fueron publicadas en revistas evaluadas por colegas, y fueron aceptadas por la comunidad científica.<sup>18</sup> Tales pruebas no existen en el creacionismo; si existieran, no podrían satisfacer ni los estándares científicos, ni los judiciales.

## **El Cambio de Paradigma**

***Darwin le cambió el curso al pensamiento científico.***

Los ejemplos anteriores son tan sólo una muestra de los beneficios que la sociedad deriva directamente del poder creativo de la teoría de la evolución de Charles Darwin a través la selección natural (para conocer más acerca del legado de Darwin, refiérase al libro: Charles Darwin, la historia concisa de un hombre extraordinario<sup>19</sup>). La publicación de El Origen de las Especies,

el 24 de noviembre de 1859, precipitó uno de esos raros eventos en la historia de la ciencia: un cambio de paradigma. El filósofo Thomas Kuhn utiliza este término para referirse al reemplazo de una cosmovisión por otra.<sup>20</sup> Ejemplos de cambios de paradigma en la ciencia incluyen el reemplazo del sistema Ptolemaico, centrado en la tierra, por el sistema de Copérnico, centrado en el sol; y el reemplazo de la física de Newton por la física de la relatividad y la cuántica. El cambio de paradigma instigado por el legado de Darwin ha hecho evidente la superioridad de este método científico como un medio para entender el mundo a nuestro alrededor.

## Referencias

1. Darwin, C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray: London.
2. Dennett, D. C. 1995. *Darwin's dangerous idea*. Touchstone: New York.
3. Darwin, C. 1839. *Voyages of the Adventure and Beagle, Volume III –, Journal and remarks. 1832–1836*. London: Henry Colburn (*The Voyage of the Beagle*).
4. Berra, T. M. 1990. *Evolution and the myth of creationism*. Stanford University Press: Stanford
5. Dobzhansky, T. 1973. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *American Biology Teacher* 35: 125–129.
6. Nesse, R.M., and Williams, G.C. 1996. *Why we get sick*. Vantage Books: New York.
7. Berra, T. 1998. *A natural history of Australia*. University of New South Wales press/Academic Press: Sydney/San Diego.
8. Barkow, J. H., Cosmides, L., and Tooby, J. (eds). 1992. *The adapted mind*. Oxford University Press: Oxford.
9. Wright, R. 1994. *The moral animal*. Pantheon Books: New York.
10. de Waal, F. 1989. *Peacemaking among primates*. Harvard University Press: Cambridge.
11. de Waal, F. 2005. *Our inner ape*. Riverhead Books: New York.
12. Hamilton, W. D. 1972. Altruism and related phenomena, mainly in the social insects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 3: 193–232.
13. Bailes, E., et al. 2003. Hybrid origin of SIV in chimpanzees. *Science* 300: 1713.
14. Larson, E. J. 2004. *Evolution: the remarkable history of a scientific theory*. The Modern Library: New York.
15. Lander, E.S., and 19 coauthors. 2001. Initial sequencing and analysis of the Human genome. *Nature* 409: 860–921.
16. Venter, J. C., and 273 coauthors. 2001. The sequence of the human genome. *Science* 291: 1304–1351.
17. Carroll, S. B. 2005. *Endless forms most beautiful: the new science of evo devo and the making of the animal kingdom*. W.W. Norton: New York.
18. Mindell, D. P. 2009. Evolution in the everyday world. *Scientific American* 300: 82–88.
19. Berra, T. M. 2009. *Charles Darwin: The concise story of an extraordinary man*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
20. Kuhn, T. S. 1962. *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press: Chicago.

© 2010, American Institute of Biological Sciences. Agradecimientos: Adaptado del artículo "El cambio de paradigma de Charles Darwin" ("Charles Darwin's paradigm shift") por Tim M. Berra, publicado en *El Beagle, Registros de los Museos y Galerías de Arte del Territorio Norte* (*The Beagle, Records of the Museums and Art Galleries of the Northern Territory*), 2008, 24: 1-5.) Los educadores tienen permiso de reimprimir artículos para su uso en las clases; otros usuarios por favor comunicarse



con [editor@actionbioscience.org](mailto:editor@actionbioscience.org) para solicitar permisos de reimpresión. Por favor ver [políticas de reimpresión](#).

### Anexo 3

## Teoría de la Evolución

Santiago Collado González

Artículo reproducido de: Collado González, Santiago, *Teoría de la Evolución*, en Fernández Labastida, Francisco – Mercado, Juan Andrés (editores), *Philosophica: Enciclopedia filosófica on line*, URL: <http://www.philosophica.info/voces/evolucion/Evolucion.html> (27 de septiembre de 2013).

### La teoría sintética

El muro que separaba las posiciones de mendelianos y biometristas comenzó a desmoronarse a partir de 1918. En este año R. A. Fisher (1890-1962) pudo mostrar que las leyes formuladas por los últimos podían ser explicadas dentro del marco establecido por las leyes de Mendel. Esta contribución junto con el trabajo de otros autores como John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964), permitió construir una teoría de la selección natural basada en el modelo mendeliano de la herencia. La teoría moderna de la evolución tuvo su inicio en los trabajos de estos años, que alcanzaron su madurez al principio de los años 30.

En la construcción del nuevo marco teórico fue muy importante la distinción acuñada por Wilhelm Johannsen (1857-1927) en 1909 entre la noción de genotipo y fenotipo. Este último está constituido por el conjunto de características detectables en un organismo (estructurales, fisiológicas o conductuales) que están determinadas por la expresión en el ser vivo del genotipo y por su interacción con el medio. Dicha distinción actualizaba la que había sido propuesta originalmente por Mendel entre carácter y factor. La

noción de gen, también acuñada por Johanssen, era entonces postulada para conseguir una teoría consistente con la experiencia pero, aunque ya se sabía bastante sobre cómo participaban los genes en la herencia de los caracteres, en realidad no se sabía en ese momento qué era o en qué consistía el material genético.

Un punto que es clave en la unión de las dos perspectivas competidoras de estos primeros años de siglo consistió en asumir que el desarrollo de cada ser vivo, desde el embrión hasta su edad adulta, es como una caja negra, es decir, se omitía cualquier consideración sobre cómo interaccionan los genes con el organismo y su entorno. Esto es sin duda una simplificación muy importante, pero hizo abordable dicha síntesis. En el nuevo esquema se asumía que la selección natural podía ser modelada en base a los cambios que se producían únicamente en el genoma. Dicho de otra manera, solamente las modificaciones en el genoma son las responsables del cambio evolutivo, y dichas modificaciones no están condicionadas en su producción ni por el fenotipo ni por el entorno, sino que son modificaciones al azar, de acuerdo con las ideas de Darwin y Wallace. La no influencia del fenotipo sobre el genotipo está relacionada y puede considerarse equivalente a lo que más tarde se llamó el dogma central de la Biología.

En los años 20, Haldane, Fisher y Wright ejercieron gran influencia en el desarrollo de la Teoría de la Evolución. Haldane publicó varios artículos en los que hacía un tratamiento de la selección natural desde la genética: analizaba una gran variedad de modelos genéticos y, también, distintas formas en las que podía darse la selección natural: débil o intensa, constante, cíclica, etc. Una de las conclusiones a las que llegó fue que el proceso de selección natural actuando sobre variaciones ciegas era más rápido de lo que se pensaba. El temor de que no hubiera tiempo suficiente para que la selección natural diera lugar a modificaciones evolutivas importantes no parecía estar justificado a la luz de estos trabajos. Las teorías que competían con la selección natural en los primeros años del siglo —las que defendían la ortogénesis y las de tipo neolamarquista— recibían con estos trabajos un duro golpe. Estos tres autores son considerados hoy como los padres de la genética de poblaciones, que sigue siendo el fundamento para la actual teoría de la evolución.

Haldane se centró en el estudio de las consecuencias que para la evolución tienen los diversos modelos genéticos. Fisher y Wright trataron de ofrecer teorías de carácter general que explicaran la historia de la vida sobre la Tierra. Ambos mantuvieron algunas diferencias en relación con el papel de la selección natural en la evolución. Fisher era partidario de que la mejor explicación de la evolución la proporciona la selección natural actuando sobre pequeñas variaciones que se producen en grandes poblaciones en las que sus individuos se aparean de manera aleatoria. En cambio, Wright pensaba que en la explicación de los cambios eran más importantes las pequeñas poblaciones aisladas en las que se podían producir importantes fluctuaciones debidas, precisamente, al pequeño número de los individuos que las componen. Esta hipótesis después ha sido conocida como la “deriva genética”. El debate entre estas dos posiciones ha sido relevante en el desarrollo de la moderna teoría de la evolución.

La integración de los trabajos anteriores con el resto de la Biología fue tarea de Theodosius Grygorovych Dobzhansky (1900-1975), que consiguió unificar los resultados empíricos de poblaciones naturales con los modelos teóricos de Haldane, Fisher y Wright. Su libro más importante fue publicado en 1937 y llevó por título “Genética y el Origen de las Especies”. Uno de los temas que centró su interés fue el de la especiación: la aparición de nuevas especies a partir de otras ya existentes. Este es el problema que aparecía en el título del famoso libro de Darwin y que, en realidad, él no llegó a aclarar. Dobzhansky destacó la importancia del aislamiento geográfico como una de las causas más importantes para la aparición de una nueva especie. Este tipo de especiación fue llamada especiación alopátrida. Su estudio y, en general, el estudio de la especiación, ha sido desarrollado posteriormente, entre otros, por Ernst Mayr (1904-2005). Hoy en día no se considera este tipo de especiación más importante que la especiación simpátrida, en la que la formación de especies no requiere el aislamiento geográfico. Julian Huxley (1887-1975) popularizó en 1942 el nuevo marco teórico alcanzado por los autores citados en un libro que tuvo una gran difusión y en cuyo título llamaba a la nueva teoría de la evolución la “síntesis moderna” [Huxley 1946]. Desde entonces dicha teoría ha sido conocida como la “teoría sintética de la evolución”.

Biología molecular y genética

Otro hito importante en la configuración de la teoría de la evolución tuvo lugar con el diseño de Watson y Crick en 1953 del modelo en doble hélice de la molécula de ADN. Desde los años 40 se sabía que en las moléculas de ADN (Ácido desoxirribonucleico) estaba contenida la información genética. En 1953 se determinó la estructura de dicha información. Se descubrió que las moléculas de ADN codifican la información genética a lo largo de secuencias lineales de 4 bases nitrogenadas o nucleótidos llamados Adenina, Citosina, Guanina y Timina. Estas bases constituyen las cuatro letras de un alfabeto con el que se escribe en el genoma la información que es expresada en el desarrollo del ser vivo.

La distinción entre genotipo y fenotipo quedaba sólidamente establecida de esta manera. El nivel más básico del fenotipo serían las proteínas: macromoléculas compuestas por aminoácidos que constituyen la parte estructural fundamental de los diversos organismos vivos. Se conoce la correspondencia entre las distintas secuencias de bases del ADN con cada uno de los 20 tipos de aminoácidos distintos existentes. Concretamente cada uno de los aminoácidos es codificado por tres de las letras básicas del código genético. Cada grupo de tres letras que codifica un aminoácido se denomina "codón". No todo el ADN es codificante. Además hay aminoácidos que están asociados con codones distintos. Por esto se dice que el código genético es degenerado. A su vez, los 20 aminoácidos dan lugar por composición a una gran variedad de proteínas que desempeñan multitud de funciones en el organismo a muy distintos niveles y formando parte de una gran diversidad de sistemas orgánicos.

Exponemos a continuación de una forma breve algunas de las nociones más importantes que quedaron establecidas por la genética que se desarrolló a partir de los años 50 y que son determinantes en el modo en que se entiende hoy en día la Evolución [Ayala 2006a: 223 y ss.].

El ADN es, como hemos indicado, la molécula donde se encuentra codificada la información genética. Se trata de una molécula larga en forma de hélice y que puede representarse como dos largos filamentos moleculares enrollados y unidos por las bases o nucleótidos. Hay cuatro tipos de bases y cada filamento está unido al otro por las bases complementarias del otro.

Las moléculas de ADN se encuentran empaquetadas asociadas a proteínas en unos cuerpos densos que se llaman cromosomas. Cada especie tiene un número determinado de cromosomas. La especie humana tiene concretamente 46. En este caso, que es de reproducción sexuada, 23 cromosomas corresponden al padre y los otros 23 a la madre. Tenemos 23 parejas de cromosomas homólogos.

El gen es la unidad discreta de herencia que fue identificada por primera vez por Mendel. En el paradigma actual cada gen se corresponde con una característica morfológica del organismo, por ejemplo, el color de alguna parte del cuerpo como el pelo o los ojos. El gen es un segmento del cromosoma que está en un lugar concreto que se llama locus. Cada cromosoma puede tener muchos miles de loci génicos. Los loci están en ambos cromosomas homólogos. Cada gen en un locus concreto puede presentar formas variantes que se llaman alelos. Eso significa que genes alelos varían en una o varias partes de su secuencia de nucleótidos. Los genes se presentan por tanto en parejas uno en un cromosoma materno y el otro en el correspondiente paterno o cromosoma homólogo. Los dos genes homólogos ocupan un locus en cada uno de los cromosomas homólogos. La existencia de alelos es el prerrequisito para que pueda haber evolución. Se ha comprobado que existe una gran diversidad genética, es decir, una gran diversidad de alelos dentro de las diferentes poblaciones. La selección artificial es una muestra de que existe una amplia variabilidad genética en las poblaciones naturales.

Una noción clave en la teoría de la evolución es la de especie. En la “síntesis moderna” la noción de especie biológica fue caracterizada por Dobzhansky y por Mayr, para los organismos de reproducción sexual, como «grupos de poblaciones naturales interfértiles que están aislados reproductivamente de otros grupos» [Ayala 2006b: 258]. Esta noción es la que cuenta con mayor aceptación en la actualidad a pesar de sus evidentes limitaciones como, por ejemplo, el hecho de que sea válida sólo para grupos que se reproducen sexualmente o, también, que su aplicación no sea posible para especies que ya están extinguidas. La noción es importante, entre otras razones, porque definida de esta manera, cada especie constituye una unidad evolutiva discreta e independiente (no hay intercambios de genes entre especies diferentes). Se ha escrito mucho sobre los mecanismos que llevan a la formación de una

especie. En todo lo escrito se destaca la importancia que tienen los mecanismos de aislamiento reproductor de los que hay identificados varios tipos.

Los descubrimientos de los años 50 en genética y bioquímica han dado lugar a innumerables estudios e investigaciones realizadas desde el nuevo marco teórico y se han cosechado ya resultados prácticos concretos. Estos estudios han dado como fruto, por ejemplo, la culminación del Proyecto Genoma Humano en el año 2003. Durante los 13 años que duró el proyecto se consiguieron identificar los aproximadamente 20.000-25.000 genes que posee nuestro ADN y se determinó la secuencia de los tres mil millones de bases que componen el ADN. Además, la teoría de la evolución se ha podido refinar notablemente. Actualmente, por ejemplo, se pueden abordar taxonomías de los seres vivos basadas en el patrimonio genético de cada especie y no en aspectos morfológicos externos que resultan más arbitrarios. Ahora se sabe, entre otras cosas, lo que no se conocía cuando se formuló por primera vez la teoría sintética: en qué consiste el material genético. Se van comprendiendo poco a poco, es una tarea para años que está apenas comenzada, el significado mismo de la información genética, lo cual tiene que ver con su expresión en el organismo vivo. Todos estos conocimientos han abierto muchas expectativas, por ejemplo, dentro de la medicina y, también, en la Biología teórica en general. Pero, por otra parte, también se ha puesto de manifiesto la extraordinaria complejidad que se esconde en los seres vivos. En cuanto al proceso de la evolución, los avances señalados han resuelto antiguos interrogantes, pero también han abierto otros nuevos que se erigen como desafíos para la ciencia que son aún más arduos que los antiguos.

Se puede decir en definitiva que existe un marco común aceptado por la mayoría de los científicos en el que están incluidos, entre otros, los ingredientes que hemos ido describiendo anteriormente. El núcleo esencial sobre el que existe común acuerdo entre toda la comunidad científica se podría resumir diciendo que «la evolución se produce mediante la actuación de mecanismos como la selección natural sobre, primariamente, pequeñas variaciones ciegas que ocurren en el nivel genético» [Sarkar 2007: 69]. Pero dentro de ese marco hay cuestiones que siguen siendo objeto de vivos debates. Se mantienen también cuestiones ya planteadas en los inicios de la

formulación de las teorías evolucionistas pero ahora vistas desde la nueva perspectiva y, por tanto, desde una mejor comprensión de su complejidad.

También hemos visto que, desde su inicio, la teoría de la evolución que nació y se ha desarrollado a partir de las ideas de Darwin no ha tenido una aceptación pacífica. Se han mencionado ya algunas de las controversias suscitadas en los años finales del siglo XIX y sus raíces. Fuera del ámbito científico las controversias no han sido menores. Uno de los movimientos que más resistencia ha ofrecido a las ideas de Darwin ha sido el Creacionismo. Los enfrentamientos con la teoría de la evolución, que llegan hasta nuestros días, dan la posibilidad de trazar una historia de la que incluso un simple esbozo queda fuera del alcance de esta voz [véase la voz Diseño inteligente].

A continuación se indican brevemente algunas de las cuestiones científicas más importantes que han sido objeto de controversia en los últimos años en relación con la teoría de la evolución. Se abordan aquí porque entenderlas permite también comprender mejor la teoría de la evolución y su alcance.

Algunas cuestiones científicas debatidas en torno a la teoría de la evolución

➤ Selecciónismo frente a neutralismo

En los años 60 se comenzó a utilizar una nueva técnica, la electroforesis en gel, con la que se pudo comprobar con bastante precisión el grado de variación genética de las poblaciones. Los estudios realizados con esta técnica, y otras también sencillas de realizar en el laboratorio, llevaron a determinar que la proporción de loci heterocigóticos, es decir, aquellos que presentan alelos distintos en los cromosomas homólogos, oscila entre el 5 y el 20 por ciento. Teniendo en cuenta que la técnica empleada detecta las variaciones en las proteínas y que la codificación de las mismas por el ADN es degenerada, era razonable pensar que el grado de variación genética era aún mayor que esos porcentajes [Ayala 2006c: 280].

El grado de variación que resultaba de dichos experimentos era muy superior al que se esperaba. Una explicación de este fenómeno fue propuesta por el genetista japonés Motoo Kimura en 1968. Para este científico, y los que como él defienden la llamada “teoría neutralista”, la mayoría de las diferencias genéticas ni favorecen ni dificultan la supervivencia de los organismos lo cual les lleva a concluir que el hecho de que sobrevivan o sean eliminados de una

población es simplemente un problema de azar. Los neutralistas dicen que si la mayoría de las diferencias genéticas estuvieran sometidas a selección natural, la variación sería mucho más reducida y, por tanto, la selección natural no tendría la incidencia en la evolución que sugiere la teoría sintética.

Otro de los fenómenos esgrimidos por los neutralistas para defender su propuesta es la constancia del ritmo de cambio genético experimentado a lo largo de las generaciones. Se han realizado diferentes estudios que relacionan la historia evolutiva común a varias especies y el número de las diferencias en las respectivas secuencias de ADN. Los resultados sugieren que los genes pueden considerarse como relojes moleculares ya que el ritmo de cambio experimentado es relativamente constante durante largos períodos de tiempo y, además, esos valores son semejantes en diferentes especies. Si la selección natural actuase como propone la teoría sintética, dicen los neutralistas, los ritmos en los cambios serían más variables como consecuencia de las diferentes presiones selectivas que se suceden en el tiempo y en las distintas especies.

Esta propuesta ha sido quizá la que ha suscitado en el mundo de la Biología más ásperos debates desde que se formuló la teoría sintética hasta nuestros días. De hecho, en 1969 los neutralistas King y Jukes anunciaron, de una manera algo provocativa, el nacimiento de un modelo de evolución en el que la deriva según alelos neutrales había reemplazado a la selección como fuerza evolutiva.

En realidad los debates en torno al neutralismo-seleccionismo no han cesado todavía. Autores como Ayala o Sarkar piensan que, actualmente, en dicho debate no se trata de determinar el éxito de una de las propuestas y la exclusión de la otra. Se trataría más bien de determinar en qué medida actúa la selección y en qué medida es válida y ayuda a entender la evolución el neutralismo. De hecho, el mismo Kimura aceptó que la selección natural es la fuerza evolutiva determinante a escala morfológica y que el neutralismo en el nivel molecular presenta problemas cuando se tratan de explicar las diferencias adaptativas que se ponen de manifiesto en niveles superiores de organización. Ayala afirma, además, que la teoría sintética no obliga a que el ritmo de evolución sea tan irregular como suponen los neutralistas. Los enormes intervalos de tiempo a lo largo de los cuales se produce la evolución molecular



hacen que las fluctuaciones se compensen entre sí dando la impresión de que ocurren a un ritmo constante. Se han formulado incluso modelos matemáticos en los que se hace compatible el reloj molecular con la evolución regida por selección natural.

También se ha propuesto la llamada teoría “casi neutral” en la que se trata de mantener la consistencia de las tesis neutralistas con muchos datos que indican la actuación de la selección natural. La mayoría de los biólogos todavía creen en la importancia de la selección natural como uno de los motores de la evolución, pero este debate sigue vivo y muchos confían en que los datos que se están obteniendo de los proyectos de secuenciación de diferentes genomas ayudará a determinar el peso que las aportaciones de ambas propuestas tiene en el marco general de la teoría de la evolución [Sarkar 2007: 65-67].

➤ Puntuacionismo frente a gradualismo

Una de las distinciones clásicas que subyace en algunos de los debates en torno a la evolución ha sido la de microevolución frente a macroevolución. La genética actual ha introducido una equivocidad en estos términos que conviene tener presente. Se puede entender la microevolución como la evolución que ocurre como consecuencia de pequeñas variaciones observables dentro de la misma especie. La macroevolución sería, en cambio, la que lleva consigo grandes cambios como la diversificación de especies en largos periodos de tiempo. El nuevo marco teórico lleva a entender estas nociones con un sentido distinto, aunque relacionado. La microevolución es ahora la que podemos constatar a nivel bioquímico: una modificación en un par de bases de un gen, una mutación, sería el hecho más elemental de la microevolución. Este tipo de modificaciones a nivel genético, con su repercusión a nivel del fenotipo, nadie las pone en duda: se pueden provocar, observar y experimentar directamente con ellas.

Como consecuencia de la influencia de las tesis gradualistas defendidas por el darwinismo, se suele defender que la diferencia entre la microevolución y la macroevolución es sólo una cuestión de tiempo: la macroevolución no sería

otra cosa que la acumulación de cambios microevolutivos. Este supuesto ha sido objeto de matices y discusiones incluso entre los mismos darwinistas. No se pone en duda que en la base de los cambios macroevolutivos están los microevolutivos. Lo que se discute es la reductibilidad de unos a los otros, es decir, que la explicación de las leyes y mecanismos de la microevolución lleve a una explicación completa de los propios de la macroevolución. Dicho de otra manera, se pone en duda o se niega que las leyes de la macroevolución que podemos llegar a establecer sean derivables de las establecidas para la microevolución. Ayala, por ejemplo, afirma lo siguiente: «la macroevolución es un campo autónomo del estudio evolutivo y, en este importante sentido epistemológico, la macroevolución está desacoplada de la microevolución» [Ayala 2006b: 268].

Estrechamente relacionado con la diferencia entre micro y macroevolución discurre uno de los debates más importantes surgidos en el seno de la comunidad científica y que, inicialmente, parecía romper con los mismos fundamentos del marco teórico de la síntesis moderna. Se trata del enfrentamiento entre el gradualismo propio de la teoría sintética con lo que se ha llamado puntuacionismo o saltacionismo. Este nombre deriva del recibido por la teoría propuesta por Niels Elredge (1943-) y Stephen Jay Gould (1941-2002) en 1972 a la que este último denominó “Equilibrio puntado”.

El problema que está detrás del origen de esta propuesta es el contraste entre el gradualismo que parece derivarse de la teoría sintética y los saltos existentes en el registro fósil existente, que distan mucho de ser una continuidad gradual. Hasta que el equilibrio puntuado vio la luz, la manera más común, aunque no la única, de justificar la existencia de esos agujeros del registro fósil era la más fácil y directa: no han quedado fosilizados todos los vivientes que han existido, o bien, todavía no hemos descubierto muchos de los fósiles que nos permitirán ir llenando los huecos existentes. Mayr, en cambio, se adelantó en cierta manera al saltacionismo en 1954 defendiendo que la existencia de los huecos en el registro fósil era consecuencia de que «las poblaciones fundadoras en proceso de especiación están muy restringidas en el espacio y en el tiempo y, por lo tanto, es muy improbable que lleguen a aparecer nunca en el registro fósil» [Mayr 2005: 212]. El hecho es que la acumulación de nuevos fósiles no parecía respaldar la solución fácil, y que había motivos para dudar de la

compatibilidad de la ortodoxia gradualista con los datos aportados por la paleontología.

Gould y Eldredge sostuvieron en sus trabajos que el registro fósil mostraba positivamente que en la evolución había cortos periodos en los que los cambios evolutivos se producían muy rápidamente, y que estos eran seguidos por otros largos periodos de estasis en los que las distintas formas permanecían estables. Dicho de otra manera, la evolución parecía dar saltos de unas especies a otras sin que hubiera especies intermedias. No es que no tuviéramos los fósiles de los eslabones intermedios –eslabones perdidos- sino que, sencillamente, dichos eslabones no habían existido.

Inicialmente el equilibrio puntuado pareció a algunos una teoría alternativa a la síntesis moderna, recibió muchas críticas y suscitó un debate muy vivo. Pronto se vio que el esquema puntuacionista o saltacionista no era una dificultad real para seguir sosteniendo los principios de la síntesis darwinista moderna. Los mismos autores de la teoría explicaron que el problema radica en que se está jugando con dos escalas de tiempo diversas. Por una parte hemos de considerar el tiempo en el que se produce la evolución siguiendo un modelo de cambios pequeños y graduales y, por otra parte, el tiempo que es relevante para el registro fósil denominado tiempo geológico, cuya escala es mucho mayor que la del primero. Con palabras de Gould: « Lo que intenta explicar la teoría del equilibrio puntuado es el papel macroevolutivo 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 de cambio tratan del trazado de estas 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 la filogenia primate como un parpadeo a una vida humana» [Gould 2004: 797].

Muchos biólogos han señalado que los patrones macroevolutivos de estasis y saltos podrían ser producidos por modelos basados en la microevolución. También parece haberse mostrado en las últimas décadas que se pueden producir rápidos cambios morfológicos en poblaciones naturales. Parece pues confirmarse que aunque el saltacionismo fuera el patrón predominante del

cambio macroevolutivo, los procesos implicados permanecen dentro del marco de la síntesis moderna.

El mismo Gould ha defendido la compatibilidad de su propuesta con las tesis de la teoría sintética actual: «El equilibrio puntuado tampoco intenta redefinir o criticar los mecanismos microevolutivos convencionales en absoluto (porque surge como la expresión anticipada, tras cambio de escala, de las teorías microevolutivas sobre la especiación en el dominio radicalmente distinto del tiempo geológico)» [Gould 2004: 812]. No obstante Gould defiende que su propuesta es original, y dicha originalidad radica en el cambio de perspectiva con la que se observa la evolución. Para Gould, en la escala de tiempo geológico, el sujeto de la selección evolutiva no sería ya el individuo de una población sino que sería la misma especie. Así lo expresa Gould: «Pero el meollo de la novedad potencial del equilibrio puntuado para la teoría biológica es que estos mecanismos microevolutivos clásicos no tienen la exclusiva de la explicación evolucionista, y que su dominio de acción debe restringirse (o al menos compartirse) al nivel de la pauta macroevolutiva a escala geológica, porque el equilibrio puntuado ratifica una mecánica macroevolutiva efectiva basada en el reconocimiento de las especies como individuos darwinianos. En otras palabras, la principal contribución del equilibrio puntuado a la teoría macroevolutiva no es la revisión de la mecánica microevolutiva, sino la individuación de las especies (lo que establece la base para un dominio teórico macroevolutivo independiente) [Gould 2004: 812].

Por tanto, según este autor, se podría ver el saltacionismo como una ampliación de la teoría sintética en la que se reafirman sus principios pero en un dominio teórico diferente. Estas afirmaciones señalan, como también hemos visto que hace Ayala, un cierto nivel de independencia entre la macro y la microevolución, pero siempre dentro del marco común de la teoría sintética.

Esta discusión sirve para aludir a un debate que tiene también resonancias en los estudios filosóficos sobre la evolución: la determinación de cuál es la unidad de selección. Se han propuesto como unidades selectivas el gen, el individuo y otros grupos poblacionales como son la especie. Los genetistas, y más en concreto los neutralistas, son más proclives a considerar al gen como unidad o blanco de la selección. Mayr considera que «dado que ningún gen está directamente expuesto a la selección, sino sólo en el contexto del genotipo

completo, y dado que un gen puede tener diferentes valores selectivos en diferentes genotipos, no parece nada adecuado considerarlo el blanco de la selección» [Mayr 2005: 218]. Este autor piensa que es el individuo el blanco principal de la selección, aunque también admite la posibilidad de que exista la llamada selección de grupo como, por ejemplo, la selección de especies.

➤ Noción de especie

Ya se ha mencionado que una noción clave, como se desprende de todo lo visto hasta ahora, es la noción de especie. En cualquier trabajo sobre la teoría de la evolución, como éste por ejemplo, es una de las palabras más empleadas. La noción ha sido objeto de importantes debates desde el inicio de la teoría de la evolución. El debate sobre esta noción tiene además especiales connotaciones filosóficas.

El problema debatido se podría expresar de una manera sencilla como una alternativa: ¿tienen las especies una existencia real o son por el contrario un producto de nuestra mente que simplemente nos facilita la organización de nuestros conocimientos sobre la naturaleza? El gradualismo darwinista difumina sus contornos se opone a una noción de especie concebida como algo perfectamente determinado morfológica y temporalmente. Si una especie deriva de otra por evolución gradual ¿dónde poner el límite entre las dos especies? O bien, ¿qué diferencias tiene que haber entre dos individuos para ser considerados como pertenecientes a distintas especies? Darwin, por ejemplo, afirmó: «considero el término especie como dado arbitrariamente, por razón de conveniencia, a un grupo de individuos muy semejantes y que no difiere esencialmente del término variedad, que se da a formas menos precisas y más fluctuantes» [Darwin 2002: 104]. Para Haldane el concepto de especie era una concesión a nuestros hábitos lingüísticos y mecanismos neurológicos [Sarkar 2007: 70].

Las dificultades para dar una definición de especie que no presente algún problema o limitación parecen respaldar estas opiniones y restar realidad, o más bien realismo, a la noción de especie. No obstante, a pesar de sus limitaciones, sí se ha concedido mucha importancia a la ya definida anteriormente noción de especie biológica. En realidad dicha noción es útil dentro del esquema conceptual que sirve para explicar la misma evolución y,

como hemos visto, en algunos autores como Gould, incluso se convierte en blanco de la selección darwiniana, es decir, en sujeto darwinista. Esta noción de especie biológica es clara y define con nitidez lo que es una especie, pero no evita por completo el problema general de la falta de delimitación entre especies cuando se acepta la gradualidad en la evolución.

Actualmente este debate sigue abierto. La definición de especie biológica es vista por algunos como insuficiente. Por ejemplo, el ámbito de la microbiología ofrece una diversidad mayor que el que estamos acostumbrados a contemplar ordinariamente y que ha sido el objeto de las propuestas taxonómicas más usuales. En dicho ámbito la definición de especie biológica es inútil puesto que el tipo de reproducción mayoritaria no es sexual. A pesar de las dificultades se siguen buscando criterios taxonómicos que sean útiles para hacer clasificaciones y reduzcan todo lo posible las insuficiencias de los ya existentes. Lo que parece claro para todos los biólogos es la necesidad de contar con un criterio para diferenciar especies, aunque no siempre se pongan de acuerdo para establecer el más adecuado. Por encima de los desacuerdos, en lo que sí parece haber coincidencia es en que la realidad de la especie está relacionada con la existencia de unidades poblacionales agrupadas en nichos ecológicos en las que la selección natural evita que haya confusión entre ellas. Se admite también que puede que no haya una caracterización única y óptima para la especie, sino que habría que emplear una u otra según el nivel o la rama en el árbol de la naturaleza que se esté estudiando [Zimmer 2008: 72-73]. En realidad, las mayores dificultades en este punto surgen, sobre todo, para los que defienden propuestas de tipo creacionista o de tipo fijista. En realidad, dicha fijación pertenece sólo a nuestro modo de pensar los seres naturales, es decir, pertenece a la objetivación que nosotros hacemos de ellos. No es fácil pensar objetivamente el movimiento propio de la vida. Un movimiento que, como ocurre en el caso de la evolución, implica periodos de tiempo que escapan completamente a las magnitudes que captan nuestro conocimiento ordinario.

➤ Importancia de la selección natural en la evolución

El grado de intervención de la selección natural en el proceso evolutivo ha sido también un constante objeto de debate desde la formulación de la teoría de

Darwin. La controversia sigue abierta en el ámbito puramente científico. Hay que tener en cuenta que a este mecanismo se le ha dado siempre un papel central dentro de la ortodoxia de la teoría sintética. En él se apoya gran parte de la originalidad de la propuesta de Darwin.

No obstante, actualmente se aducen razones para atenuar su importancia en la evolución, como las que presentan los ya mencionados neutralistas. También siguen ofreciéndose importantes razones para destacar su importancia. Un argumento empleado con frecuencia en su defensa consiste en la constatación, sobre todo en el ámbito de la macroevolución, de la existencia de la “evolución convergente”: hay seres vivos muy alejados desde el punto de vista filogenético, o que han evolucionado de una manera aislada, pero que han desarrollado organismos similares y han alcanzado soluciones funcionales extraordinariamente parecidas.

El problema de la importancia de la selección natural es paralelo al problema del grado de contingencia de la evolución. La dificultad que se plantea es el siguiente: si la historia evolutiva comenzara de nuevo ¿tendríamos un panorama en la naturaleza semejante al que nos encontramos en la actualidad? Si se admite que lo que genera variedad son las mutaciones, y que estas son ciegas, la respuesta a la pregunta tiene que ver con lo fuerte o débil que sea el papel de la selección natural en la evolución. La respuesta a la pregunta ha enfrentado a diversos científicos. Gould, por ejemplo, ha hecho de la contingencia uno de los puntos centrales de sus tesis. Simon Conway Morris, por el contrario, ha enfatizado de una manera especial la convergencia. En general parece que entre los biólogos hay acuerdo en que existe tanto una como la otra, y dan cabida a la contingencia y a la convergencia dentro de la moderna teoría sintética. Algunos científicos incluso han formulado la acción de la selección natural en forma de teorema, precisando cuales son las premisas necesarias que deben cumplirse para que la selección natural actúe o no [Meléndez-Hevia 2001: 18]. Estas formulaciones tratan de explicar el por qué de los contrastes señalados dentro del marco de la teoría sintética y ofrecer una perspectiva lo más ajustada posible de la importancia de la acción de la selección natural en la evolución.

- Más sabemos, más debates

No son las anteriores, ni mucho menos, las únicas cuestiones debatidas. En cualquier caso, ninguno de los autores importantes del siglo XX que han contribuido en el asentamiento de la teoría sintética piensa que este gran número de controversias ponga en peligro por el momento la validez de la teoría sintética moderna. Mayr dice a este respecto: «para muchos problemas evolutivos existen múltiples soluciones posibles. Aunque todas ellas son compatibles con el paradigma darwiniano. La lección que nos enseña este pluralismo es que, en Biología evolutiva, las generalizaciones casi nunca son correctas. Incluso cuando algo ocurre “por lo general”, esto no quiere decir que tenga que ocurrir siempre» [Mayr 2005: 223].

La realidad es que hay muchas cuestiones en debate. El pluralismo al que se refiere Mayr puede parecer excesivo para algunos que se plantean la necesidad de alcanzar una mayor unidad y simplicidad, quizá con la formulación de una nueva síntesis. Esta nueva síntesis “postmoderna”, como es calificada con cierta aprensión en un artículo de Nature [Whitfield 2008], debería poder explicar lo que ocurre en ámbitos de la Biología que todavía no se han conseguido integrar satisfactoriamente con la teoría sintética. Uno de estos ámbitos es, por ejemplo, la Biología del desarrollo, sobre la que la genética está aportando en nuestros días gran cantidad de información. La disciplina emergente llamada “evo-devo” (evolución y desarrollo) trata precisamente de unir estos dos ámbitos de la Biología, pero se encuentra todavía lejos de la madurez. En este ámbito de la Biología hay muchos misterios que desvelar, y los datos que se van acumulando llevan a plantearse, por ejemplo, la necesidad de asumir una relación más rica que la aceptada por la teoría sintética entre genotipo y fenotipo. Dicha relación no debería ser, por ejemplo, tan unidireccional como establece el mencionado dogma central de la Biología. O, al menos, debería admitir una influencia del ambiente que no se redujera exclusivamente a una función selectiva.

Todo lo dicho hasta el momento puede llevar a pensar que el marco conceptual de la moderna teoría sintética explica mucho, pero que todavía es insuficiente para dar verdadera unidad a todos los fenómenos de los que somos testigos en el mundo biológico. En cualquier caso, lo que si ponen claramente de manifiesto estos debates es que la vida, en su aparente simplicidad y sencillez,



presenta una gran complejidad cuando se la analiza desde el punto de vista científico.

#### Bibliografía

- Artigas, M., *Filosofía de la Ciencia Experimental*. Eunsa. Pamplona 1999.—, *Las fronteras del evolucionismo*, Eunsa, Pamplona 2004.
- Artigas, M. and Giberson, K., *The Oracles of Science. Celebrity scientists versus God and religion*, Oxford University Press, New York 2007.
- Ayala, F. J., *Los mecanismos de la evolución*, en: *La evolución de un evolucionista*, Universitat de València, Valencia 2006. pp. 223-254 [Ayala 2006a].
- , *¿Es necesaria una nueva síntesis evolutiva?* en: *La evolución de un evolucionista*, Universitat de València, Valencia 2006. pp. 255-268 [Ayala 2006b].
- , *La evolución del Darwinismo* en: *La evolución de un evolucionista*, Universitat de València, Valencia 2006. pp. 269-294 [Ayala 2006c].
- , *La teoría de la evolución. De Darwin a los últimos avances de la genética*. Ediciones Temas de Hoy. Madrid 1994.
- , *Darwin y el Diseño Inteligente. Creacionismo, cristianismo y evolución*, Alianza Editorial, Madrid 2007.
- Brentano, F., *Sobre la existencia de Dios*, Rialp, Madrid 1979.
- Curtis, H. y Barnes, N. S., *Invitación a la Biología*, Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires 1996 (Quinta edición).
- Darwin, C., *El Origen de las especies*, Biblioteca Austral, Espasa Calpe, Barcelona 2002.
- Dobzhansky, T. G., *Genética y el origen de las especies*, Revista de Occidente, cop., Madrid 1955.
- , *Evolución*, Omega, Barcelona 1979.
- , *El Azar y la creatividad en la evolución* en: Ayala, F.J. y Dobzhansky, T. G., *Estudios sobre la filosofía de la Biología*, Ariel, Barcelona 1983.
- Gould, S. J., *La Estructura de la Teoría de la Evolución*, Tusquets Editores, Barcelona 2004.
- Hoyningen-Huene, P., *Systematicity: The Nature of Science*, «*Philosophia*» 36 (2008), pp. 167–180.
- Huxley, J., *La evolución: síntesis moderna*, Losada Cop., Buenos Aires 1946.
- Lewontin, R. C., *The Units of Selection*, «*Annual Review of Ecology and Systematics*», 1 (1970), pp. 1-18.
- Mayr, E., *Así es la Biología*, Debate, Barcelona 2005.
- Meléndez-Hevia, E., *La selección natural y la termodinámica en la evolución biológica: del origen de la vida al cáncer*, Servicio de Publicaciones. Universidad de la Laguna, Santa Cruz de Tenerife, 2001.
- Monod, J., *El azar y la necesidad*, Orbis, Barcelona 1987.
- Polo, L., *Introducción a la filosofía*, Eunsa 1995.
- Ruse, M., *La filosofía de la Biología*, Alianza 1979.
- Sarkar, S., *Doubting Darwin? creationist designs on evolution*, Blackwell, Oxford 2007.
- Velázquez, H., *¿Qué es la Naturaleza? Introducción Filosófica a la Historia de la Ciencia*, Porrúa, México 2007.
- Whitfield, J., *Postmodern evolution?*, «*Nature*» 455 (2008), pp. 281-284.
- Zimmer, C., *¿Qué es una especie?*, «*Investigación y ciencia*» VIII (2008), pp. 66-73.

Anexo 4

## Mecanismos de Cambio Evolutivo

### La Selección Natural: Cómo funciona la Evolución

**Douglas Futuyma**

Una entrevista original de ActionBioscience.org

#### **Puntos principales de la entrevista**

*La selección natural es un mecanismo eficiente y predecible de la evolución, el cual ilustra:*

- *cómo se adaptan las especies a su medio ambiente*
- *el éxito reproductivo de una especie*
- *el diseño en la naturaleza*
- *la evidencia de la evolución en acción, por ejemplo, la resistencia a los antibióticos*

**Diciembre 2004**

#### **¿Qué es la selección natural y cómo es ella central a la teoría de la evolución?**

*La selección natural es cómo una especie evoluciona mediante la adaptación a su medio ambiente.*

*La selección natural explica el diseño en la naturaleza.*



*Charles Darwin estudió la variación de los picos de pinzones en las Islas Galápagos como evidencia de la selección natural.*

*Ilustración: BSCS*

**Futuyma:** La selección natural es el proceso por el cual una especie se adapta a su medio ambiente. La selección natural lleva al cambio evolucionario cuando individuos con ciertas características poseen una tasa de supervivencia o reproducción más alta que los otros individuos de la población y pasan estas características genéticas heredables a su progenie. Puesto en forma simple, la selección natural es la diferencia consistente en la supervivencia y la reproducción entre genotipos diferentes, o hasta en genes diferentes, en lo que podríamos llamar el éxito reproductivo. [Un genotipo es un grupo de organismos que comparten un conjunto genético específico.]

La selección natural es importante porque es la idea central que surgió de los estudios de Charles Darwin y de Alfred Russel Wallace, y que explica al diseño en la naturaleza. Es el proceso que es responsable por la evolución de las adaptaciones de los organismos a su medio ambiente.

El libro de Darwin *Sobre el Origen de las Especies por Medio de la Selección Natural* causó una gran controversia cuando fue publicado en 1859. Por supuesto, la evidencia en apoyo a la evolución y a la selección natural se ha acumulado con el tiempo, y ahora la ciencia acepta que la evolución es un hecho y que la selección natural explica muy bien como ocurre la evolución adaptativa.

### **¿Es la selección natural el único mecanismo de la evolución?**

***La evolución tiene muchos mecanismos.***

***La deriva genética involucra cambios al azar.***

***La selección natural es un tipo de cambio más consistente y adaptativo.***

**Futuyma:** No, ciertamente no. De entrada, sin variación genética no puede haber evolución. De manera que debe haber mutación y a menudo recombinación para que se generen los diferentes genotipos o las diferentes versiones de los genes, conocidas como alelos, los cuales pueden o no colaborar en la habilidad de un organismo para sobrevivir o para reproducirse.

Uno no puede tener cambio evolutivo sin las mutaciones, y quizás sin la recombinación, las cuales dan origen a la variación genética. Pero una vez que uno tiene variación genética, existen básicamente dos posibilidades principales:

- Primero, que no hay una diferencia entre los diferentes genotipos o entre los diferentes genes en su impacto sobre la supervivencia y la reproducción. En este caso, uno puede tener cambios aleatorios entre un tipo y otro en la población o en la especie hasta que eventualmente un tipo reemplaza al otro. Esto es un cambio evolucionario. Ocurre completamente al azar, por medio de fluctuaciones aleatorias. Esto es lo que llamamos el proceso de la deriva genética.
- La deriva genética es muy diferente a la segunda posibilidad, la selección natural, la cual es el cambio mucho más consistente, predecible y confiable en las proporciones de un gen versus otro, o de un genotipo versus otro. ¿Por qué? Simplemente porque existe una superioridad consistente entre, por ejemplo, un genotipo versus otro en una característica que afecta a supervivencia o en otra característica que afecta sus capacidades reproductivas.

### ¿Lleva la selección natural a especies nuevas, y si lo hace, cómo lo hace?

#### *La selección natural juega un papel en el origen de las nuevas especies.*

**Futuyma:** A veces si lleva a nuevas especies pero no siempre. Una gran parte de la evolución por selección natural puede ocurrir sin la formación de especies nuevas. La selección natural es solo el proceso de adaptación dentro de una especie y se pueden observar muchos ejemplos de esto. Bajo ciertas circunstancias, la selección natural juega un papel en el origen de especies nuevas, con lo que quiero decir que divide el linaje de una especie en dos linajes que no se entrecruzan. Por ejemplo, la división de un linaje ancestral de los primates en un linaje que eventualmente dio origen a los chimpancés y en otro que se convirtió en la línea de los homínidos que resultó en nuestra propia especie. El proceso de separación y de aislamiento reproductivo, es decir, la incapacidad de entrecruzarse uno con el otro, puede a menudo involucrar a la selección natural, pero quizás no siempre.

## Algunos consideran a la selección natural como la supervivencia del más apto. ¿Cómo este eslogan puede llevar a concepciones erróneas?

**Futuyma:** “La supervivencia del más fuerte o del más apto” es un eslogan muy engañoso. Primero que todo, no es una descripción adecuada de lo que realmente ocurre en la naturaleza por dos razones:

### *“La supervivencia del más fuerte” es un término engañoso.*

- A veces no existe un tipo “más apto.” Pueden haber varios tipos diferentes que están igualmente adaptados por diferentes razones. Quizás ellos están adaptados a diferentes facetas del medio ambiente. Uno no va a reemplazar al otro porque cada uno tiene su propio lugar en el ambiente.
- Más aún, no es una función de supervivencia exclusivamente. La selección natural es una diferencia en el éxito reproductivo, el cual involucra tanto la habilidad de sobrevivir hasta la edad reproductiva como la capacidad de reproducirse.

La noción de la supervivencia del más apto también es desafortunada en que se puede ver como un tipo de tautología, es decir, un tipo de declaración vacía para aquellos que dicen que los más aptos son los que sobreviven y por eso no existe un verdadero contenido predictivo en la noción de la selección natural. Esto es simplemente falso.

## ¿Cómo interpretan los científicos al “azar” y qué papel juega en la selección natural?

### *La evolución involucra cambios impredecibles.*

**Futuyma:** Los filósofos y los científicos usan al “azar” solo en el sentido de la incertidumbre, o sea, la capacidad de ser impredecible. El azar significa esencialmente que uno no puede predecir el resultado de un evento en particular. Por ejemplo, uno no puede predecir si su próximo bebé va a ser un hijo o una hija, a pesar de que uno puede especificar la probabilidad de cada resultado. “Azar” no significa falta de propósito o meta en la ciencia. Si lo fuera, uno podría decir que absolutamente todo en el mundo natural ocurre al azar,

pues nosotros no vemos ningún propósito o meta en las tormentas, en las corrientes oceánicas o en ninguna otra cosa. Ciertamente, la evolución sí involucra al azar; involucra cambios no predecibles. Por ejemplo, el origen de la variación genética por medio de las mutaciones es un proceso que involucra una gran cantidad de azar. La deriva genética, el proceso al cual me referí anteriormente, es una forma de azar.

### ***La selección natural provee predictabilidad.***

Sin embargo, la selección natural por si misma es el único proceso de la evolución que es la antítesis del azar. Es predecible. Dice que, dentro de un contexto ambiental específico, un genotipo va a ser más exitoso que otro en su supervivencia o en su reproducción por ciertas razones que tienen que ver con el medio ambiente o que se relacionan con otros organismos dentro de la población. Esto provee capacidad de predicción y consistencia. De esta manera, si uno tiene poblaciones diferentes con la misma oportunidad de evolución, uno obtendría el mismo resultado.

### **¿Puede la selección natural seleccionar para las necesidades futuras de una especie?**

#### ***La selección natural no puede preparar especies para necesidades futuras.***

**Futuyma:** No, porque la selección natural no puede interpretarse como la Madre Naturaleza a cargo de cuidarnos. Dado que la selección natural es un proceso completamente impersonal que no es más que una diferencia, de generación en generación, del éxito reproductivo de un genoma sobre otro, no hay forma de que pueda ver hacia el futuro o resguardar sobre la posibilidad de la extinción. Las características que los organismos poseen hoy y que les dan una superioridad adaptativa pueden llevarlos al desastre en el futuro.

### **¿Podría darnos un ejemplo de la selección natural en acción en el pasado reciente?**

#### ***El gusano de la mosca de la manzana evolucionó en respuesta a cambios en la comida disponible.***

**Futuyma:** Existen tantos ejemplos de esto! Un ejemplo es el gusano de la mosca de la manzana. Esta especie comenzó a convertirse en una plaga importante hace unos 100 años en las huertas de manzana de los estados de Nueva Inglaterra y Nueva York, en el noreste de los Estados Unidos. Hoy en día es una amenaza en todo el este de los Estados Unidos. Originalmente se alimentaba solo de las frutas del espino (*Crataegus* spp., Rosaceae) pero luego se adaptó a la manzana y se ha convertido en una seria amenaza para la industria.

***La resistencia a los pesticidas es debida al cambio adaptativo.***

Quizás mucho más crítico es un problema con el que la agricultura tiene que lidiar constantemente: la evolución de la resistencia a varios insecticidas químicos en cientos de especies de insectos. Los insectos se hacen entonces más y más difíciles de controlar.

***La resistencia a los antibióticos también ilustra a la selección natural.***

Aún más cercana a nosotros, y más seria, en la crisis más grande en la medicina: la resistencia a los antibióticos. El hecho es que un número enorme de las bacterias y los virus más peligrosos han evolucionado hasta convertirse en resistentes a los antibióticos y a otras drogas que antes eran efectivas en contra de ellos. Un ejemplo obvio es el virus HIV, el cual, tal y como lo conocemos, es capaz de evolucionar rápidamente la resistencia a las drogas que una vez eran efectivas en su contra.

**El fallecido Stephen Jay Gould escribió que si uno pudiera retroceder “la cinta” de la historia evolutiva y volverla a tocar, los resultados no serían los mismos [S.J. Gould, *Wonderful Life*, 1989]. ¿Por qué?**

***La historia evolucionaria no puede suceder de la misma manera otra vez.***

***Las circunstancias ambientales no pueden ser repetidas.***

**Futuyma:** Bueno, se puede decir casi con certeza que no sería lo mismo. Yo no creo que nadie pueda decir cuan diferente sería, si ocurriría a lo largo de las mismas líneas generales, o sería completa e inimaginablemente diferente.

Por supuesto, no sería lo mismo porque, primero que todo, los procesos al azar están involucrados en el proceso evolutivo. Por ejemplo, el origen de nuevas mutaciones: mucha evolución depende de los cambios mutacionales particulares en los genes, cambios que son extremadamente raros o poco posibles, pero que sin embargo, han ocurrido en el momento apropiado, en la especie apropiada, en el ambiente apropiado, pero que no necesariamente tenían que ocurrir de esta manera. Es decir, existe poca predictabilidad.

Además, la secuencia particular de los cambios ambientales que la Tierra ha sufrido y a los cuales fueron expuestos los organismos durante miles de millones de años ha dejado una marca muy larga en las especies que observamos hoy en día. Si la secuencia en los cambios ambientales hubiera sido diferente, uno hubiera obtenido una historia evolutiva diferente, llevando a organismos completamente diferentes en el tiempo.

### **¿Por qué la selección natural posa una amenaza filosófica para algunas personas?**

***La selección natural hace que el “argumento para un creador” sea superfluo.***

**Futuyma:** El filósofo Daniel Dennett llamó a la selección natural “La peligrosa idea de Darwin” por una buena razón: es un mecanismo natural muy simple que explica el aparente diseño de las cosas vivientes. Antes de Darwin, las adaptaciones y la exquisita complejidad de los organismos eran adscritas a la creación por parte de un diseñador omnipotente y benéfico, es decir, a Dios, y de hecho, eran unos de los argumentos más importantes para apoyar la existencia de este diseñador. El concepto de la selección natural de Darwin (y de Wallace) hizo a este “argumento para un creador” completamente superfluo. Logró para la Biología lo que Newton y sus sucesores lograron para la física: proveyó una explicación completamente natural para el orden y la apariencia de diseño. Hizo que las características de los organismos fueran explicadas por procesos que pueden ser estudiados por la ciencia, en vez de adscribirlos a milagros. El movimiento contemporáneo del “diseño inteligente” es simplemente una repetición del argumento predarwiniano, y por supuesto, no



puede ser tomado en serio como una explicación científica de las propiedades de los seres vivientes.

© 2004, American Institute of Biological Sciences. Los educadores tienen permiso de reimprimir artículos para su uso en las clases; otros usuarios por favor comunicarse con [editor@actionbioscience.org](mailto:editor@actionbioscience.org) para solicitar permisos de reimpresión. Por favor ver [políticas de reimpresión](#).

El **Dr. Douglas Futuyma**, un científico de renombre mundial, es profesor de Biología evolucionaria en la Universidad Estatal de Nueva York, en Stony Brook. Ha sido presidente de la Sociedad para el Estudio de la Evolución y de la Sociedad Norteamericana de Naturalistas. Ha sido editor de las revistas científicas *Evolution* y *Annual Review of Ecology and Systematics*. Futuyma recibió el Premio Sewall Wrigth de la Sociedad Norteamericana de Naturalistas, ha sido Guggenheim Fellow, y Fulbright Fellow en Australia. Entre sus numerosas publicaciones científicas, es autor del texto *Biología Evolucionaria (Evolutionary Biology, tercera edición, 1998, Sinauer Assoc.)*, un libro de texto ampliamente utilizado en cursos de Biología a nivel de pre- y postgrado. El Dr. Futuyma también es autor del libro *La Ciencia en el Banquillo: El Caso en Pro de la Evolución (Science on Trial: The Case for Evolution (1995, Sinauer Assoc.)*, una introducción a la controversia entre la creación y la evolución desde el punto de vista de un científico. Su nuevo libro de texto, *Evolución (Evolution, Sinauer, 2005)*, será publicado a principios del año 2005. Futuyma obtuvo su grado en Biología de la Universidad de Cornell, y su Master y Doctorado (1969) del Departamento de Zoología de la Universidad de Michigan, donde estudió con Lawrence Slobodkin.  
<http://life.bio.sunysb.edu/ee/people.htm>

## Mutación

Rafael Oliva Virgili,

José Manuel Vidal Taboada

Genoma humano: nuevos avances en investigación, diagnóstico y tratamiento

Ediciones de la Universidad de Barcelona

España 2006

La mutación del DNA es la fuente de variación. Cualquier cambio en el genotipo que resulte en una variación del fenotipo susceptible de selección natural. Las mutaciones pueden ser desde cambios puntuales hasta grandes reordenamientos. El genoma humano presenta claras evidencias de que a lo

largo de la evolución se han producido duplicaciones, inserciones, deleciones, reorganizaciones, mutaciones puntuales, y otros tipos de cambios. A parte de estas mutaciones, la migración de poblaciones, la selección natural y la deriva genética han determinado las frecuencias alélicas presentes en las distintas poblaciones. El análisis de la historia evolutiva del Genoma Humano nos ayuda a comprender el porqué de su organización actual. Los mecanismos operantes en la evolución del genoma Humano son también, en ciertos casos, causa de enfermedad. La presencia de variaciones en la secuencia del DNA o polimorfismos genéticos dentro del Genoma Humano (variación alélica) explica en parte porqué dentro de la especie humana somos distintos unos de otros.

### TIPOS DE MUTACIONES

Las mutaciones pueden darse en tres niveles:

#### 1.-MUTACIONES GÉNICAS O PUNTUALES

Las mutaciones a nivel molecular son llamadas génicas o puntuales y afectan la constitución química de los genes. Se originan por:

**Sustitución.** Donde debería haber un nucleótido se inserta otro. Por ejemplo, en lugar de la citosina se instala una timina.

**Inversión.** Mediante dos giros de 180° dos segmentos de nucleótidos de hebras complementarias se invierten y se intercambian.

**Translocación.** Ocurre un traslape de pares de nucleótidos complementarios de una zona del ADN a otra.

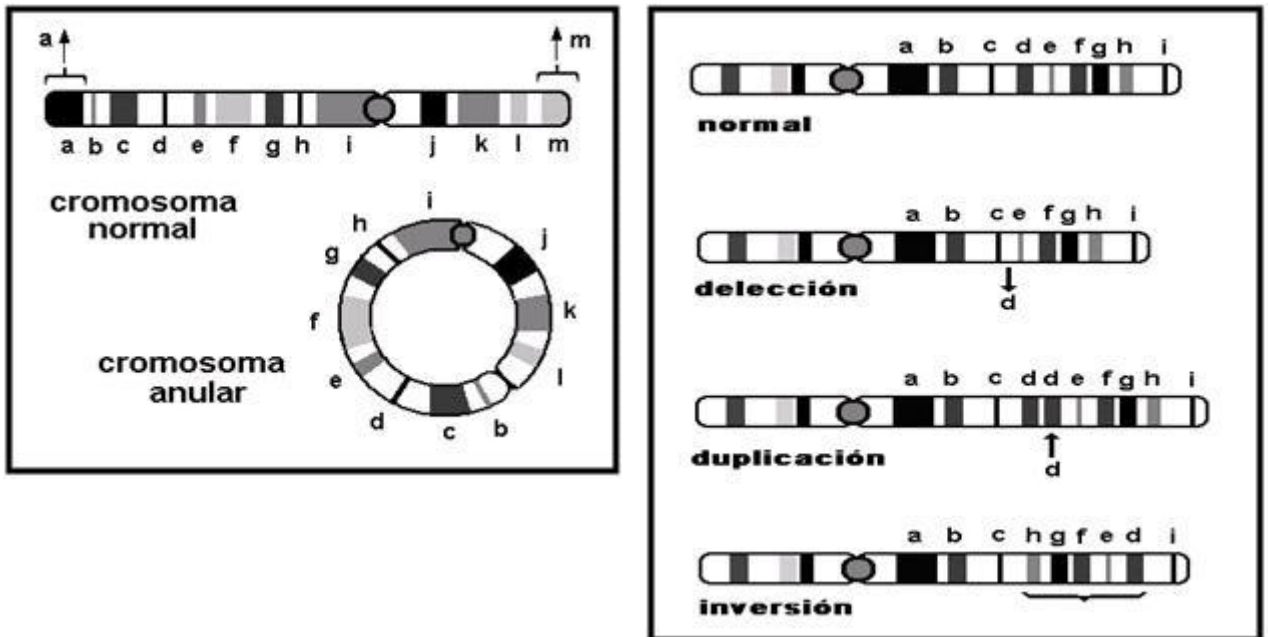
**Desfasamiento.** Al insertarse (inserción) o eliminarse (delección) uno o más nucleótidos se produce un error de lectura durante la traducción que conlleva a la formación de proteínas no funcionales.

sustitución	GCATCCTA	→	GTCTCCTA
inversión	ATGATTCGTCA	→	ATGATGCTCA
translocación	AGGTACCAT TCCATCCTA	→	AACCGGTAT TTGGCCATA
inserción	GCATACCG	→	GCATTCATACCG
delección	CACTAGGCATC	→	CACT*ATC

## 2.- MUTACIONES CROMOSÓMICAS

El cambio afecta a un segmento de cromosoma (mayor de un gen), por tanto a su estructura. Estas mutaciones pueden ocurrir por:

**Delección.** Es la pérdida de un segmento cromosómico, que puede ser terminal o intercalar. Cuando ocurre en los dos extremos, la porción que porta el centrómero y sus extremos rotos y forma un cromosoma anular.

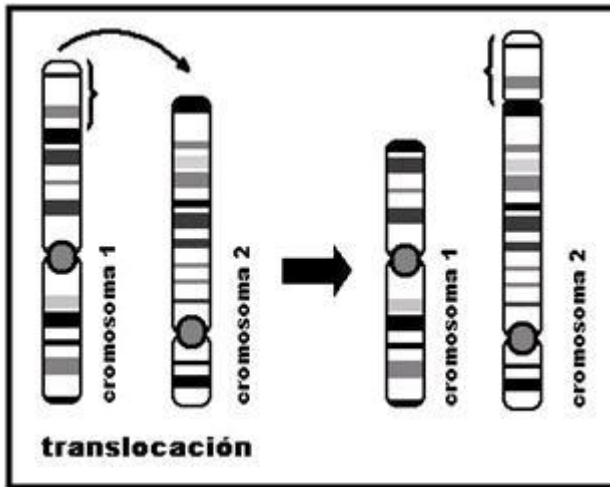


**Inversión.** Cuando un segmento cromosómico rota 180° sobre sí mismo y se coloca en forma invertida, por lo que se altera el orden de los genes en el cromosoma.

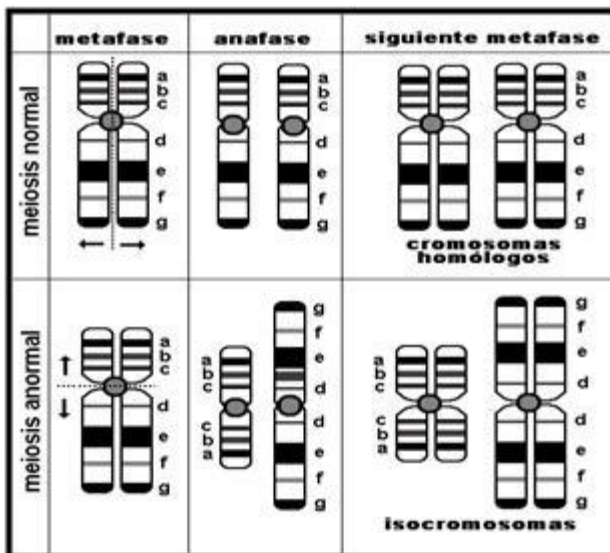
**Duplicación.** Repetición de un segmento cromosómico.

**Translocación.** Intercambio de segmentos entre cromosomas no homólogos, que puede ser o no recíproca. Algunos tipos de translocaciones producen abortos tempranos. También se pueden formar portadores de trisomías como la del 21 (síndrome de Down); al translocarse todo el cromosoma 21 a otro cromosoma como el 14 (14/21), los gametos de esa persona llevarán el

cromosoma translocado más uno normal, por lo que al fecundarse con el gameto contrario, el producto resultante tendrá tres cromosomas 21.



**Isocromosomas.** Estos se forman cuando el centrómero, en lugar de dividirse longitudinalmente, lo hace en forma transversal



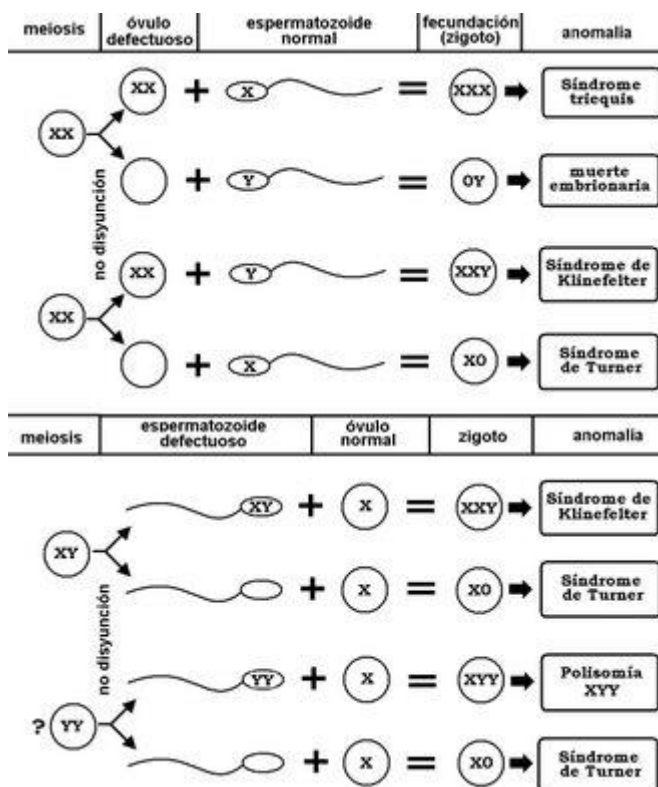
### 3.- MUTACIONES GENÓMICAS

**Euploidía.** Afecta al conjunto del genoma, **aumentando el número de juegos cromosómicos (poliploidía) o reduciéndolo a una sola serie (haploidía o monoploidía).**

La poliploidia es más frecuente en vegetales que en animales y la monoploidía se da en insectos sociales (zánganos). Estas mutaciones son debidas a errores en la separación de los pares de cromosomas homólogos durante la meiosis,

no separándose ninguno de estos. Los organismos poliploídes generalmente son más grandes y vigorosos, y frecuentemente presentan gigantismo. En numerosas plantas cultivadas esto se ha capitalizado, especialmente donde el tamaño de hojas, semilla, fruto o flor es económicamente importante, por ejemplo en alfalfa, tabaco, café, plátano, manzana, pera, lila y crisantemo.

**Aneuploidía.** Afecta al número de cromosomas individualmente (por defecto o por exceso). Se debe al fenómeno de no disyunción (que ocurre durante la meiosis cuando los cromosomas homólogos no se separan y ambos se incorporan a un mismo gameto). Cuando este gameto fecunda a otro se originará un cromosoma triplicado (**trisomía**); de igual forma también habrá gametos que tendrán un cromosoma menos y, por ello, cuando fecunden a otro normal, el individuo tendrá un cromosoma menos (**monosomía**).



**Trisomías.**

La trisomía del cromosoma 21 produce el **síndrome de Down (47, XX + 21 ó 47, XY + 21)**. Los afectados tienen retardo mental en diferente grado, corazón

defectuoso, baja estatura, párpados rasgados, boca pequeña, lengua salida, cráneo ancho y marcha lenta. Las mujeres son fértiles y los transmiten al 50% de su progenie; los hombres son estériles. Los cromosomas sexuales también pueden afectarse por una trisomía.

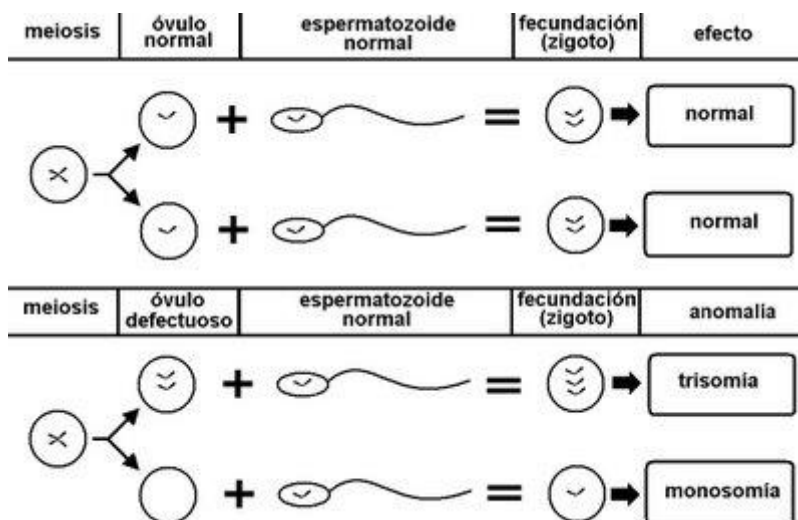
Los individuos afectados por el **síndrome de Klinefelter (47, XXY)** son varones estériles con rasgos femeninos y retraso mental. Son fértiles, altos y de conducta controversial. Sus células tienen un número anormal de cuerpos de Barr.

En el **síndrome triequis o metahembras (47, XXX)** son mujeres fértiles de apariencia normal pero con tendencia al retardo mental.

En la **polisomía XYY (47, XYY)** Los afectados presentan estatura elevada, acné, un tamaño mayor de dientes, conducta agresiva y la espermatogénesis puede o no estar alterada.

**Monosomías.**

La falta de un cromosoma produce una monosomía conocida como el **síndrome de Turner (45, X)** que ocurre en mujeres quienes desarrollan baja estatura, dobleces característicos en el cuello y retardo mental moderado. En la pubertad no menstrúan ni desarrollan caracteres sexuales secundarios. No presentan cuerpo de Barr como las mujeres normales, pues el único cromosoma X que presentan está activado.



## Capítulo 16. Las Bases Genéticas de la Evolución

Curtis. Barnes .

Schnek .Flores

Invitación a la Biología

Editorial Médica Panamericana S. A

Capítulo 16.

Deriva genética

La deriva genética o deriva génica es una fuerza evolutiva en la que cambia las frecuencias alélicas de las especies en el tiempo. Es un efecto estocástico que es consecuencia del muestreo aleatorio en la reproducción y de la pérdida de unos alelos por azar y no por selección natural. Se trata de un cambio aleatorio en la frecuencia de alelos de una generación a otra.

Al igual que la selección natural, la deriva génica actúa sobre las poblaciones, alterando la frecuencia de los alelos (frecuencia alélica) y la predominancia de los caracteres sobre los miembros de una población, cambiando la diversidad genética del grupo. Los efectos de la deriva se acentúan en poblaciones de tamaño pequeño, como puede ocurrir en el efecto de cuello de botella o el efecto fundador, y resultan en cambios que no son necesariamente adaptativos.

La deriva genética es provocada por dos fenómenos

Efecto fundador

Es cuando una población queda aislada y disminuye su variabilidad genética debido a que sus miembros empiezan a cruzarse entre sí y llega un momento que los descendientes son diferentes de la población original. Un buen ejemplo de efecto fundador es el de los miembros de la antigua Orden de los Amish de Lancaster , Pennsylvania , un grupo que emigró desde Alemania a Suiza y de allí a los Estados Unidos en el siglo XVII . Los Amish presentan una frecuencia altísima de alelo recesivo que, en estado homocigótico, causa una combinación de enanismo y polidactilia (dedos supernumerarios) conocida como síndrome

de Ellis-van Creveld. Desde que este grupo se estableció en Pensilvania a principios de 1770 se presentaron decenas de casos de esta enfermedad congénita. Se calcula que alrededor del 13 % de los miembros de este grupo la población son portadores de este alelo recesivo. La colonia completa que se ha mantenido aislada del resto del mundo, fue fundada por unos pocos individuos los cuales por azar, es probable que uno o unos pocos fueran portadores del alelo. Los altos niveles de consanguinidad que se produce en una comunidad cerrada, constituida por unos pocos miles de individuos, explican que este alelo recesivo se reúna con una frecuencia alta en individuos homocigóticos que presentan síntomas característicos de esta enfermedad genética.

#### El cuello de Botella

Es cuando el tamaño de una población se reduce drásticamente por un acontecimiento ajeno a la selección natural, se produce el fenómeno de deriva genética, llamado cuello de botella. Entre los años 1820 y 1880 el elefante marino septentrional fue objeto de una caza tan intensa en las costas de California y Baja California que casi se extinguió. Quedaron aproximadamente de 20 a 100 individuos. Desde 1984, año en que la población se declaró protegida su número se incrementó hasta más de 175,000 posiblemente todos descendientes que aquel pequeño grupo de sobrevivientes. Los estudios de muestras de sangre de 124 cachorros mostraron que todos eran homocigóticos para 21 loci génicos, lo cual indica, por comparación con otros de mamíferos, una pérdida de la variabilidad genética. Un cuello de botella en una población tiende no solo a eliminar por completo algunos alelos sino también a que otros estén excesivamente representados en el reservorio génico.

### **Migración**

La migración es una fuerza direccional de cambio de las frecuencias génicas. El proceso de migración consiste en el intercambio de individuos reproductores entre poblaciones distintas que, en principio, tendrán distintas frecuencias génicas. El nombre que se da al proceso concreto de intercambio de individuos depende de la población de referencia. Cuando una población pierde individuos, porque pasan a otra población cercana, el proceso se llama



emigración y cuando ésta misma población recibe reproductores de alguna población vecina el proceso se llama inmigración.

Como punto de partida, supongamos que estamos interesados en una población en la que se encuentra segregando un locus con dos alelos A1 y A2 a frecuencias  $p_0$  y  $q_0$ . Esta población recibe, en cada generación, un grupo de inmigrantes, procedentes de una población vecina, en la cuál las frecuencias génicas de los alelos A1 y A2 son  $p_m$  y  $q_m$ , respectivamente; estos inmigrantes suponen un  $m$  por uno de los reproductores que darán lugar a la siguiente generación. Al parámetro  $m$  se le llama tasa de migración.

La frecuencia génica (del alelo A1) en la población, después de haber recibido los migrantes, que será la frecuencia de dicho alelo en la próxima generación, se calcula como el promedio de las frecuencias en ambas poblaciones,  $p_0$  y  $p_m$ , ponderándolas por su contribución respectiva al grupo reproductor.

## Anexo 5

### **ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA ENSEÑAR A APRENDER**

Autores:

Dr. Israel Mazarío Triana

Centro de Estudio y Desarrollo Educacional. UMCC

MsC. Ana Cecilia Mazarío Triana

Facultad de Química Mecánica. UMCC

Dr. Mario Yll Lavín

Facultad de Química Mecánica. UMCC

sf

La adecuación de la enseñanza al sujeto que aprende ha sido objeto de atención por todos los educadores y expresada de modo permanente en la literatura educativa desde aquella “escuela a la medida” propugnada por el movimiento pedagógico conocido como “Nueva Escuela”, hasta las tendencias más contemporáneas.

Los intentos de adaptar la enseñanza a las posibilidades y ritmos del estudiante, han dado paso, en la actualidad, a mayores exigencias motivadas entre otras razones por:

- Los volúmenes de información a que está sometida la sociedad contemporánea y los vertiginosos avances de la ciencia y la técnica.
- La posibilidad del propio estudiante de dirigir su propio aprendizaje orientado por el profesor. Se puede comprobar a través del estudio de una amplia bibliografía sobre el tema, que este proceso está condicionado por dos factores esencialmente: Las condiciones internas o el desarrollo intelectual del sujeto y las condiciones externas o el contexto de aprendizaje.

En definitiva, se trata de un nuevo replanteamiento de las relaciones profesor estudiante conocimientos, donde el alumno se haga cada vez más independiente, más responsable de su propio proceso de aprendizaje a partir de la creación de condiciones muy peculiares de aprendizaje donde se consideren variables tanto personales, como estratégicas y de tareas, hasta convertirse en verdaderos recursos “personalizados”, aunque no exentos de

fuertes componentes sociales y humanísticos, lo cual constituye un reto para la educación contemporánea.

Uno de los factores que más contribuye al progreso del aprendizaje de los estudiantes es el grado y sobre todo las técnicas de estudio que utilicen los estudiantes. Para ello se hace necesario introducir dentro del propio curriculum de enseñanza las estrategias de aprendizaje autónomas que permitan alcanzar el objetivo de “aprender a aprender”. Para que las estrategias de aprendizaje se asimilen y puedan transferirse y generalizarse es preciso que se enseñen y se instrumenten a través de las diferentes áreas curriculares, si no se seguirán produciendo los mismos fracasos que hasta ahora se han venido obteniendo (Latorre y Rocabert, p.148, 1997).

Con respecto a la noción de estrategia, los diferentes significados dados al término en la literatura científica, tanto desde el punto de vista de la enseñanza (instruccional) como del aprendizaje, consideramos que éstas comprenden, además del plan de acción, la propia acción y su valoración.

Las siguientes definiciones sobre el término contribuyen a la comprensión de sus elementos esenciales:

#### **Estrategia de enseñanza:**

- “La habilidad, el arte para dirigir un asunto”. Gran diccionario enciclopédico (1978).
- “El conjunto de elementos teóricos, práctico y actitudinales donde se concretan las acciones docentes para llevar a cabo el proceso educativo” (colectivo de autores, CEPES).
- “Estrategias de enseñanzas son los procedimientos o recursos utilizados por el agente de enseñanza para promover aprendizajes significativos”. Díaz (1999).

#### **Estrategia de aprendizaje:**

- “Son acciones específicas tomadas por el estudiante para hacer el aprendizaje más fácil, rápido, disfrutable, autodirigido, y transferible a nuevas situaciones”. (Oxford, 1990).
- “Las estrategias comprenden el plan diseñado deliberadamente con el objetivo de alcanzar una meta determinada, a través de un conjunto de acciones (que puede ser más o menos amplio, más o menos complejo) que se ejecuta de manera controlada”. (Castellanos y otros, 2002).
- “Las estrategias de aprendizaje comprenden todo el conjunto de procesos, acciones y actividades que los/ las aprendices pueden desplegar intencionalmente para apoyar y mejorar su aprendizaje. Están pues conformadas por aquellos conocimientos, procedimientos que los/las estudiantes van dominando a lo largo de su actividad e historia escolar y que les permite enfrentar su aprendizaje de manera eficaz” (Castellanos y otros, 2002).
- “Las estrategias de aprendizaje son procesos de toma de decisiones (conscientes e intencionales) en los cuales el alumno elige y recupera, de manera coordinada, los conocimientos que necesita para cumplimentar una determinada demanda u objetivo, dependiendo de las características de la situación educativa en que se produce la acción”. Monereo (1994).

Resulta evidente que en todas las definiciones se destaca la importancia y algunas de las funciones de las estrategias tanto de enseñanza como de aprendizaje. Sin dudas, en el segundo grupo se enfatiza en el carácter planificado, sistémico y controlado del proceso de estructuración, ejecución y valoración de las estrategias de aprendizaje.

Según Cárdenas (2004), las estrategias de aprendizaje pueden caracterizarse, en sentido general, destacando que:

- Son acciones específicas, o sistemas de acciones, determinadas por el alumno.
- Están dirigidas al logro de un objetivo o solución de un problema determinado.
- Apoyan el aprendizaje de forma directa e indirecta.
- Presuponen la planificación y control de la ejecución.

- Implican el uso selectivo de los propios recursos y capacidades, lo que se relaciona con cierto nivel de desarrollo de las potencialidades metacognitivas de los sujetos.
- Involucran a toda la personalidad y no sólo su esfera cognitiva.
- Son flexibles.
- Son a menudo conscientes.
- No son siempre observables.
- Pueden enseñarse y resulta esencial el papel del profesor en este proceso.

Tal como ocurre con la definición de estrategia, que existen diferentes enfoques para definirla, también se presentan discrepancias a la hora de clasificarlas.

Beltrán (1995), presenta una clasificación de las estrategias para el desarrollo de habilidades y capacidades cognitivas, que seleccionamos para este trabajo por sus implicaciones para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Estrategias de apoyo	Mejora del autoconcepto Desarrollo de actitudes Potenciar la motivación
Estrategias de procesamiento	Repetición, empleando preguntas y respuestas, destacar lo importante, autocomprobación de los que se sabe. Selección de los fundamental, resumiendo, subrayando, etc. Organización y conexión de los conocimientos mediante esquemas lógicos, mapas conceptuales, uves heurísticas, etc. Elaboración de ideas sobre el tema que se está trabajando, búsqueda de analogías, planteamiento de problemas, etc.
Estrategia de personalización	De pensamiento crítico reflexivo. De calidad procesal para alcanzar independencia, fluidez de ideas, logicidad, productividad, originalidad y flexibilidad de pensamiento. De creatividad para la producción de ideas nuevas, nuevos enfoques.

Estrategias de metacognición	Son las que proporcionan un conocimiento sobre la tarea, qué es y qué se sabe de ella.
------------------------------	--

Las estrategias metacognitivas han ido ganando el interés de investigadores y educadores ya que garantizan la regulación del proceso de aprendizaje sobre la base de la reflexión y el control de las acciones de aprendizaje. Así, la metacognición se define como:

- Conciencia mental y regulación del pensamiento propio, incluyendo la actividad mental de los tipos cognitivo, afectivo y psicomotor (Flavell 1987).
- Procesos ejecutivos de orden superior que se utilizan en la PLANEACIÓN de los que se hará, en el MONITOREO de lo que uno está llevando a cabo y en la EVALUACIÓN de lo realizado (Sternberg 1990).

En este sentido, según Wellman (1985), los elementos del conocimiento que conforman la metacognición son:

- Su existencia. Debe haber una conciencia por parte del sujeto en tanto que sus eventos cognitivos existen de forma diferenciada de los eventos externos.
- Su percepción como procesos diferenciados. Debe existir una conciencia sobre la diferencia entre los distintos actos mentales.
- Su integración. Debe ver los procesos diferenciados como partes de un todo integrado.
- Sus variables. Es necesario tener la idea de que hay variables –personales, de tarea, de estrategias, entre otras- que tienen impacto sobre los procesos.

Su monitoreo cognitivo. Se requiere que el individuo pueda evaluar el estado de su sistema cognitivo en un momento dado.

Se consideran que son varios los procesos involucrados en la metacognición (Cheng, 1993), saber:

- El conocimiento metacognitivo, autovaloración o conciencia metacognitiva.

- El control ejecutivo, regulación de la cognición y la autoadministración.

Otros ejemplos de estrategias con implicaciones para la práctica docente, son los siguientes:

- **Pensar hacia delante y hacia atrás.**

Se puede señalar que en el recorrido mental que puede seguir un estudiante al enfrentarse a nuevas situaciones de aprendizaje se presentan diferentes formas de pensamiento en función de las variables que lo configuran (S. Billet, 1996). En general, dicho recorrido mental se enmarca en dos etapas:

1º. En relación al tiempo pasado, es decir, el pensamiento hacia atrás.

2º. En relación al tiempo futuro, es decir, el pensamiento hacia delante.

En ambos momentos no se puede obviar, que la propia situación presente de aprendizaje, se refiere al tiempo presente. En el cuadro siguiente se contrastan los requisitos cognoscitivos y sociales que demandan cada uno de estas formas mentales.

Secuencia para favorecer el pensamiento hacia delante y hacia atrás (J.V. Wertch 1993).

Estrategia	Cognitivo	Social
Ir hacia atrás	Exploración de conocimientos anteriores	Finalidad. Objetivos (Por qué explorar). En relación a la demanda concreta
Manejo de la situación actual	Relaciones. Establecimiento de conexiones a dos niveles: - Repetición: Consolidación de ideas básicas. - Novedad: Inicio de las habilidades básicas.	Significatividad y funcionalidad de lo que se está aprendiendo. Análisis de condiciones
Ir hacia adelante	Predicción de nuevas situaciones. Previsión de resultados	Avanzar hechos y consecuencias. Experiencia

	esperados y alternativos	propia y de otros. Diversificar situaciones
--	--------------------------	--

Si nos remitimos a nuestra secuencia didáctica y sus alternativas que incluyen los impulsos del profesor en cada una de las direcciones del pensamiento, ubicamos de inicio un grupo de actividades para elaborar nuevos contenidos, sus posibles momentos pudieran ser: presentación-explicación-alternativas aplicación.

Un estudiante con un bajo nivel de desarrollo de habilidades sería el que ejecuta las acciones como si fueran únicas en sí mismas, sin relacionarlas con otros contenidos abordados en clases o con situaciones reales. Por el contrario, un estudiante con un buen nivel de desarrollo de habilidades, durante el transcurso de la secuencia, hace continuas referencias al pasado y al futuro y también cuando encuentra dificultades para comprenderlo o relacionarlo, este tipo de estudiante explora en sus conocimientos previos, es decir, piensa hacia atrás. Si por el contrario, se esfuerza por plantear hipótesis, proyecta sus conocimientos hacia nuevas posibilidades de aplicación, estableciendo las conexiones pertinentes, entonces se dice que está pensando hacia adelante. En ambos momentos es crucial la actuación del profesor para facilitar las exploraciones en el contexto del aprendizaje.

Para enfrentar esta situación de aula se requiere de la flexibilidad y el enfrentamiento a situaciones de cambio e integración de perspectivas de aprendizaje diferentes a la propia, de manera de manejarlas convenientemente, valorar aciertos y errores en su justa medida, lo que no sólo contribuye a aumentar la seguridad de los estudiantes, sino también a potenciar las posibilidades de aprendizaje y autoaprendizaje de nuestros estudiantes.

En resumen, las estructuras mentales, o sistemas de relaciones conceptuales que han construido los individuos durante el transcurso de sus vidas, se activan a través de los mecanismos que conducen al aprendizaje, y orientan la selección e interpretación de la nueva información, este proceso se fortalece si lo que se construye se relaciona con lo que ya se sabe y se proyecta hacia lo



que se debe asimilar, es decir, se dirige de la zona de desarrollo real hacia la zona de desarrollo potencial.

### **Estrategias para desarrollar la habilidad y capacidad investigadora de los estudiantes.**

Las habilidades y capacidades para descubrir e investigar el mundo que nos rodea y el contenido matemático presente en objetos y procesos de nuestra cotidianidad se enriquece cuando los estudiantes contestan personalmente, aunque sea en un proceso de aprendizaje mediado, las preguntas que el contexto nos sugiere, sobre todo cuando se les enseña a observar, cuestionar y reflexionar. Forbes (1993) propone el siguiente esquema para desarrollar las habilidades y capacidades investigadoras de nuestros estudiantes.

<p>La investigación pedagógica nos recomienda:</p>	<p>Es necesario que el estudiante manipule y reflexione oralmente. Es fundamental proporcionar la retroalimentación adecuada. Son básicas las expectativas del ambiente escolar y familiar. Mejores resultados con enfoques generalizadores.</p>
<p>¿Cómo debe actuar el docente?</p>	<p>Proporcionar fuentes de información considerando la población a la que va dirigida. Utilizar y potenciar el deseo de aprender que tenga el estudiante empleando las estrategias adecuadas. Aclare las dudas del estudiante con respuestas concretas. Organizar contextos donde los estudiantes puedan formar y desarrollar habilidades.</p>

En general, el método de investigación como estrategia didáctica se basa en la siguiente secuencia o fases: detección del problema, planteamiento de hipótesis o conjeturas, organización del campo de trabajo, selección de la muestra, búsqueda de fuentes de información, verificación de las hipótesis y comunicación de los resultados obtenidos.

## Estrategias de razonamiento y argumentación

Se entiende por argumentación el razonamiento que se emplea para demostrar una proposición, o bien para convencer a otro de aquello que se afirma o se niega, la articulación de intervenciones dentro de un discurso, por lo tanto, implica que existen diferentes puntos de vista sobre un tema. De ahí que argumentar sea la presentación de una postura con la conciencia de que existe una opinión, implícita o explícita diferente a la propia.

Como bien se coincide en señalar, la argumentación de las ideas y la formulación de explicaciones alternativas son estrategias esenciales para la formación y desarrollo científico de nuestros estudiantes. Como otros argumentos a favor de potenciar estas estrategias se señala que constituyen las bases del razonamiento conceptual, ya que las intervenciones argumentativas ponen a prueba los conocimientos previos y los relacionan modificando variables y situaciones para articular razones que convengan.

En el aula, la confrontación de ideas es posible si el profesor no descarta ninguna explicación dando también su opinión, sino que las mantiene como diferentes opciones posibles. Desde este punto de vista, se favorece que los estudiantes reflexionen sobre las ideas y las analicen al confrontarlas.

Con la aplicación de esta estrategia al escenario escolar las dudas y criterios de los estudiantes como parte esencial del proceso de construcción del conocimiento, y no se imponen desprovistos de argumentos los criterios del profesor o de los libros de texto.

A modo de ejemplos presentamos las estrategias argumentativas que proponen García et al, p. 220, 2002.

Estrategias	Acciones implicadas
Razonamiento inductivo	Analizar casos particulares. - Analizar y controlar variables. - Comparar y establecer relaciones. - Identificar regularidades. - Anticipar resultados. - Formular generalizaciones.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar conjeturas.</li> <li>- Formular hipótesis</li> </ul>
Razonamiento deductivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar hipótesis en casos particulares.</li> <li>- Predecir fenómenos o resultados partir de modelos</li> </ul>
Argumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar datos.</li> <li>- Diferenciar hechos y explicaciones teóricas.</li> <li>- Comparar modelos teóricos y situación física real.</li> <li>- Identificar razones.</li> <li>- Elaborar razones.</li> <li>- Elaborar explicaciones.</li> <li>- Formular conclusiones.</li> <li>- Evaluar una hipótesis o enunciado.</li> <li>- Justificar respuestas.</li> <li>- Analizar críticamente.</li> <li>- Realizar crítica.</li> <li>- Elaborar, modificar y justificar hipótesis.</li> <li>- Dar argumentos y contra argumentos.</li> <li>- Evaluar consistencia y cohesión de la argumentación.</li> <li>- Usar lenguaje de la Ciencia.</li> <li>- Resolver un conflicto mediante negociación social.</li> <li>- Evaluar alternativas.</li> <li>- Reflexionar acerca de la evidencia.</li> <li>- Evaluar la viabilidad de conclusiones científicas.</li> <li>- Buscar coherencia y globalidad.</li> </ul>

En el proceso de enseñanza-aprendizaje, es importante que se atiendan estos y otros elementos estratégicos, reforzando su aplicación eficaz siempre que sea posible. En este sentido, se señala cómo las estrategias cambian en función de los objetivos, los contenidos y el contexto de realización y la importancia de estimular a los estudiantes en aplicar e integrar los recursos estratégicos de que disponen.

## **Bibliografía**

1. Billet, S. (1996): Situated learning: bridging sociocultural and cognitive theorising. Learning and instruction. No. 6, 3, pp.263-280.
2. Cárdenas, N. (2004): ¿Cómo aprendo?. Material utilizado en el postgrado "Enseñar a aprender" de la Maestría en Ciencias de la Educación. CEDE. UMCC.
3. Castellanos, et al. (2002): Aprender y enseñar en la escuela. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.

4. García, S. et al. (2002): Razonamiento y argumentación en Ciencias. Diferentes puntos de vista. En el currículo oficial. En Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experimentación didáctica. Volumen 20. No.2. Junio. Universidad Autónoma de Barcelona. Universidad de Valencia, España.
5. Klingler, C y G. Vadillo (1997): Psicología Cognitiva. Estrategias en la práctica docente. Mc GRAW-HILL, México.
6. Latorre, A. y E Rocabert (1997): Psicología Escolar. Ámbitos de intervención. Promolibro. Valencia.
7. Sáenz, O. et al (1994): Didáctica general. Un enfoque curricular. Marfil. Colección Ciencias de la Educación, España.
8. Wertsch, J.V. (1993): voces de la mente. Un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada. Aprendizaje/Visor, Madrid.