

Unidad 8. La evolución de la vida	Fase 3, semana 10
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> • Explicaciones del origen de la diversidad de los seres vivos • Selección natural y artificial
Evaluación sugerida	Selección natural y artificial (100%)

Orientación sobre el uso de la guía

Esta guía resume los contenidos y las actividades que se desarrollan en el aula virtual, incluyendo las tareas de la semana. Tu docente revisará las tareas en el formato que se solicite.

A. ¿Qué debes saber?

1. Introducción

Los seres vivos no son inmutables al tiempo. Las poblaciones naturales están en constante cambio. Veamos un ejemplo.

La polilla inglesa *Biston betularia* tiene dos variantes de color: las claras y las oscuras. Antes de 1848, las polillas oscuras constituían menos del 2% de la población, pero poco a poco su frecuencia aumentó. En 1898, el 95% de las polillas en las zonas industriales eran oscuras; es decir, la población cambió de mayormente claras a mayormente oscuras. El color de las polillas es determinado principalmente por un solo gen, por tanto, el cambio en la abundancia de polillas oscuras representó un cambio en la composición genética. Por definición, **este cambio fue evolución**.

¿Qué sucedió? En el siglo XIX, Inglaterra se encontraba en plena revolución industrial. El hollín de las fábricas oscurecía los árboles sobre los que se posaban las polillas. Las polillas claras sobre un fondo oscuro eran más visibles para los pájaros, que las comían en mayor cantidad. Como resultado, había más polillas oscuras que podían sobrevivir, alcanzar la edad reproductiva y dejar más descendencia. La mayor descendencia de las polillas oscuras hizo que aumentaran en frecuencia. Este proceso se llama **selección natural**, pero no es el único proceso evolutivo.

2. ¿Qué es la evolución?

En biología, la palabra evolución puede entenderse como sinónimo de "cambio". No es una "mejora" o un "progreso", tampoco es direccional. Simplemente un cambio. La única condición para este cambio es que suceda dentro de una **población** y que pueda pasar a una próxima generación, es decir, **heredarse**.

¿Qué tipo de cambios pueden pasar de una generación a otra? Los que se encuentran en el material genético. Concretamente en los genes. En todos los seres vivos, el material genético es el ADN, y ¿qué es un gen? Un **gen** es una unidad de información que codifica para un producto funcional.

Físicamente, un gen es un fragmento, una secuencia de material genético que se ubica en una región muy específica: el **locus**. Es decir, un locus es la "dirección" donde se almacena un gen. Pero los genes vienen en "versiones" distintas; es decir, en el mismo locus, puede existir un gen levemente distinto de otro, pero cuya función debería ser básicamente la misma. A cada versión distinta de un gen le llamamos **alelo** y la existencia de distintos alelos genera **variabilidad** (figura 1).

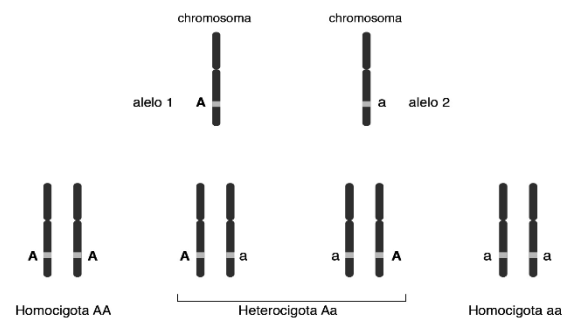


Figura 1: Ubicación o locus de los alelos "A" y "a" dentro de un cromosoma. Solo puede haber un alelo por locus, pero los seres humanos tenemos dos copias de ADN, entonces tenemos espacio para dos alelos (iguales o diferentes). Fuente: [NIH](#)

Algunos alelos son más comunes que otros dentro de las poblaciones, lo que les brinda características distintas. A las proporciones que mantienen los alelos dentro de una población las llamamos **frecuencias**.

alélicas. Por ejemplo, en El Salvador, la mayoría de la población humana posee el tipo de sangre O y una minoría es AB; por otro lado, en Europa, la mayoría de la población es del tipo A y una minoría es tipo O. Esto quiere decir que, en El Salvador, los alelos implicados en el tipo de sangre O tienen una mayor frecuencia que los alelos que codifican para los tipos de sangre A y B. Como ya habrás notado, las frecuencias de los alelos pueden cambiar de una generación a otra, lo cual nos lleva a nuestro concepto clave: **evolución biológica es un cambio en las frecuencias alélicas de las poblaciones a través de sucesivas generaciones.**

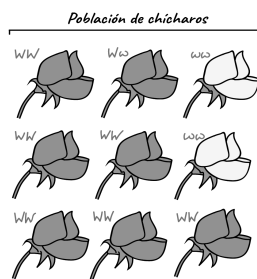


Figura 2: Frecuencias alélicas en una población. El alelo "W" codifica para pétalos lila, mientras que el alelo "w" para pétalos blancos. En una población de 12 individuos, existen 24 espacios para los alelos, 19 están ocupados por el alelo "W" (19/24) y 5 están ocupados por el alelo "w" (5/24); por lo tanto, las frecuencias alélicas son $W = 0.8$ y $w = 0.2$.

3. ¿Qué causa la evolución?

Si, por ejemplo, en unos 5 o 10 años, la sangre tipo O fuera menos abundante en la población salvadoreña, significa que las frecuencias alélicas han cambiado; por lo tanto, estaríamos hablando de un cambio evolutivo. Esto es semejante a lo ocurrido con las polillas. Es decir, **evolución no es equivalente a especiación.** Este último concepto se refiere a que una población da origen a una o más especies nuevas, que también es un proceso evolutivo, pero no es necesario que se origine una especie nueva para la evolución. Esta idea es clave para comprender sus leyes.

Las frecuencias alélicas de las poblaciones se ven alteradas por varios factores naturales. Los mecanismos o **fuerzas de evolución** tienen por característica que pueden influir en la composición de la diversidad genética poblacional. Los dividiremos en dos grupos:

a) Mecanismos que reducen la variabilidad genética

1. Selección natural
2. Selección sexual
3. Deriva genética

b) Mecanismos que aumentan la variabilidad genética

1. Mutación
2. Recombinación
3. Flujo genético

De los 6 mecanismos, 4 afectan a todos los seres vivos, sin excepción, considerándose como las 4 grandes fuerzas de evolución: **selección natural, deriva genética, mutación y flujo genético.**

3.1 Selección natural

Fue el primer mecanismo evolutivo en ser descrito y el más famoso. Deducido por Charles Darwin y Alfred Wallace de forma independiente, es una de las ideas más disruptivas de la historia de la ciencia. Sostiene que todos los seres vivos están emparentados y que pueden variar con el tiempo, cambiando la biología.

La selección natural se entiende como la supervivencia y reproducción diferenciada de individuos debido a sus diferencias fenotípicas.

Darwin y Wallace notaron que los individuos producen mucha más descendencia de lo que soportaría el ambiente; por ejemplo, si todas las crías de un animal sobrevivieran, pronto se acabarían el alimento y terminarían todas llegando a su fin. Por lo tanto, deben competir por los limitados recursos (comida, refugio, parejas, etc.).

Asimismo, las especies presentan **adaptaciones**; esto es, todo rasgo que les sea funcional para subsistir. Pero no todos los individuos son iguales en cuanto a sus rasgos: existe **variación**. Los individuos con variantes ventajosas en sus rasgos tendrán más probabilidades de sobrevivir. Pero no basta con ello, deberá reproducirse para que el rasgo pueda perdurar. Por eso se habla de supervivencia y reproducción diferencial (figura 3).

Es indispensable entonces que: 1) la población muestre variabilidad, 2) las variantes ventajosas pueden heredarse, o de otra forma se perderá. Ya que estos individuos aventajados producirán más descendencia y esta descendencia tendrá más probabilidades de sobrevivir y de reproducirse, poco a poco serán la mayoría de la población. En pocas palabras, la población será más apta para el ambiente particular donde vive. **La selección natural es el único mecanismo de adaptación que se conoce.**

Volviendo a la genética, estamos hablando de uno o más alelos siendo favorecido por el ambiente, lo que incrementa su frecuencia con el tiempo. Esto es la definición de evolución.

La selección natural se confunde erróneamente con "teoría de la evolución", cuando en realidad se trata solo de un mecanismo evolutivo. Un conjunto de leyes, especialmente genéticas y ecológicas, que operan en generar cambios en las poblaciones. **La teoría de la evolución se refiere a la explicación coherente de cómo los mecanismos de evolución funcionan de manera coordinada para producir las diversas formas de vida.**



Figura 3: Ejemplo de selección natural debida a la presión impuesta por la depredación. En la población inicial, existe una variación de alelos que se refleja en dos colores de escarabajos: verdes y marrones. Las aves comen los escarabajos que resaltan más en el ambiente donde viven, por ejemplo, los verdes. De esta forma, los escarabajos marrones tienen mayor probabilidad de reproducirse y transmitir sus alelos. Con el tiempo, el alelo del color marrón se fijará en la población. Esto es evolución por selección natural.

3.2 El papel de la selección artificial

La selección natural ocurre por la "presión del medio". No tiene propósito. Darwin se dio cuenta de esto a partir de un proceso diferente: la **selección artificial**. Él observó que, en las granjas, los agricultores escogían las plantas que tenían características deseables para ellos; por ejemplo, mayor tamaño de fruto, más dulzor, etc. Los agricultores "seleccionaban" estas plantas para el próximo cultivo, lo que se repetía todos los años. Rápidamente, la población de cultivo adquiría las características seleccionadas, pudiendo ser muy diferentes a las iniciales. ¿Qué pasaría si este proceso ocurriera durante miles de años? Las plantas serían completamente distintas. Darwin sugirió que, de manera similar, en la naturaleza el ambiente imponía una presión que terminaba por "seleccionar" a los individuos con los rasgos específicos que los volvían "más aptos" para ese entorno. Estos rasgos terminarían imponiéndose en la población.

La diferencia fundamental entre la selección natural y la artificial es que la selección natural no tiene un propósito, mientras que en la selección

artificial sí hay una intención de fijar un carácter, por lo que actúa más rápido y evidente.

3.3 La selección sexual

Darwin la propuso para explicar el surgimiento de caracteres secundarios que parecen no encajar con la selección natural, pues no aparentan tener relación con la aptitud física de los organismos para sobrevivir. Estos caracteres diferencian machos de hembras, por lo que ocurre únicamente en especies con sexos separados.

La selección sexual sugiere que machos o hembras compiten entre sí por la oportunidad de aparearse con el sexo opuesto. Tanto hembras como machos preferirán aparearse con individuos que muestren los rasgos "más atractivos" al sexo opuesto, sin importar que ello resulta en la reducción de las capacidades de supervivencia del individuo "atractivo". Esto llevaría al surgimiento de caracteres diferenciadores entre machos y hembras.

Son ejemplos las diferencias en tamaño, fuerza o coloración entre machos y hembras de distintas especies; así como las habilidades de construcción o conductas temerarias muy frecuentes en los machos, las cuales pueden ser seleccionadas positivamente por las hembras mediante el apareamiento. Es evidente, por ejemplo, que un ave muy colorida o ruidosa llamará más la atención no solo del sexo opuesto, sino de sus depredadores, por lo cual se dice que no fortalece su aptitud. No obstante, la selección sexual sí puede fortalecer las adaptaciones, por ejemplo, si un ave macho resulta ser un hábil constructor.

3.4 Deriva genética

Se define como la **fluctuación en las frecuencias alélicas debido a factores de azar**. Sucede debido a que los alelos de la descendencia son, de hecho, una muestra de aquellos presentes en sus padres; asimismo, el azar juega un papel determinante en si un individuo sobrevive y se reproduce dentro de una población, o no.

El mecanismo fue propuesto por Sewall Wright y reforzado por R. Fisher. Se encuentra fuertemente vinculada al tamaño poblacional y se vuelve altamente influyente en situaciones donde un pequeño segmento de individuos se separa de su población original o se aísla de esta.

Wright y Fisher demostraron matemáticamente esta ley asumiendo una población con dos variantes de alelos (digamos A y B) en proporciones iguales ($A = 50\%$ y $B = 50\%$); en la cual no existiera otra fuerza de evolución. En este caso, se toma una muestra al azar de la población. La probabilidad de que la proporción de alelos escogida en la muestra sea igual no será nunca del 100%; por tanto, en la siguiente generación un alelo podría ser más abundante que otro. Así, la frecuencia alélica habría cambiado. Si el proceso se repite con la nueva proporción, digamos $A = 40\%$ y $B = 60\%$, el alelo menos frecuente A tendrá aún menos probabilidad de ser parte de la nueva muestra, por lo que podría reducir más su frecuencia. Así, la deriva genética elimina las variantes alélicas menos frecuentes.

En la naturaleza, la deriva genética puede observarse de dos maneras: a) cuando un pequeño grupo funda una nueva población en aislamiento geográfico de su población de procedencia, lo que se conoce como **efecto fundador**; b) cuando una población inicial sufre una reducción devastadora, generando un **cuello de botella** (figura 4). En ambos eventos se produce una situación donde una muestra no representativa de alelos pasa a la nueva población.

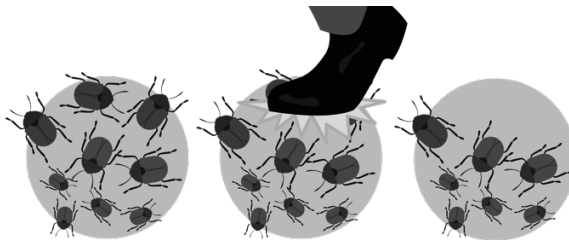


Figura 4: Ejemplo de "cuello de botella". Una población se ve mermada por un evento azaroso, en el cual un alelo cualquiera puede verse más afectado que otro. En la siguiente generación, es más probable que el alelo menos afectado por el evento fortuito sea el más abundante.

3.5 Mutación

Se trata del mecanismo natural más básico de introducir variantes genéticas en una población. La comprobación de mutaciones en laboratorio se la debemos a T.H. Morgan. Él mantuvo bajo reproducción aislada distintas poblaciones de moscas. Luego de muchas generaciones, algo extraño ocurrió: en una población de moscas con ojos rojos, apareció una mosca con ojos blancos. Morgan cruzó la nueva variante de mosca y, en efecto, consiguió que el rasgo se transmitiera

exitosamente. Concluyó que una nueva variante genética había aparecido en la población.

Las mutaciones se definen como **cambios espontáneos en la secuencia del material genético**, pueden ser cambios muy leves en un alelo, o grandes cambios que afecten múltiples alelos. Estos cambios se deben a errores durante la replicación del material genético o a la acción directa de un agente físico o químico que le produzca daños.

La mayoría de las mutaciones son nocivas y ocurren en células somáticas (células del cuerpo, no reproductivas), por lo que no se transmiten a la siguiente generación. Solo las mutaciones que ocurren en células reproductivas tienen la posibilidad de heredarse. Si esto ocurre, y la mutación no es nociva, es probable que puedan introducirse con éxito en la población. Algunas pueden resultar ventajosas.

3.6 Recombinación

En su sentido amplio, la recombinación es el **intercambio de material genético entre individuos distintos, lo que produce descendencia con una combinación de rasgos diferente a la de los padres**.

El ejemplo tradicional ocurre durante la meiosis, cuando los cromosomas homólogos intercambian su material genético antes de formar las células germinales. Este material recombinado se fusiona durante la fecundación con el de otro gameto, formando un nuevo genoma. Gracias a la recombinación, un alelo "oculto" durante una generación puede transmitirse y expresarse más adelante. Es importante mencionar que la recombinación también es fuente de error, por lo cual favorece las mutaciones.

El proceso de recombinación es típico de organismos con sexos separados que se reproducen sexualmente. No obstante, otros seres vivos asexuales tienen mecanismos alternos donde pueden transmitirse genes, como el caso de la conjugación bacteriana, o incluso recogerlos del ambiente.

3.7 Flujo genético

También llamado migración de genes, es el proceso por el cual un alelo se transfiere de una población a otra. ¿Cómo sucede? Normalmente se trata de migración.

Cuando uno o más individuos con potencial reproductivo (presente o futuro) se incorporan a una población nueva, llevan consigo sus variantes alélicas, las cuales pueden ser iguales o diferentes a las de dicha población. El caso de interés es el de las

nuevas variantes, lo que tiene un efecto semejante al de una mutación viable. Estos alelos novedosos podrían incluso conferir una ventaja reproductiva a los individuos y cambiar rápidamente la composición completa de una población.

B. Ponte a prueba



- 1) ¿Cuál de las siguientes frases define mejor la evolución?
 - a) Mejora de los individuos en una población
 - b) Cambios genéticos en una población
 - c) Aparición de nuevas especies
 - d) Supervivencia del más fuerte

- 2) ¿Qué es un alelo?
 - a) Proporción de un gen
 - b) Producto funcional de un gen
 - c) Versión distintiva de un gen
 - d) Sitio donde se encuentra un gen

- 3) Es un mecanismo que reduce la variabilidad genética:
 - a) Deriva genética
 - b) Especiación
 - c) Recombinación
 - d) Mutaciones

- 4) Es un mecanismo que aumenta la variabilidad genética:
 - a) Selección sexual
 - b) Selección artificial
 - c) Deriva genética
 - d) Mutaciones

- 5) ¿Qué es la selección natural?
 - a) Machos o hembras que compiten entre sí por la oportunidad de reproducirse
 - b) Supervivencia y reproducción diferenciada de individuos por diferencias fenotípicas
 - c) Cambios espontáneos en la secuencia del material genético
 - d) Fluctuación en las frecuencias alélicas debido a factores de azar

C. Tareas de la semana



Selección natural y artificial (100%)

1. Materiales

- Frijoles de dos diferentes colores (o material equivalente).
- Tazas medidoras para cocina (o equivalente).
- Un tazón grande.
- Una bandeja.
- Calculadora (celular).
- Cronómetro (celular).
- Cartulina u hojas del color de los frijoles empleados.
- Tirro (opcional).

2. Instrucciones

Para esta actividad, tú serás un investigador que intenta capturar datos sobre el proceso de selección natural. Para ello plantearemos una situación hipotética donde simularemos papalotas con alas de dos colores, utilizando para ello dos variedades de frijoles o un equivalente. Una persona voluntaria deberá ayudarte haciendo el papel del ave insectívora que quiere atrapar las

papalotas. Ahora bien, es conveniente que no le digas a esta persona qué significa el ejercicio hasta el final, para que tus datos sean fiables.

Procedimiento A

1. Pídele a una persona voluntaria que te acompañe (recuerda explicar hasta el final el tema).
2. Esparce sobre la mesa de un fondo claro (puede ser forrada) una muestra aleatoria de frijoles de ambos colores. Aproximadamente $\frac{1}{4}$ de taza (recuerda que los frijoles representarán dos variedades de papalotas: de alas claras y de alas oscuras).
3. Pídele a tu voluntario que intente capturar o atrapar el mayor número de frijoles (papalotas), uno a la vez, utilizando únicamente el pulgar y el índice de su mano más hábil (con esto simulará que es un pico de ave). Para ello, tendrá un período máximo de 15 segundos, que serán cronometrados.

4. Aprópiense de su rol: mientras la persona voluntaria (el ave) captura los frijoles (papalotas), tú mide el tiempo rigurosamente.
5. Regresa los frijoles (papalotas) capturados a la mesa y repitan el ejercicio 5 veces, registrando en la tabla 1 cuántos frijoles (papalotas) de cada color logró capturar tu voluntario (el ave).
6. Luego, busca otra superficie o forra la mesa con un fondo de color oscuro. Repitan los pasos 3 y 4 para capturar frijoles (papalotas) y registrar su marca.

Procedimiento B

Para mostrar el efecto de la selección natural a través de las generaciones.

- Repite el procedimiento anterior (en cualquiera de los fondos), pero en lugar de regresar los frijoles (papalotas) en cada intento, extráelos del escenario. Luego, repone la población de

papalotas duplicando la cantidad de frijoles restantes, según el color.

- Nuevamente, ejecuten la mecánica por 3 veces y registra tus datos a través de las generaciones en la tabla 2. Ya puedes explicar a tu voluntario.

Preguntas

1. ¿Qué tipo de papalotas se capturaban con mayor asiduidad en el fondo claro? ¿Y en el fondo oscuro?
2. ¿Cuál es el factor de selección que actúa sobre las papalotas?
3. ¿Cómo afectó a lo largo de las generaciones la fijación de alelos en las papalotas sometidas a selección natural?
4. ¿De qué forma consideras que se puede variar este experimento para examinar la selección artificial?

D. ¿Saber más?



Si deseas reforzar los temas vistos, puedes visitar los siguientes recursos:

- Sitio web: Introducción a la biología evolutiva: <https://bit.ly/39NOZeN>
- Podrías intentar mejorar tus habilidades creando árboles evolutivos en el juego Evolution LAB: <https://bit.ly/2DfcpO9>

E. Respuestas de la prueba



1:b 2:c 3:a 4:d 5:b

TABLA 1	Fondo claro		Fondo oscuro		TABLA 2	Fondo claro		Fondo oscuro	
	Frijoles claros	Frijoles oscuros	Frijoles claros	Frijoles oscuros		Frijoles claros	Frijoles oscuros	Frijoles claros	Frijoles oscuros
Intento 1					Generación 1				
Intento 2					Generación 2				
Intento 3					Generación 3				
Intento 4					Generación 4				
Intento 5					Generación 5				