

## Tarea 1 evolución:

- Lee los textos: “**El pensamiento de Darwin**” y “**El pensamiento de Lamarck**”, elabora cinco preguntas (de cada uno de ellos) que impliquen una dificultad para comprender el tema y entrégalas sin contestar en una hoja.
- Lee el texto: “**Estrategias didácticas para la enseñanza de la teoría de la evolución**” y conteste las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las estrategias didácticas que se utilizaron en clase y que están propuestas en la lectura?

¿Qué ejercicio, de los realizados en clase, corresponde a cada una de las estrategias que se sugieren en la lectura?

## LECTURAS

### Sesión 1

#### EL PENSAMIENTO DE DARWIN<sup>3</sup>

Un primer paso para abordar la teoría de la evolución en el aula es dejar claro a los estudiantes la serie de inferencias que Darwin planteó para proponer su teoría. En este sentido considero que una de las mejores reconstrucciones de ese proceso inferencial ha sido planteado por E. Mayr (1982) en su obra *The growth of biological thought*.

La teoría de Darwin, según Mayr, consiste en tres inferencias basadas en cinco hechos:

- √ **Hecho 1:** Las especies tienen una gran fertilidad potencial, de manera que el tamaño de su población se incrementaría exponencialmente si todos los individuos que van naciendo se reprodujeran con éxito.
- √ **Hecho 2:** Excepto por fluctuaciones anuales menores y fluctuaciones ocasionales mayores, las poblaciones suelen ser estables.

<sup>3</sup> Tomado de: Sánchez Mora, María del Carmen. “La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes”. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias (Biología). UNAM.

---

√ **Hecho 3:** Los recursos naturales son limitados. En ambientes estables, permanecen relativamente constantes a lo largo del tiempo.

**Inferencia 1:** Dado que se reproducen más individuos de los que pueden ser mantenidos con los recursos disponibles, debe haber una fuerte competencia por alimento que propicia una fuerte lucha por la existencia entre los individuos de una población, lo que resulta en que sobrevive sólo una pequeña parte de la progenie de cada generación.

Estos hechos que se derivan de la ecología de poblaciones, combinados con ciertos principios de la genética, llevan a lo siguiente:

√ **Hecho 4:** No hay dos individuos exactamente iguales, más bien las poblaciones muestran una gran variabilidad.

√ **Hecho 5:** Gran parte de esta variación es heredable.

**Inferencia 2:** La supervivencia en la lucha por la existencia no es el azar, sino que depende en parte de la constitución genética de los individuos que sobreviven. Esta supervivencia desigual constituye un proceso de selección natural.

**Inferencia 3:** A través de las generaciones este proceso de selección natural llevará al cambio gradual de las poblaciones, esto es, a la evolución y a la producción de nuevas especies.

Otra parte de las dificultades en la enseñanza del tema provienen de la forma en que se interpreta la obra de Darwin. Por lo tanto, a continuación se mencionan algunas de las ideas que mayores problemas generan en su enseñanza.

- Hay que recordar que Darwin no sólo se enfrentó al problema de convencer al público y a los científicos, sino también a la necesidad de plantear un mecanismo que explicara el cambio en los seres vivos y su adaptación al ambiente.
- Quien imparte la clase por selección natural debe tener presente que un argumento central del darwinismo es que todas las especies se reproducen en mayor proporción de la que es posible que sobreviva en un territorio (el otro es que la variación individual ocurre al azar). Esta sobreproducción aunada a una limitación de recursos provoca una lucha por la

---

existencia. Pero los organismos portadores de alguna variación que mejora sus posibilidades de aprovechamiento del lugar que ocupan en la economía natural, tienden a tener un mayor número de descendientes. A su vez, los descendientes modificados orientarán la transformación de la especie en ese nuevo sentido. De esta manera la teoría de Darwin resuelve el problema de explicar el carácter adaptativo de los organismos. Hay que recalcar a los alumnos que la selección natural es el único mecanismo que explica la adaptación.

- Es necesario mencionar a los alumnos que la biología evolutiva pretende explicar la diversidad biológica y la adaptación. La primera, entendida como la coexistencia de diversas “entidades” (Núñez – Farfán y Cordero, 1993); la adaptación, como el ajuste fino de los organismos del ambiente. Ambas ocurren a diferentes niveles de complejidad: molecular, celular, individual, poblacional y comunitario. En torno a la diversidad, los biólogos se interesan por estudiar los procesos que la generan a los diferentes niveles, y los procesos de pérdida y ganancia de distintas “entidades” que afectan la diversidad ya existente.
- Darwin postula además que las variaciones adaptativas aparecen ocasionalmente, y que su presencia incrementa las oportunidades reproductivas de sus portadores (por eso se les llama adaptativas), de manera que a través de las generaciones, las variaciones favorables tenderán a ser conservadas y las perjudiciales eliminadas.
- Respecto a la variación, Darwin consideraba que si ésta fuera brusca, traería como resultado una desorganización de las partes del organismo, lo que impediría la supervivencia; por ello, pensaba que el diseño que permitía la adecuación de los organismos al ambiente era el resultado de cambios graduales que se acumulaban por la acción continua de la selección natural.
- Igualmente, aunque pareciera que los órganos están hechos para una función determinada, Darwin tuvo que dar respuesta, ya sin mencionar un creador, a la antigua discusión sobre las causas del diseño de los organismos. Es importante subrayar aquí que muchos maestros consideran que la afirmación de que los órganos tienen una utilidad es errónea dado que expresa un pensamiento teleológico de tipo lamarkiano. Sin embargo, los órganos están adaptados para llevar a cabo una función, solamente que la diferencia

---

entre el pensamiento lamarkiano y el darwiniano en este punto está en las causas de dicha adaptación.

## EL PENSAMIENTO DE LAMARCK

La literatura sobre la enseñanza de la evolución se refiere continuamente al pensamiento de Lamarck como antítesis del pensamiento de Darwin. Este punto de vista crea confusión en los estudiantes, ya que interpretan que el primero es totalmente despreciable. Es necesario por lo tanto, mencionar algunos puntos que convendría reconsiderar cuando se habla de la teoría de Lamarck, con el fin de evitar aplicar esa denominación a las concepciones sobre la evolución.

A principios del siglo XX, algunos naturalistas hablaban ya de la transformación de las especies; sin embargo, es Lamarck quien plantea una explicación al respecto. Lamarck no sólo brinda la primera teoría de evolución, sino que también hace grandes aportaciones a la historia natural y a la filosofía de la biología. Es también el creador del término “biología”.

Lamarck consideraba que nada es constante en la naturaleza, que las formas orgánicas se desarrollan gradualmente unas de otras, que la naturaleza tiene una historia, y que durante largos periodos los seres vivos han sido desarrollando formas cada vez más complejas.

La idea directriz del pensamiento lamarkiano es que la naturaleza ha producido gradual y sucesivamente los diversos grupos de los seres vivos, desde los más simples hasta los más complejos: Lamarck se oponía a la creencia en la inmutabilidad de las especies.

La teoría de la evolución de Lamarck, planteada en su obra más conocida *La filosofía Zoológica* (1809) menciona de manera muy resumida lo siguiente:

- a) La naturaleza ha formado a todos los seres vivos a través de largos periodos.
- b) La naturaleza forma continuamente a los organismos más simples por medio de generación espontánea.
- c) Las formas vivientes se han ido produciendo poco a poco a partir de los primeros esbozos animales y vegetales en lugares y circunstancias favorables, mediante la propiedad inherente a la vida de hacer progresar la organización y bajo la influencia de nuevas circunstancias ambientales y de nuevos hábitos.

d) Las especies se han formado gradual y sucesivamente; tienen sólo una constancia relativa.

Pero Lamarck no sólo postuló una teoría general de la evolución, sino que intentó dar una explicación a los fenómenos evolutivos y sus causas. El mecanismo de transformación de Lamarck plantea que un cambio permanente en el medio produce un cambio en las necesidades de los organismos, lo que conduce al desarrollo de nuevas acciones que traen como resultado nuevas costumbres. Dichas costumbres implicarían el mayor uso de ciertas partes del organismo y el desuso de otras y la modificación de la especie ocurriría al heredarse los nuevos caracteres adquiridos a la siguiente generación (por lo que Lamarck creía que al menos dos organismos de diferente sexo debían tener la modificación).

Así pues, para explicar lo anterior, Lamarck plantea dos leyes:

1. “En todo animal, el uso más frecuente y sostenido de un órgano cualquiera lo fortifica poco a poco, lo desarrolla, lo agranda y le da una potencia proporcional a la duración de ese uso; mientras que la falta constante de su uso, lo debilita, lo deteriora y disminuye progresivamente sus facultades, hasta que termina por hacerlo desaparecer”.
2. “Todo lo que la naturaleza ha hecho adquirir o perder a los individuos de acuerdo a las circunstancias a las que estén expuestos, lo conservan a través de la generación de nuevos individuos que provienen de ellos, siempre y cuando los cambios sean comunes a los dos sexos de los padres”

Estas dos leyes a las que se les ha llamado de uso y desuso de los órganos y de la herencia de los caracteres adquiridos, son las concepciones lamarckianas que más difusión han tenido y que salen a relucir siempre que se menciona a Lamarck. Por ello se les denomina lamarckianos a los que defienden la heredabilidad de los caracteres adquiridos o a quienes opinan que las modificaciones producidas por el ambiente en un organismo originan variaciones correlativas en su material hereditario.

Estas ideas tuvieron gran difusión en el siglo pasado, y en el primer tercio de este siglo fueron reforzadas por los neolamarckistas no fueron convincentes, en gran parte porque se

---

prestaba a múltiples interpretaciones, y porque la investigación biológica no confirma ninguna de las dos leyes.

Dos principios explicativos, aunque científicamente erróneos, son consistentemente mencionados como base del pensamiento lamarckiano:

1. El efecto directo del ambiente, y
2. La evolución por voluntad.

### **1. El efecto directo del ambiente**

Vulgarmente, el lamarckismo es la creencia en una inducción dirigida de cambios hereditarios en los organismos debidos al ambiente. Mayr (1972) señala que Lamarck rechazó enfáticamente la existencia de tal causa evolutiva y que él mismo explicó lo que había querido decir con esa frase: “El ambiente afecta la forma y la organización de los animales, es decir, que cuando el ambiente cambia mucho, con el tiempo produce modificaciones correspondientes en la forma y organización de los animales” En efecto, el ambiente puede incidir en cambios heredables directamente, pero sólo en las células germinales, y no de manera dirigida.

### **2. El efecto de la voluntad**

El otro principio erróneamente imputado a Lamarck es la efectividad de la voluntad como causa de modificación en los seres vivos. Según Cannon (1957, citado por Mayr) Lamarck nunca dijo algo así y el error presumiblemente surgió de una mala traducción del verbo “besoin” hacia “need” en inglés y su traducción al español como “deseo”. “Besoin” se refiere a una nueva necesidad material (de alimentación, humedad, etc.) y “need” se interpreta como una necesidad interna o subjetiva.

Por tanto, las llamadas ideas lamarckianas más bien han pasado a ser sinónimo de ideas populares que en general se refieren a la concepción de que los organismos cambian por un “deseo” o por presiones ambientales; y como tales han sido considerables en esta tesis.

---

### **ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN<sup>4</sup>**

Deadman y Kelly (1978) y Engel y Wood (1985), entre otros, han recomendado que en lugar de postergar, debido a su complejidad, la enseñanza de la evolución hasta el bachillerato, como había sido planteado a principios de los años 70, lo que debería hacerse es implementar estrategias para mejorar su enseñanza desde niveles educativos inferiores.

Para lograr esta meta, debemos considerar dos aspectos que son considerados básicos. El primero es el diseño del temario, donde lo importante es elegir los conceptos más adecuados, y el segundo es buscar las estrategias de enseñanza para lograr un aprendizaje significativo.

Una de las estrategias didácticas generales consiste en tomar en cuenta las ideas previas de los estudiantes y ayudarles a cuestionarlas con base en argumentos históricos sólidos (Jensen y Finley, 1996).

Este enfoque es consistente con la teoría del cambio conceptual, el cual requiere que los estudiantes hagan explícito su pensamiento inicial y lo comparen con nuevas evidencias que les parezcan plausibles y comprensibles, para que posteriormente se involucren en experiencias teóricas o prácticas, que les indiquen que las nuevas pueden ser aplicadas para resolver problemas (Postner et al, 1982; Duschl y Gitomer, 1991; Scharmannn, 1993).

Para enseñar adecuadamente la teoría evolutiva no se requiere contar con una estrategia particular para un nivel educativo en especial, sino que más bien es cuestión de partir de un marco educativo general y de un contenido conceptual mínimo, de donde se irán tomando estrategias complementarias o específicas según el nivel académico en el que se pretenda incidir, y de acuerdo a las características del grupo con el que se trabaje.

La propuesta didáctica que a continuación se describe se compone de varias estrategias que comprenden tres tipos de actividades: de exploración, de reestructuración y de aplicación de las nuevas ideas, distribuidas en seis puntos.

---

<sup>4</sup> Tomado de: Sánchez, María del Carmen. "La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes". Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias (Biología). UNAM.

---

De acuerdo a las investigaciones sobre cambio conceptual, la propuesta contempla el aprendizaje como reconstrucción de conocimientos y propone que los aspectos metodológicos deben estar estrechamente relacionados con los contenidos conceptuales, ya que sin una metodología coherente con el enfoque general antes expuesto, las estrategias didácticas resultarían ineficaces.

### **1. Basarse en los datos de las investigaciones.**

Para iniciar la enseñanza sobre la teoría de la evolución, los maestros deben tener una visión clara de las ideas con las que los alumnos se enfrentan al tema por primera vez (se desarrollan en los apartados dos y tres de esta lectura). Es necesario que consideren, también, que los estudiantes de manera general no comprenden qué es un cromosoma ni un gen, ni dónde se localizan, tampoco cuál es su función.

### **2. Proponer estrategias para la exploración y discusión de las ideas de los alumnos.**

Este punto contempla planificar actividades que ayuden a indagar las ideas previas de los estudiantes por parte del docente, para que reconozca, emplee y pueda registrar los resultados de las investigaciones antes mencionadas, de manera que cuente con un diagnóstico de la calidad y cantidad de conocimientos del grupo.

En cuanto a los alumnos, es necesario lograr que formulen explícitamente sus ideas, que las discutan entre sí y con el profesor, y que anoten los argumentos en los que se basan sus concepciones, para después compararlas. Este paso es particularmente importante para que el estudiante se percate de que sus ideas constituyen una explicación diferente a la científica.

La relación de palabras, la elaboración de mapas conceptuales, la explicación de un dibujo o la respuesta a una pregunta generadora, pueden ser algunas estrategias que el maestro puede utilizar para este fin.



### **3. Desarrollar actividades para provocar el conflicto conceptual o la insatisfacción con los conceptos previos.**

El objetivo de estas actividades es hacer que los estudiantes pongan en duda sus interpretaciones de la evolución, que a menudo son lamarkistas. Una forma de hacerlo es dar a conocer, frente a toda la clase, las respuestas más comunes y sus argumentaciones ante un problema propuesto, o bien, el maestro puede plantear situaciones que las interpretaciones de los estudiantes no resuelvan. En resumen, con estas actividades se pretende promover la insatisfacción con los conocimientos previos, tal como lo propone Posner *et al.* (1982).

En este tercer punto es importante escoger los ejemplos más adecuados, como pueden ser el conocido ejemplo de la polilla salpimentada (propuesto con un enfoque que promueva el conflicto conceptual), problemas relacionados con temas de interés como por ejemplo la evolución humana, o bien ejercicios diseñados ex profeso.

### **4. Buscar la coherencia de las nuevas explicaciones**

La insatisfacción con la idea previa es una condición necesaria pero no suficiente para abandonarla; por ello, los alumnos deben disponer de una mejor alternativa para explicar las situaciones a las que la antigua concepción no daba respuesta. Por lo tanto habrá que hacer explícito para el alumno cuáles son los problemas a los que su concepción previa no da respuesta.

Esta nueva explicación debe ser plausible, es decir razonable o coherente con la concepción del mundo que tiene el sujeto.

Para poder llevar a cabo esta estrategia, Scharmann (1993) propone hacer lecturas individuales o grupales) utilizando materiales comerciales preparados para el caso.

Otra forma de hacerlo es a través de la explicación dada por el maestro, siempre que cumpla con las recomendaciones de Ausebel (1995) de que el nuevo material se presente relacionándolo explícitamente con las ideas de los estudiantes y que tenga una organización adecuada. Esta cuarta estrategia depende mucho de la capacidad que el maestro tenga para explicar el tema de la evolución por selección natural.

La razón por la que se propone que la introducción en primaria se haga de esta forma, es que los estudiantes todavía no son capaces de entender el tema de la selección natural en ciertas lecturas, y por otra, porque también es importante que los maestros entiendan que es necesaria una combinación de estrategias que permitan hacer frente tanto a los variados problemas que implica la enseñanza de la teoría de la evolución como a los estilos de aprendizaje.

Para buscar la coherencia con las nuevas explicaciones, hay quienes proponen estrategias de investigación dirigida cuando la explicación básica no ha sido comprendida (Duschl y Gitomer, 1991). Respecto a esta estrategia, y en palabras de Lawson y Thompson (1988), no sólo tenemos que enseñar las concepciones científicas, sino “desenseñar” las no científicas. Finalmente para que esta reestructuración activa del conocimiento tenga lugar, los estudiantes deben involucrarse en la aplicación de las nuevas ideas.

### **5. Llevar a cabo actividades de aplicación de las nuevas ideas a distintos contextos y a la resolución de diferentes problemas**

Puesto que con estas alternativas didácticas se pretendemos una reconstrucción de los conocimientos de los estudiantes, debemos lograr que manejen los nuevos modelos o ideas y que los utilicen en situaciones variadas y sobre ejemplos diferentes a los mostrados en clase.

Se trata de promover un aprendizaje procedimental (de transferencia) en el que los conocimientos puedan ser aplicados en contextos distintos, lo que puede ser favorecido si se practica el reconocimiento de pautas similares que existen entre diferentes fenómenos, aunque evitando la repetición mecánica.

Así por ejemplo, en las actividades que se propongan o ante la descripción de los casos a examinar, se plantean preguntas, incluyendo aquéllas sobre las hipótesis que llevaron a idear un experimento o bien, se solicita a los estudiantes diseñar experiencias complementarias; también pueden practicarse las nuevas ideas con ejercicios de simulación.

---

Scharmman (1993) y Jensen (1996) sugieren que para reafirmar las condiciones requeridas para el cambio conceptual, se resuelvan problemas aplicando diversas teorías evolutivas. En esta estrategia se requiere que los estudiantes resuelvan un problema propuesto por el maestro, y después negocien una solución común al problema, ya sea con otro estudiante, o en grupo, acción que además de permitir la interacción entre estudiantes, promueve también que se involucren activamente en el aprendizaje de la evolución.

### **6. Proponer entre los estudiantes una comparación explícita entre las ideas antiguas y las nuevas.**

Puesto que se considera que una de las razones por las que los estudiantes les cuesta tanto trabajo cambiar sus ideas originales con respecto a la evolución, es que no perciben las ideas lamarkistas y las darwinianas como dos modelos incompatibles, las actividades de comparación resultan apropiadas para insistir en las diferencias entre ambas.

Dichas actividades son también el pretexto para analizar algunos aspectos históricos. También es importante darles a comparar las respuestas que daban al comienzo de las clases con las posteriores, así como pedirles que interpreten una situación o resuelvan un problema según cada modelo.

Los seis puntos antes expuestos apoyan el aprendizaje significativo de la teoría de la evolución en cualquier nivel educativo; simplemente habrá que intensificar aquellas estrategias que requieran más apoyo en cada nivel.

La mayoría de las técnicas aquí discutidas han sido planteadas en numerosos artículos y se ha comprobado que los resultados óptimos de aprendizaje se obtienen cuando se parte de mostrar a los alumnos tanto el por qué de la dificultad de aceptar la teoría darwiniana en la Inglaterra del siglo XIX, como las ideas básicas sobre el cambio conceptual, en lo que se refiere a que los estudiantes pongan en duda sus ideas previas.

## TAREA # 2 EVOLUCION

- Vuelve a Leer el texto: “**El pensamiento de Darwin**” y posteriormente, compara la información con la explicación que diste en la **Actividad 8** de tu Cuaderno de Trabajo. Completa o corrige tu explicación si lo consideras necesario.
- Lea el texto: “Vivir en la Tierra” y elabora un mapa mental tomando en cuenta la información.

## LECTURA

---

### Sesión 2

#### VIVIR EN LA TIERRA<sup>5</sup>

Para todos es evidente que los seres vivos –plantas, hongos, animales y aún los microorganismos– tienen características anatómicas y fisiológicas que les permiten sobrevivir en ciertas regiones de la Tierra. Los osos polares, por ejemplo, poseen bajo su piel una gruesa capa de grasa que no sólo los protege de los intensos fríos de las zonas árticas, también constituye una reserva alimenticia que puede usarse en tiempos de hambruna.

Hemos visto que los caballos usan su cola para ahuyentar o matar a moscas y mosquitos; pero la cola no alcanza todas las zonas corporales del caballo y éste, a diferencia de otros mamíferos, tiene la piel suelta y puede hacerla vibrar para cumplir la misma función que la cola. Los cactus y otras plantas desérticas son ejemplos de resistencia a la escasez de agua: no tienen hojas, poseen tallos carnosos (suculentos) con un alto contenido de agua, y capas impermeables (cutículas) que evitan su pérdida, entre otras características. Y lo

---

<sup>5</sup> Tomado de “Revista ¿Cómo ves?”, Año 5, Núm. 51. Revista de Divulgación de la Ciencia de la UNAM. El autor, Juan Núñez –Farfán, es Profesor de Evolución en la Facultad de Ciencias e Investigador del Departamento de Ecología Evolutiva del Instituto de Ecología, ambos de la UNAM.

mismo encontramos plantas suculentas en África que en América del Sur, o en los desiertos de México y los Estados Unidos.

Es decir, que una misma adaptación prospera en condiciones ambientales similares.

Los organismos vertebrados acuáticos (peces, reptiles, anfibios, aves y mamíferos) poseen cuerpos fusiformes que suponemos evitan la fricción y permiten el desplazamiento en un medio de distinta densidad al terrestre. Así, existen o han existido ictiosauros, delfines, atunes, tiburones, que aunque poco relacionados entre sí, tienen formas similares.

¿Cómo es que la vida ha ocupado casi todos los espacios posibles de la Tierra? ¿Cómo es posible que los organismos posean características “apropiadas”, que nos parecen lógicas y hasta obvias, para habitar dichas zonas? No nos extraña que las orcas tengan aleta dorsal como los peces y tiburones, pero cuando conocemos que las ballenas están más relacionadas con nosotros, los mamíferos, que con peces y tiburones, comenzamos a preguntarnos ¿Cómo está construida la aleta dorsal de las orcas y cuál es su diferencia con la de los tiburones?

Existen cuando menos tres maneras de explicar las adaptaciones. Una de ellas es que las características adaptativas de los organismos son el producto de eventos fortuitos o del azar. Sin embargo, a pesar de que los evolucionistas reconocen que el azar puede desempeñar un papel importante en la evolución de las especies, se considera muy poco probable que las características adaptativas de los organismos que determinan su supervivencia y reproducción en un ambiente ecológico, sean obra de la casualidad.

### **1. Adaptación por creación divina**

La explicación por creación divina se debe principalmente al inglés William Paley (1743–1805), sacerdote anglicano y filósofo, quien tuvo una influencia importante en los naturalistas del siglo XIX, incluido Charles Darwin.

Paley usó muchas analogías para exponer cómo las cosas naturales reflejan la obra de Dios. Pensemos en un reloj o en un cuchillo, el primero sirve para medir el tiempo y el segundo para cortar: fueron construidos con ese fin. El argumento de Paley sobre el diseño de las cosas o los seres vivos implica que todo tiene un arquitecto, un diseñador, y si nos referimos a las cosas naturales, a los seres vivos, tal arquitecto es Dios. Paley afirmó que cualquier persona que encontrara un reloj en algún lugar, por muy inhóspito

que éste fuera, concluiría que fue diseñado por un habilidoso relojero. Esta conclusión podría obtenerla al apreciar cómo las distintas partes que componen un reloj, engranes, resortes, manecillas, tornillos, etc., funcionan armónicamente para medir el tiempo, que es la *finalidad* de un reloj.

De la misma forma, pensemos ahora en los seres vivos: un oso polar está constituido de fuertes huesos, músculos, garras, piel gruesa aislante, color blanco que le sirve como camuflaje para ocultarse de sus víctimas, capacidad de nado, etc., que lo constituyen en un depredador eficiente y temible en las regiones frías del ártico. Sus partes funcionan en armonía y según la explicación por creación divina, fueron *diseñadas* para hacer del oso polar un eficiente depredador.

De la analogía de Paley se deriva que si el reloj nos permite reconocer el trabajo del relojero, las características de los organismos, es decir sus adaptaciones a diferentes ambientes, nos permiten descubrir el diseño del Creador.

Desde esta perspectiva la historia natural -el estudio de los organismos y sus adaptaciones al ambiente– tiene como objetivo describir el trabajo del Creador.

### **2. La selección natural**

Charles Robert Darwin (1809–1882), hijo de una familia inglesa acaudalada, se interesó por la historia natural después de haber fracasado en sus estudios de medicina. Fue invitado como naturalista a un viaje de exploración por el mundo en el barco *Beagle*. El viaje duró cinco años y Darwin tuvo la oportunidad de apreciar las diferentes formas de vida (la diversidad biológica) y de encontrar una teoría que le permitiera explicar su atributo más fascinante: la adaptación.

Ya que Darwin también estudió teología, conocía bien la obra de Paley. En 1859, 22 años después de haber regresado de su viaje en el *Beagle*, Darwin publicó su obra magna *Sobre el origen de las especies a través de la selección natural o la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*, que es la piedra angular de la teoría de la evolución y de la biología. Darwin aceptó el reto que presentaba la explicación de Paley: efectivamente, las partes de los organismos son adaptaciones que sirven para sobrevivir y dejar hijos a la generación siguiente, al igual que las partes del reloj funcionan en armonía para medir el tiempo, pero él rechazó la existencia del diseñador o, específicamente en el caso del reloj, del relojero habilidoso.

Darwin propuso que el proceso que origina y mantiene las adaptaciones es lo que hoy conocemos como la *selección natural*. La selección natural no es un proceso finalista o teleológico, en el sentido de que no anticipa el ambiente de los organismos. No habría necesidad de “construir” un oso polar si el ambiente ártico no existiera, o si aún cuando existiera no hubiese organismos que depredar.

A lo largo de las generaciones, la selección natural adapta a los organismos a las condiciones del ambiente en el que viven. En resumen, de existir el “relojero”, éste es la selección natural y ¡es ciego!, metafóricamente hablando.

La selección natural es la supervivencia y la reproducción diferencial de los individuos respecto a otros de su población. Es decir, lo importante en la evolución es dejar más hijos que otros individuos de la población. De esta forma, si un organismo posee una característica que funciona mejor en un ambiente, esto determinará que tal organismo deje más hijos y que éstos posean la característica adaptativa de sus progenitores. Con el transcurso de las generaciones, la población estará formada por los individuos que posean la característica benéfica.

Los principios necesarios para que la selección natural opere en la naturaleza son simples. No obstante, su comprensión cabal puede ser difícil si pensamos en términos de individuos en vez de poblaciones. De la misma forma que entre humanos reconocemos diferencias o similitudes, en las poblaciones de una especie existen diferencias entre individuos en casi cualquier característica que evaluemos. Este es el principio de la *variación*.

En segundo lugar, un requisito indispensable es que la característica que es variable entre los individuos de una población sea benéfica y que por lo tanto esté relacionada con la capacidad de sobrevivir y de reproducirse de los individuos (esto se conoce como *fitness*, aptitud o adecuación darwiniana). Si no es así, y no sirve para fomentar la adecuación de los individuos, difícilmente puede evolucionar por selección natural.

Finalmente, la característica benéfica tiene que ser heredable, en el sentido de que la variación sea transmitida de padres a hijos (principio de la herencia). Para apreciar esto, ilustremos con un ejemplo.

### 3. De picos a picos

Los pinzones de Darwin (denominados así en honor a Darwin, quien los estudió y dio a conocer a la ciencia) son un grupo de aves, parecidas a los gorriones, que habitan en el Archipiélago de las Galápagos, Ecuador. Existen 14 especies, algunas de ellas confinadas a unas pocas islas. Seis especies son terrestres y se alimentan de semillas de plantas. En una especie *Geospiza fortis*, se da una marcada variación en el tamaño corporal y del pico de los individuos que la componen. En 1977 – 78 hubo una sequía intensa que produjo una escasa reproducción de las plantas de la isla y una consecuente reducción en la disponibilidad de semillas, que son el alimento de los pinzones. Debido a que los pinzones de las Galápagos han estado bajo estudio por muchos años, antes de la sequía todas las aves estaban marcadas con anillos metálicos numerados (como se marcan las aves migratorias).

En el momento crítico de la sequía sólo quedaron semillas cubiertas con una capa (testa) muy dura, que los pinzones no usan comúnmente como alimento; para romperlas hay que ejercer una presión mayor.

Sólo los pinzones de esta especie (*Geospiza fortis*) que tenían picos más profundos (mas gruesos, o robustos) pudieron romperlas y usarlas como alimento. Hubo una gran mortandad de aves. Rescatando los cadáveres y revisando sus anillos para conocer su identidad, tamaño y sexo, los investigadores se dieron cuenta que los individuos más pequeños, de picos menos robustos, fueron los afectados.

Midiendo a los individuos sobrevivientes y sacando el promedio del tamaño de sus picos, se pudo constatar que éste era superior al promedio del tamaño del pico antes de la sequía (al no estar ya incluidos los organismos de pico pequeño, el tamaño promedio del pico aumentó).

Por otros estudios, también se sabe que el tamaño y forma del pico en *Geospiza fortis* se hereda de padres a hijos. Por lo tanto, la evolución produce no sólo un cambio en el tamaño de la estructura (el pico), sino también un cambio en la composición genética de la población al quedar constituida por los genes de los individuos de pico grande y la eliminación de los genes de las aves de pico pequeño. Este es un caso de evolución natural.

¿Es el pico una adaptación? Sí: el pico, su estructura y función, es una adaptación al ambiente.



## Ciencias 2

---

Es cierto, la mayoría de las aves tienen pico, pero éstos difieren en forma y en función. El pico de un colibrí es literalmente un tubo succionador, mientras que el pico de un flamenco es un tamiz para obtener alimento. En el caso de los pinzones, el pico es una adaptación a su forma de alimentación granívora (que come semillas).

La selección natural mantiene o incrementa el grado de ajuste al ambiente de los organismos, siempre y cuando las condiciones de éste se mantengan. Si el ambiente no cambia, no existe razón para que cambien las dimensiones del pico.

Si la sequía permanece, podemos anticipar que los organismos de pico robusto sobrevivirán y tendrán hijos. Si el ambiente se vuelve benigno y hay lluvias que incrementen la disponibilidad de otras semillas, más blandas, podemos predecir que posiblemente no habrá una ventaja para las aves de pico más robusto, y que el promedio de tamaño de pico se reducirá en la población (debido a que las aves de pico pequeño no son eliminadas, su inclusión en la muestra reduce el promedio poblacional).

### 4. De ballenas y rinocerontes

La idea de la adaptación nos remite a la manera en que los organismos se ajustan al medio donde viven. Tal ajuste no es, de ninguna forma perfecto. Y esto contradice la concepción de una creación divina. Darwin procuró documentar en el *Origen de las especies* la existencia de características no del todo adaptativas en los organismos.

Así, hay islas oceánicas donde no existen los anfibios (ranas, sapos) a pesar de que ahí el ambiente permitiría su existencia; existen pájaros carpinteros en zonas de América del Sur donde no hay árboles; las ballenas están adaptadas a la vida acuática, pero la posición horizontal de sus aletas es una diferencia respecto de los peces o los tiburones que poseen una vertical.

¿Implica esto que las aletas de los tiburones funcionan mejor? Posiblemente, pero lo relevante de este ejemplo es descubrir que las ballenas encontraron una solución distinta para un mismo problema, que es la propulsión en el agua, distinta a la de otros organismos marinos. Las aletas de la cola de las ballenas son sus extremidades posteriores reducidas y aplanadas. Y esto también nos enseña que las especies evolucionan adaptaciones que no necesariamente son óptimas. La adaptación perfecta posiblemente no existe.

El rinoceronte de la India posee un solo cuerno, mientras que el de África tiene dos. Si el cuerno constituye una defensa, ¿funcionan dos mejor que uno?, ¿favoreció el ambiente africano la evolución de dos cuernos y el de la India la evolución de sólo uno?

La respuesta es no: la diferencia estriba en que el mismo proceso de selección natural produjo dos productos finales, los cuernos, a partir de distintas condiciones genéticas de las poblaciones de rinocerontes en tales regiones.

Un ejemplo similar puede inferirse al ver la diversidad de cráneos de los dinosaurios ceratópidos (“cara con cuernos”) como *Protoceratops*, *Triceratops*, *Styracosaurus*, *Torosaurus*, *Chasmosaurus*, etc., que poseían escudos óseos y cuernos que variaban en número, tamaño y forma. Es muy probable que estas diferencias dependieran de la constitución genética de cada especie.

Sin embargo, también es posible que en todas las especies los cuernos tuvieran una función adaptativa, ya sea como mecanismo para evitar la depredación por dinosaurios carnívoros, o bien para establecer la jerarquía entre individuos o la competencia entre los machos para lograr copular con las hembras. Ésta es una hipótesis fundamentada en estudios con especies actuales de mamíferos que tienen cuernos.

Además del proceso que produce la adaptación –la selección natural–, la evolución de las especies también se ve afectada por el azar y la historia. Por ejemplo, las ranas no existen en todas las islas oceánicas porque muchas se originaron recientemente y los mecanismos de dispersión de los anfibios son limitados, a diferencia de las aves.

La existencia misma de los organismos “nocivos” al hombre desafía la noción de la creación divina. ¿Por qué están ahí los parásitos?

Los campos agrícolas son un verdadero laboratorio de evolución: muchos insectos que se alimentan de las plantas cultivadas son ahora resistentes a insecticidas como el DDT. Al aplicar pesticidas cada ciclo agrícola para evitar pérdidas económicas por las plagas, los humanos cambiaron el ambiente de los insectos y les impusieron una presión selectiva impresionante: la mayoría murieron, pero evidentemente hubo sobrevivientes que propagaron la resistencia a sus hijos y hoy pueden existir en ambientes “enrarecidos” con insecticida. Éste es sin duda un caso de adaptación.

Para los biólogos evolucionistas, la idea de Dios como el “habilidoso relojero” ha sido reemplazada por una explicación material y atea, que es suficiente.

## 5. Epílogo

El deterioro ambiental y su efecto sobre los ecosistemas afectan ya a muchos de los organismos silvestres que constituyen la riqueza genética, funcional y estética del planeta.

Las enfermedades que padecemos los humanos hoy serán distintas en el futuro porque nuestros enemigos evolucionan. Los organismos actuales constituyen el potencial de alimento, enfermedad y medicina del mañana. Es por ello que la biología evolutiva, disciplina que a partir de la teoría de la evolución busca explicar el origen de los seres vivos, tendrá sin duda un papel primordial en la preservación de la vida en la Tierra.