

Bloque II

Describe los principios de la evolución biológica y los relacionas con la biodiversidad de las especies



Para iniciar, reflexiona

¿Conoces los avestruces? Es un ave que mide aproximadamente 2.5 metros y llega a pesar unos 136 kilogramos. Estas enormes criaturas no vuelan, pero te preguntarás, ¿entonces para qué tienen alas? Pues bien, los biólogos plantean que la presencia de estructuras que no tienen una función en ciertas especies vivas fue útil en especies antepasadas comunes. Así, los cuerpos de los organismos actuales poseen algunas estructuras heredadas que carecen de función, pero por otro lado, hay especies que aún con la evolución mantienen ciertas funciones de las estructuras, por ejemplo, se dice que el primer primate y que es ancestro de los monos y de los humanos, y poseían dedos flexibles que les permitían sujetar cosas. De tal manera, podemos decir que la evolución es el cambio que ocurre con el paso del tiempo en las características de las especies.



Figura 4.1. Avestruz.



Aprende más

Antecedentes y teoría de la evolución de Darwin y Wallace

Desde tiempos ancestrales y a lo largo de la historia han surgido preguntas sobre el origen de la vida y de las especies, así como la evolución de las mismas; al principio, las respuestas fueron en torno a la religión, donde se creía que todos los organismos fueron creados simultáneamente por Dios; sin embargo, en la Biología moderna los científicos han rechazado este principio fundamental basándose en ideas que han desarrollado a lo largo de la historia. En la figura 4.2 se exponen algunas ideas del desarrollo de la biología evolutiva moderna.

La evolución biológica es el conjunto de transformaciones continuas que han originado las diversas formas de vida, es decir, los cambios producidos de generación en generación en una población de individuos que puede llevar a la aparición de nuevas especies, a la adaptación a distintos ambientes o a la aparición de diferencias evolutivas.

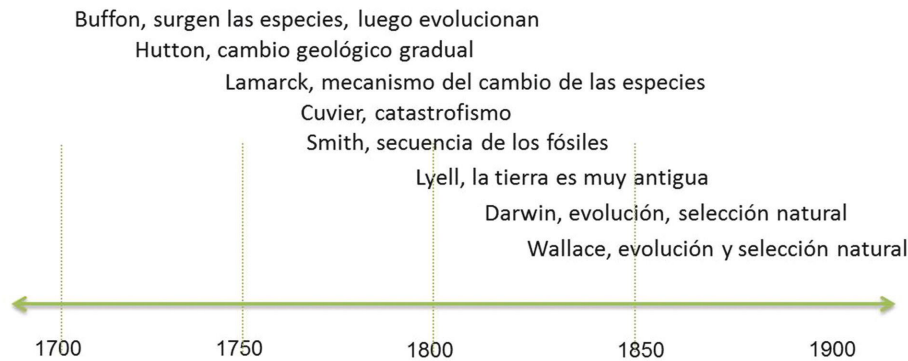


Figura 4.2. Antecedentes a la teoría de la evolución de Darwin y Wallace.



Evolución: cambio que ocurre a lo largo del tiempo en las características de las poblaciones.

La ciencia, antes de Darwin, quien estuvo influenciado por la teología, sostenía que todas las especies habían sido creadas por Dios y que toda forma de vida permanecía inalterable desde ese momento. Por su parte, Platón y Aristóteles (427-347 a.C), filósofos griegos, propusieron que todo objeto existente en la Tierra era un reflejo temporal simplemente de su forma ideal inspirada por esa divinidad. Aristóteles, además, clasificó todos los organismos en una jerarquía lineal a la que llamó: la escala de la naturaleza.

Las especies inalterables que se pueden clasificar de acuerdo con su cercanía a la perfección, iniciando con los tipos superiores hasta los tipos inferiores, son:

1. Humanos.
2. Mamíferos.
3. Aves.
4. Reptiles y anfibios.
5. Ballenas y mariposas.
6. Peces.
7. Calamares y pulpos.
8. Langostas, cangrejos, etc.
9. Caracoles, almejas.
10. Insectos, arañas, etc.
11. Medusas, esponjas, etc.
12. Plantas superiores.
13. Plantas inferiores.
14. Materia inanimada.

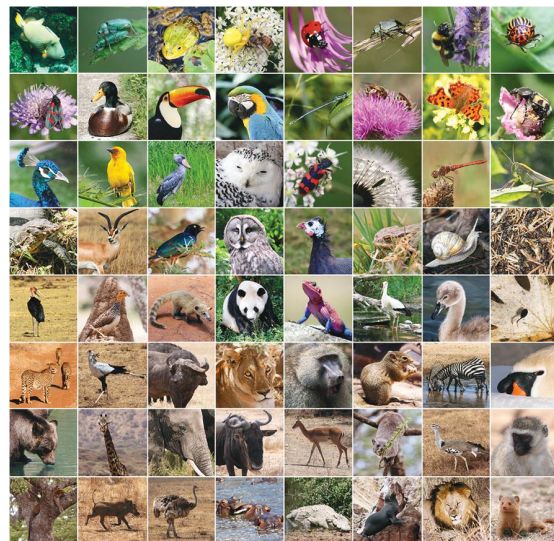


Figura 4.3. Diversas especies.

Bloque II

Describe los principios de la evolución biológica y los relacionas con la biodiversidad de las especies

El asentamiento de culturas y la exploración de nuevos continentes dieron lugar a nuevas hipótesis en las cuales se discutía sobre esta inalterabilidad de las especies, la diversidad de tipos de organismos era más grande de lo que se pudieran imaginar. Así iniciaron a tomar nota de patrones, en cierta área geográfica por ejemplo, se encontraban con especies diferentes a comparación de otra zona, así como grupos de especies similares dentro de una misma área.

Para el siglo XVIII, concluyeron que las especies habían cambiado a lo largo del tiempo, por ejemplo; Georges Louis LeClerc, mejor conocido como el conde de Buffon (1707-1788), sugirió que de la creación original había un grupo reducido de especies, pero que conforme había pasado el tiempo se habían producido otras mediante procesos naturales.



Fósil: impresión, vestigio o molde que denota la existencia de organismos que no son de la época geológica actual.

Poco después, con el descubrimiento de fragmentos de roca que parecían ser parte de organismos vivos encontrados durante excavaciones, se hizo evidente un avance en la Geología: los **fósiles**, que muchos pensaban que sólo eran producto del viento, el agua o del hombre, en realidad eran restos de organismos conservados a lo largo de mucho tiempo.



Figura 4.4. Fósil de amonita (criatura prehistórica parecida al calamar que vivía en el interior de una concha).

Algunos ejemplos de estos fósiles son huesos, conchas, insectos, huevos, heces fecales o huellas que se petrificaron y convirtieron en piedra (figura 4.4). Además, con esto se dieron cuenta que la Tierra está formada por capas, antiguas (abajo) y recientes (en la superficie), y en una cierta capa es donde se hallaban estos fósiles. En las más antiguas se encontraban especies muy diferentes a las especies modernas y vieron que estas especies vegetales y animales ya se habían extinguido, es decir, ninguna se encontraba disponible en la Tierra. Con esto pudieron concluir que distintos tipos de organismos vivieron en otras épocas de la historia.

A pesar de contar con los fósiles como evidencia, muchos científicos no aceptaban que las especies cambiaban o que surgían con el paso del tiempo. Así, con el fin de mantener la idea de la creación por parte de una divinidad, pero explicando la extinción de algunas especies, George Cuvier, paleontólogo francés (1769-1832) propuso la teoría del *catastrofismo*. Esta teoría explica que los cambios biológicos y geológicos de nuestro planeta se debían a cambios violentos como las catástrofes (terremotos, meteoritos, inundaciones, volcanes, etc.).

George Cuvier es considerado fundador de la Paleontología.



Por lo tanto, las especies existieron y desaparecieron debido a estas catástrofes (figura 4.5). Una vez extintas, nuevas especies aparecerían y ocuparían los lugares de las anteriores, este proceso se repetiría con el tiempo.

La hipótesis de Cuvier y las catástrofes fueron cuestionadas por el geólogo Charles Lyell (1797-1875) y James Hutton (1726-1797), quienes consideraban que las explicaciones divinas o bíblicas son poco científicas y por lo tanto falsas. La teoría del *uniformismo* se opone totalmente al catastrofismo, defiende la existencia de procesos naturales como la sedimentación, vulcanismo y la erosión, que actuaban de forma muy lenta, uniforme y sin interrupción debido a fuerzas que operaban sobre el relieve de la Tierra durante mucho tiempo, estas fuerzas se consideran fijas y constantes. Hutton observó cambios en la corteza terrestre a lo largo del tiempo y estableció que la edad del planeta era mucho mayor que la deducida en el Génesis, es decir, de varios millones de años. Un ejemplo de este cambio gradual es la formación de cordilleras y valles, que se da por la fuerza lenta que ejerce el viento y el agua en la superficie y no por catástrofes o grandes inundaciones. Lyell y Hutton demostraron que este tiempo, la edad de la Tierra, era suficiente para que todo evolucionara y era parte de un mecanismo.



Figura 4.5. Según el catastrofismo, en un principio se creó una cantidad inmensa de especies y los organismos del mundo moderno son las especies que sobrevivieron a las catástrofes.

El primer científico que propuso un mecanismo de evolución fue Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), quien estudió la secuencia de los organismos en las capas de las rocas, fósiles más antiguos tenían formas más simples y fósiles más recientes tienden a ser más complejos y parecidos a los actuales. Además, Lamarck planteó que las especies van cambiando sus características a lo largo del tiempo de una manera gradual, mostrando una tendencia hacia la complejidad y la perfección, esta teoría se basa en dos suposiciones:

- Ley del uso y del desuso: cuando una parte del cuerpo se usa repetidamente crece y se desarrolla, en cambio, si no se usa se atrofia, se debilita lentamente y llega a desaparecer.
- Ley de la herencia de los caracteres adquiridos: cualquier animal puede transmitir a sus descendientes aquellos caracteres que ha adquirido durante su vida.

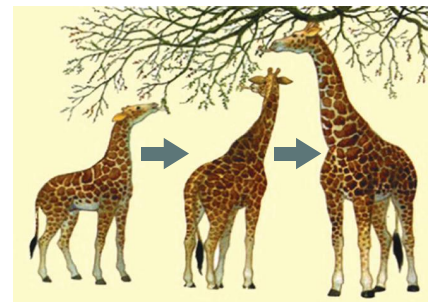


Figura 4.6. Teoría de Lamarck.

Por ejemplo, si los antepasados de las jirafas intentaban aumentar su ración alimenticia al estirarse a comer las hojas de las ramas altas de los árboles, sus cuellos se alargaban en consecuencia, por lo tanto, sus descendientes heredarían cuellos más largos y así sucesivamente hasta llegar a las jirafas como las conocemos ahora (figura 4.6).

Bloque II

Describe los principios de la evolución biológica y los relacionas con la biodiversidad de las especies

El siguiente mecanismo, y que fue clave en el tema de la evolución, es el de Darwin y Wallace, quienes, a mediados del siglo XIX, concluyeron que las especies existentes eran resultado de la evolución de sus predecesoras.

El razonamiento que condujo a Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Russel Wallace (1823-1913), cada quien por su lado, a su propuesta de proceso de evolución resulta ser muy simple, y descubrieron que algunas especies sólo cambiaban en algunos aspectos; por ejemplo, Darwin estudió un grupo de especies de pinzones que se especializan en comer distintos alimentos, por lo que su pico tiene tamaño y forma característicos para consumir ese alimento.

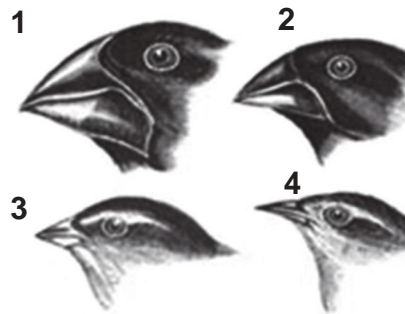


Figura 4.7. Pinzón. (1) pinzón grande de tierra con el pico adaptado para comer semillas grandes; (2) pinzón pequeño de tierra, con pico pequeño adaptado para comer semillas pequeñas; (3) pinzón gorjeador, con el pico adaptado para comer insectos, y (4) pinzón arbóreo vegetariano, con pico adaptado para comer hojas.

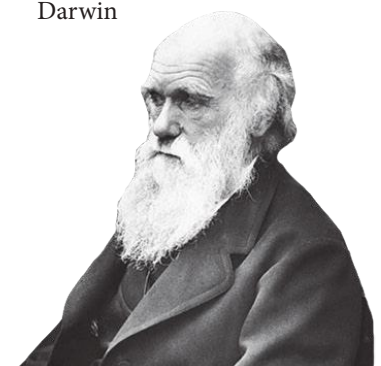
Darwin y Wallace propusieron que los individuos de cada generación difieren ligeramente de los miembros de la generación anterior, lo que resulta a lo largo del tiempo como grandes transformaciones.

Con las investigaciones de Wallace, Darwin publicó en 1859 *El origen de las especies por selección natural*, en la que explica la teoría apoyándola de las diferentes observaciones que tuvo sobre la naturaleza.

La *teoría evolutiva* o *darwinismo* se basa en cuatro postulados acerca de las poblaciones.

1. *Los individuos varían en una población.* Cada uno de los integrantes de una población difiere de los demás en muchos aspectos.
2. *Los caracteres se heredan de padres a descendientes.* Al menos algunas de las diferencias entre los miembros de una población se deben a características que pueden transmitirse de los progenitores a la descendencia.

Charles
Darwin



3. *Algunos individuos no logran sobrevivir y reproducirse.* En cada generación, algunos individuos de una población sobreviven y se reproducen con éxito y otros no.
4. *La supervivencia y la reproducción no están determinadas por el azar.* La supervivencia y la reproducción dependen de sus características. Los individuos con caracteres de ventaja sobreviven más tiempo y dejan mayor número de descendencia, un proceso llamado **selección natural**.



Fenotipo: conjunto de caracteres visibles que un individuo presenta.

Genotipo: conjunto de genes que existen en el núcleo celular de cada individuo.

Población: todos los individuos de una especie en un área particular..

Selección natural: supervivencia y reproducción diferencial de organismos con fenotipos diferentes, causada por fuerzas ambientales. La selección natural se refiere específicamente a casos en que los **fenotipos** son heredables; es decir, son causados al menos en parte por diferencias **genotípicas**, con el resultado de que los fenotipos mejor adaptados se vuelven más comunes en la población.



Aprende más

Principales causas de la variabilidad genética y el cambio evolutivo

Ya hemos revisado algunas de las teorías más importantes sobre la evolución en un marco histórico, ahora profundizaremos en los conceptos científicos a través de los cuales se logra explicar las ideas más relevantes sobre el cambio evolutivo.

Mutación

Darwin no conocía la fuente de las variaciones en los organismos individuales, pero observó que parecían ocurrir aleatoriamente. Esto se atribuyó a la mutación. La mutación es un cambio permanente y transmisible en el material genético (ADN) de una célula. Puede ser producida por errores de copia en el material genético durante la división celular y por la exposición a la radiación, sustancias químicas o virus o bajo el control celular durante procesos como la meiosis o la hipermutación.

En los organismos multicelulares, las mutaciones pueden dividirse en:

- Mutaciones germinales: se transmiten a la descendencia, ya que afecta el ADN de células reproductivas o germinales (óvulo y espermatozoide).
- Mutaciones somáticas: se encuentran en el ADN de las células de alguna parte del cuerpo, produciendo malformaciones o muerte de células y pueden causar cáncer.

Para un gen dado, sólo una pequeña proporción de una población hereda una mutación de la generación anterior. Una mutación puede producir un cambio en una estructura o función de un organismo.



Figura 4.8. Ejemplo de mutación en una tortuga de orejas rojas.

Flujo de genes

Es el intercambio de genes entre poblaciones diferentes, normalmente relacionadas mediante un cruzamiento.



Figura 4.9. Una mutación génica causa coloración marrón.

El flujo de genes o movimiento de alelos entre distintas poblaciones favorece la variabilidad genética en estas poblaciones. Cuando los individuos se mueven de una población a otra y se cruzan en una nueva ubicación, los alelos se transfieren de una poza génica a otra. Por ejemplo, el polen (figura 4.10) puede ser un agente de flujo génico, ya que, esparcido por los vientos, llevando alelos de una población a otra.



Figura 4.10. Polen.

Deriva génica

Consiste en cambios en las frecuencias génicas debido a que los genes de una generación dada no constituyen una muestra representativa de los genes de la anterior. Observa en la figura 4.11 cómo algunos genes se pierden con el paso de muchos años, o cuando existe cualquier suceso que termine con la vida de manera inesperada y por casualidad o porque permitan que se reproduzcan sólo de esa forma un subconjunto de una población, lo que puede causar cambios aleatorios en las frecuencias de alelos, este suceso es conocido como *deriva génica* (figura 4.11), y estos cambios pueden ocasionar la desaparición de un alelo en la población.

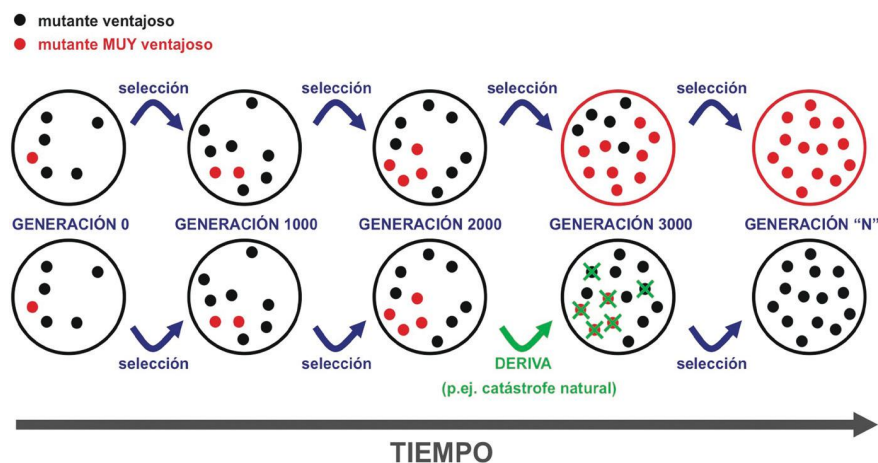


Figura 4.11. Deriva génica.

Bloque II

Describe los principios de la evolución biológica y los relaciones con la biodiversidad de las especies



Figura 4.12. Diferentes alelos.



Figura 4.13. Ritual de apareamiento entre palomas. Este cortejo permite identificar el sexo y la especie.



Figura 4.14. Lucha de ciervos por apareamiento. El más apto logrará dicho objetivo, asegurando además la preservación de la especie.

La deriva génica ocurre en cierta medida en todas las poblaciones, pero se da con más rapidez y tiene más efectos en las poblaciones pequeñas porque sólo unos cuantos organismos podrían portar un alelo específico.

Interacción con el ambiente

Los animales poseen la capacidad de obtener, registrar y procesar la información acerca de las condiciones en que se encuentra el medio ambiente, este factor influye, entre otros aspectos, en sus ciclos reproductivos, así como en el desarrollo de sus crías.

Apareamiento no aleatorio

La selección de la pareja no es al azar. Cada macho de una población debe tener igual oportunidad de aparearse con cada una de las hembras, pero la realidad es que el apareamiento no aleatorio es la regla en la mayoría de las poblaciones.

El apareamiento no aleatorio por sí mismo no altera la frecuencia de los alelos dentro de una población. Pero puede tener efectos considerables sobre la distribución de los genotipos, estos podrían ser más comunes y afectar la dirección de la *selección natural*.

Los efectos del apareamiento no aleatorio pueden tener una función significativa en la evolución, ya que muchos organismos tienen movilidad limitada y tienden a permanecer cerca del lugar de nacimiento. En muchos casos, los descendientes son productos de parientes.

Selección natural

Las poblaciones que presentan las características más favorables hacia todos aquellos factores selectivos son los organismos que sobreviven gracias a su variabilidad genética hacia los factores del medio.

La selección natural no actúa directamente sobre los genotipos de los organismos individuales, sino sobre los fenotipos, las estructuras y los comportamientos que muestran los miembros de una población.



Aprende más

Principio de la selección natural y su relación con la genética de poblaciones

La selección natural da forma a la evolución de las poblaciones, donde los organismos dependen de la adaptación al medio ambiente cambiante; es decir, los mejor adaptados desplazan a los menos adaptados.

La selección natural favorece caracteres que aumentan la supervivencia (figura 4.15) de sus poseedores sólo en la medida que el mejoramiento en la supervivencia conduce a un mejoramiento en la reproducción. Una característica que mejore la supervivencia puede aumentar la probabilidad de que el individuo sobreviva el tiempo suficiente para reproducirse o alargar el lapso de vida. Esto garantiza el futuro de los alelos de un individuo y la prevalencia de los mismos. De esta manera, el principal impulsor de la selección natural son las diferencias en la reproducción, los individuos que portan dichos alelos dejan más descendientes que otros con alelos diferentes.



Figura 4.15. La supervivencia depende de habilidades otorgadas por la selección natural.

La selección natural no actúa directamente sobre los genotipos de los organismos individuales, más bien sobre los fenotipos, las estructuras y los comportamientos que muestran los individuos de una población. Por lo tanto, a los genotipos los afectan los fenotipos por la vinculación que tienen.

La *genética de poblaciones* estudia la frecuencia, distribución y herencia de alelos en las poblaciones. De igual manera define a la *poza génica* como la suma de todos los genes de una población y consiste en todos los alelos de todos los individuos de toda la población. Si se suman todas las copias de cada alelo de ese gen de todos los individuos de una población, se puede determinar la proporción relativa de cada alelo, en una cantidad llamada frecuencia alélica. A partir de esto, la *evolución* se define como los cambios en las frecuencias alélicas que ocurren en una poza génica con el transcurso del tiempo.

En 1908, el matemático inglés Godfrey H. Hardy y el médico alemán Wilhelm Weinberg desarrollaron de manera independiente el conocido *principio de Hardy-Weinberg* (a explicar más adelante), que demuestra que bajo ciertas condiciones, las frecuencias de los alelos y las de los genotipos en una población permanecerán

constantes sin importar cuántas generaciones transcurran. En otras palabras, la población no evolucionará. A esto se le llama *población en equilibrio* y supone que no hay evolución cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- No debe haber mutación.
- No debe haber flujo génico; es decir, no debe existir movimiento de alelos hacia dentro o fuera de la población.
- La población debe ser muy grande.
- Todos los apareamientos deben ser aleatorios, sin ninguna tendencia hacia ciertos genotipos para aparearse con otros genotipos específicos.
- No debe existir selección natural; es decir, todos los genotipos deben reproducirse con el mismo éxito.

Si esto no se cumple, entonces la población evolucionará.

Principio de Hardy-Weinberg

El principio de Hardy-Weinberg establece que las frecuencias de alelos permanecerán constantes con el paso del tiempo en la poza génica de una población grande, donde haya apareamiento aleatorio más no mutaciones ni flujo génico ni selección natural. Además, Hardy y Weinberg demostraron que si las frecuencias alélicas no cambian en una población en equilibrio, la proporción de individuos con un genotipo específico también permanecerá constante.

Para comprender mejor la relación entre las frecuencias alélicas y la aparición de genotipos, imagina una población en equilibrio cuyos miembros portan un gen que tiene dos alelos, A_1 y A_2 . Observa que cada individuo de esta población debe portar uno de los tres posibles genotipos diploides (combinaciones de alelos): A_1A_1 , A_1A_2 o A_2A_2 .

Supón que en la poza génica de esta población la frecuencia del alelo A_1 es p y la frecuencia del alelo A_2 es q . Hardy y Weinberg demostraron que si las frecuencias de alelos se dan como p y q , entonces las proporciones de los diferentes genotipos en la población pueden calcularse del siguiente modo:

Proporción de individuos con genotipo $A_1A_1 = p^2$

Proporción de individuos con genotipo $A_1A_2 = 2pq$

Proporción de individuos con genotipo $A_2A_2 = q^2$

Por ejemplo, si en la poza génica de esta población, 70% de los alelos de un gen son A_1 y 30% son A_2 (es decir, $p = 0.7$ y $q = 0.3$), entonces las proporciones genotípicas serían:

Proporción de individuos con genotipo $A_1A_1 = p^2 = 0.7 \times 0.7 = 0.49$ o 49%
 Proporción de individuos con genotipo $A_1A_2 = 2pq = 2 \times 0.7 \times 0.3 = 0.42$ o 42%
 Proporción de individuos con genotipo $A_2A_2 = q^2 = 0.3 \times 0.3 = 0.09$ o 9%

Dado que cada miembro de la población debe poseer uno de los tres genotipos, las tres proporciones siempre deben sumar 1 o 100%. Por tal razón, la expresión que relaciona la frecuencia de alelos con las proporciones de genotipos puede escribirse como:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Donde los tres términos del lado izquierdo de la ecuación representan los tres genotipos.

Pocas o ninguna de las poblaciones naturales están realmente en equilibrio, sin embargo, el principio de Hardy-Weinberg sirve de punto de partida.

La teoría de la genética de poblaciones predice que el equilibrio de Hardy-Weinberg puede alterarse por las desviaciones de cualquiera de sus cinco condiciones. De esta manera, es posible predecir cinco causas principales del cambio evolutivo: mutación, flujo génico, población pequeña, apareamiento no aleatorio y selección natural.

Analicemos lo siguiente para comprender el modelo, imagina una población de 14 escarabajos, 50% machos y 50%, hembras donde AA son amarillos, Aa son verdes, aa son azules. Veamos las posibles combinaciones:

Combinaciones de alelos				
Padre	Madre	Hijo AA amarillos	Hijo Aa verde	Hijo aa azul
AA amarillos	AA amarillos	4	-	-
AA amarillos	Aa verdes	2	2	-
AA amarillos	aa azules	-	4	-
Aa verdes	aa azules	-	2	2
Aa verdes	Aa verdes	1	2	1
aa azules	aa azules	-	-	4

Las frecuencias genotípicas se calculan dividiendo el número de individuos de cada genotipo entre la población en total. La suma de las frecuencias debe ser siempre la unidad.

Bloque II

Describe los principios de la evolución biológica y los relacionas con la biodiversidad de las especies

Frecuencia del genotipo AA = $5/14 = 0.35$

Frecuencia del genotipo Aa = $7/14 = 0.5$

Frecuencia del genotipo aa = $2/14 = 0.14$

Considera que 0.35 de la población es AA, 0.5 es Aa y 0.14 es aa.

Las frecuencias alélicas se calculan de la siguiente manera:

Para el gen A se suma la frecuencia del genotipo AA más la mitad de la frecuencia del genotipo Aa y para el gen a se suma la frecuencia del genotipo aa más la otra mitad de la frecuencia del genotipo Aa.

Frecuencia del gen A $\rightarrow 0.35 + 0.25 = 0.6$

Frecuencia del gen a $\rightarrow 0.14 + 0.25 = 0.39$

Con esto obtenemos los tres genotipos y los dos genes alelos en la población original. Para conocer si las frecuencias alélicas se mantienen constantes o si la evolución es igual a cero en las poblaciones, es necesario la reproducción de los individuos y obtener la primera generación.

El genotipo AA producirá gametos A, el genotipo aa producirá gametos a y el genotipo Aa producirá 50% para A y 50% para a.



Aprende más

Causas y objetivos de la evolución por selección natural y artificial

El proceso de selección artificial se refiere a elegir a los mejores individuos de una población para obtener una buena descendencia y a repetir el proceso. Sin embargo, la selección artificial surge a partir de la necesidad de la reproducción de plantas y animales domésticos con características específicas deseables.

Un ejemplo claro es la diversidad de razas de perros, en donde el ser humano realiza las cruces hasta llegar a individuos totalmente diferentes a sus progenitores (figura 4.16).



Figura 4.16. Razas de perros.



Sabías que...

Lugares tan limpios como se supone que son los hospitales albergan microorganismos —bacterias, hongos y virus— muy difíciles de erradicar, pues sus poblaciones han desarrollado resistencia a muchos de los antibióticos, antimicóticos y antivirales de uso común. Sobrevivir a las condiciones del ambiente hospitalario supone adaptaciones muy eficientes. Estos agentes infecciosos —bien llamados oportunistas— afectan, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), a 8.7% de los pacientes hospitalizados en el mundo. Los más frecuentes son: *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Aspergillus* spp., el virus sincicial respiratorio (VSR) y los rotavirus. Suelen ser vulnerables los bebés neonatos, los ancianos y los pacientes inmunodeprimidos.

Fuente: http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/190/guiadelmaestro_190.pdf