

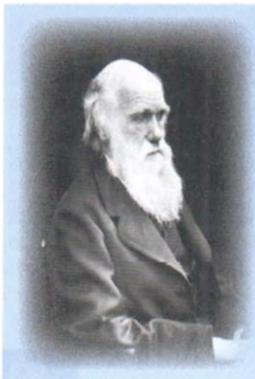
TEMA 4 LA EVOLUCIÓN 2023-2024

Tutora: Mónica Martínez Ramos
monmartinez@seu-durgell.uned.es
La Seu d'Urgell UNED



¿Qué veremos?

La **Teoría de la Evolución** propuesta por Charles Darwin en su libro *El origen de las Especies* (1859) y posteriormente desarrollada en la **Teoría Sintética de la Evolución** explica que el origen y diversidad de todos los seres vivos es consecuencia de la acción de la **Selección Natural**, que se pone de manifiesto a través de la reproducción diferencial de unos individuos respecto a otros en función la interacción de sus características genéticas y el medio ambiente en el que vivan. La selección natural ha ido moldeando, a lo largo de los, aproximadamente, últimos 3.200 millones de años, desde las características de las célula de cualquier ser vivo a la organización y funcionamiento de nuestro cerebro.



Charles Darwin en el último año de su fructífera vida. En su obra *El Origen de las Especies* (1859), desveló al mundo lo que los naturalistas de la época consideraban el misterio de los misterios: el mecanismo causante de la evolución y diversidad de los seres vivos: la selección natural. El descubrimiento revolucionó el conocimiento científico, proporcionó el marco en el que contextualizar todas las leyes y descubrimientos del ámbito de la Biología, la Teoría de la Evolución por medio de la Selección Natural, y cambió para siempre la forma de pensar acerca de la naturaleza humana. Fotografía: J. Cameron.

Contenido

■ ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

■ TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL

■ TEORÍA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN

■ MECANISMOS DE LA EVOLUCIÓN

Genética de Poblaciones

Frecuencias Genotípicas

Frecuencias Génicas o Alélicas

Ley del Equilibrio de Hardy-Weinberg

La Variabilidad Genética

Carácter Preadaptativo de la Mutación

Migración y Deriva Genética

Selección Natural

Tipos de Selección Natural

Selección Natural Direccional

Selección Natural Estabilizadora

Selección Natural Disruptiva

Selección Sexual

Polimorfismos equilibrados

Superioridad del Heterocigoto

Selección Natural Dependiente de

Frecuencia

Especiación

Tipos de especiación

Especiación Alopátrica o Geográfica

Especiación Simpátrica

El Hecho de la Evolución

Variación de la Cantidad de ADN

Tipos de Evolución

Ritmo evolutivo

Extinción

1- ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

- Mientras en el siglo **XVII Galileo y Newton** revolucionaban la Astronomía y la Física con sus aportaciones científicas, hasta el siglo **XIX** el problema del origen de las especies se dirimía entre los postulados del ***Transformismo radical***, que defendía que las especies surgían por generación espontánea, y los del ***Creacionismo***, que abogaba por la concepción estática del mundo orgánico que se describe en la **Biblia** (Adán y Eva y el paraíso).
- **El estudio del mundo orgánico va entroncando con el espíritu científico** que desde el siglo **XVII** venía refutando con éxito el concepto estático y sobrenatural de universo.
- En el siglo **XIX**, las investigaciones abiertas en disciplinas como la **Geología**, la **Anatomía Comparada**, la **Embriología**, la **Fisiología** o la **Paleontología**, aportaron los datos que sirvieron de sólidos pilares para el desarrollo del **estudio científico del origen de las especies**. Rechazaron planteamientos creacionistas.

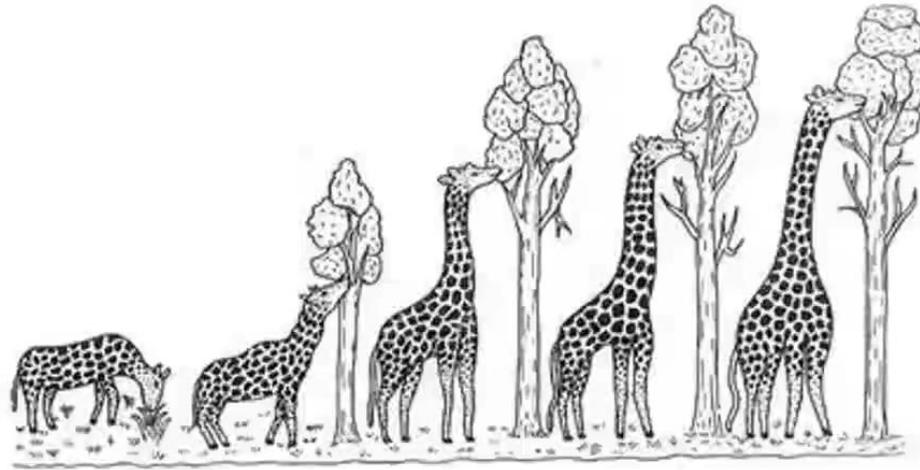
Lamarck : la herencia de los caracteres adquiridos

- Los datos apuntaban a que los seres vivos actuales podían ser fruto de la transformación de otros anteriores:
- **Jean-Baptiste Lamarck (1809) con los tres principios falsos:**
 - 1) «la función crea el órgano»
 - 2) «la herencia de los caracteres adquiridos»
 - 3) « la función crea el órgano o «ley» del uso y desuso, propone que los órganos y estructuras anatómicas de un animal son consecuencia de sus hábitos y estos, a su vez, resultado de su intento de adaptación al ambiente: «la jirafa».

Según Lamarck:

- Cada organismo representa una línea evolutiva independiente originada por generación espontánea que tiene como fin lograr la perfecta adaptación al ambiente circundante.
- El registro fósil solo nos muestra antepasados imperfectos de los actuales, en busca de la perfección.
- La Evolución es determinista: objetivo alcanzar la perfección.

- Herencia de los caracteres adquiridos (Lamarck)
 - La función crea el órgano o “ley” del uso y desuso
 - La herencia de los caracteres adquiridos
 - Los organismos causan las modificaciones necesarias para su adaptación
 - La finalidad es alcanzar la perfección



2- TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL

- A mediados del siglo XIX, **Charles Darwin**, inicio su obra “ **el origen de las especies**” (1859) y se planteo “de que manera las distintas especies se han modificado hasta alcanzar la perfección”. **El buscaba la causa y el origen de las especies.**
- Inicio un viaje a las Islas Galápagos, observando la peculiaridad de la flora y fauna. Estuvo 25 años posteriores a su viaje (observando especies de pinzones y tortugas, entre otras) hasta poder demostrar sus hipótesis.

- **Para Darwin:**
- **La evolución** era debida a la variabilidad natural que presentan las poblaciones. Cuando, por sus características, unas variedades se enfrenten más eficientemente que otras a los retos ambientales, aparecerán diferencias en la supervivencia y en el número de descendientes aportados por cada variedad a la siguiente generación “el mas apto”.
- **La teoría de la evolución por selección natural:** establece una relación de parentesco entre todos los organismos.

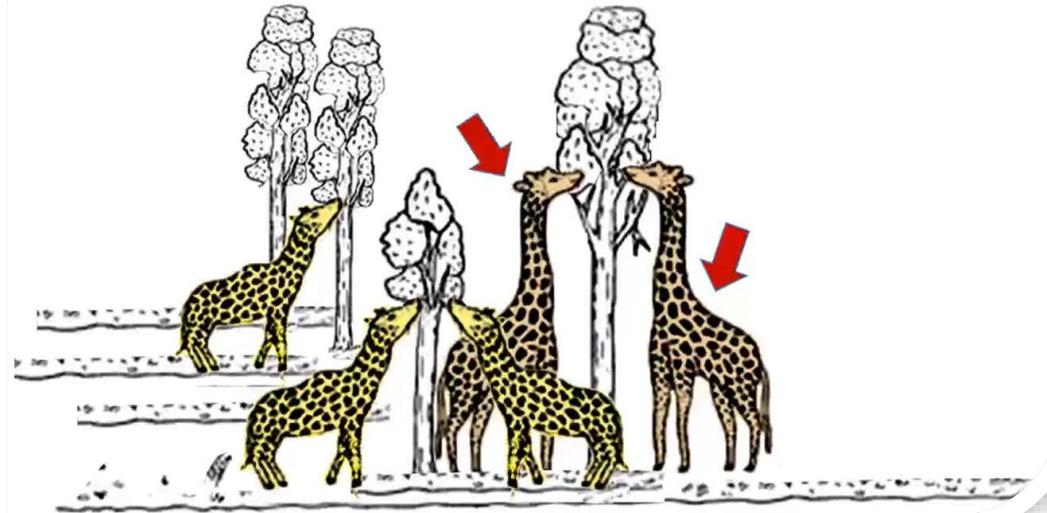
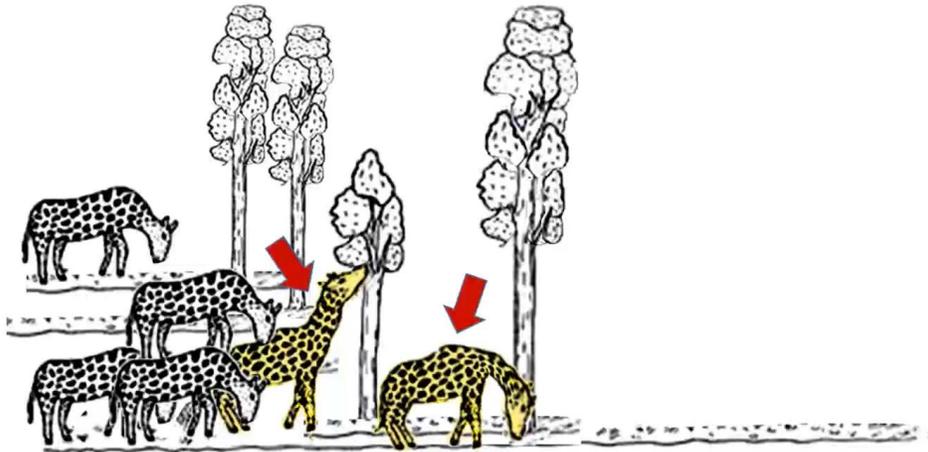
Darwin: fue el **azar** el causante de la variabilidad. La diferencia de las especies ocurría por **Selección natural**.



FUNDAMENTOS DE
PSICOBIOLOGÍA



UNED
Fundamentos de
Psicobiología



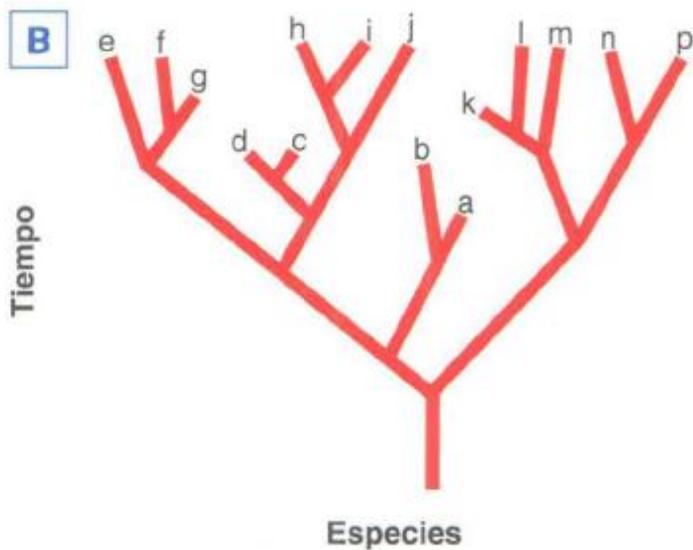
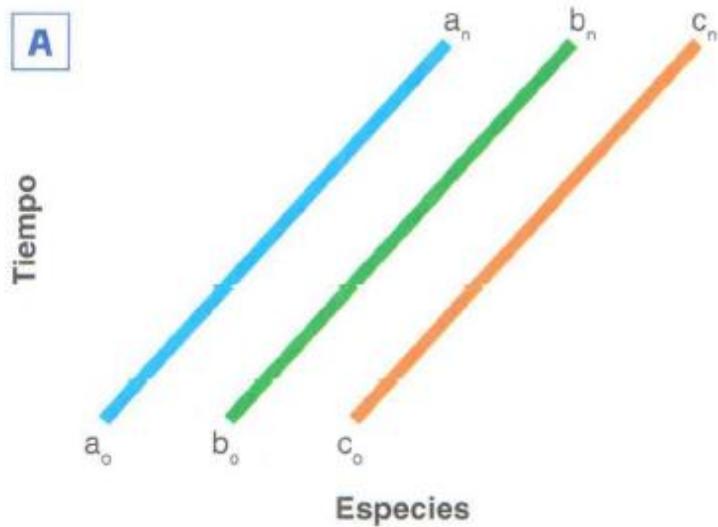


Figura 4.9

Dinámica del proceso de especiación.

A. Según **Lamarck** cada organismo representa una línea independiente que abarca desde su aparición por generación espontánea hasta la consecución de la perfección.

B. Para **Darwin** todas las especies tienen una relación de parentesco, ya que unas han dado origen a otras.

Darwin descubrió la causa de la diversidad de los seres vivos. En su obra "**el origen de las especies**" 1959.

- 1) Las poblaciones crecían exponencialmente.
- 2) El crecimiento tenía como límite la cantidad de recursos disponibles.
- 3) No existen dos individuos iguales (**variabilidad**).
- 4) La variabilidad es **Hereditaria**.
- 5) Los "más aptos", los que se adaptan a las adversidades sobreviven y tienen más probabilidad de reproducirse.
- 6) Tras muchas generaciones, el proceso de **selección natural** que favorece a la aparición o eliminación de algunos rasgos y el éxito reproductivo, conducirá a nuevas especies.



TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL

VARIABILIDAD

HERENCIA

SELECCIÓN NATURAL



- GENÉTICA**
- Leyes de Mendel
 - Genética de Poblaciones
 - Genética Molecular

- SISTEMÁTICA**
- Concepto biológico de especie

- PALEONTOLOGÍA**
- Gradualismo
 - Continuidad
 - Relación filogenética

«... — Fíjate en el mono —le dije—. En realidad no es ni un chimpancé, ni un gorila, ni un mico, ni simio conocido alguno, más bien parece un hombre disfrazado de mono. Lo más curioso consiste en que esa cara patilluda corresponde a un personaje real: ¿quién?

Se detuvo mirando la etiqueta con cierta atención.

— No sé quién puede ser —contestó.

— La historia es muy hispana —dije en tono jocoso—. La cara es la de Darwin. Ya sabes... cuando Darwin expuso su teoría de la evolución, todos los curas del mundo, especialmente los que lucen sotana, pusieron el grito en el cielo: “Del mono descenderá él”, vocearon. Este fabricante de Badalona lo único que hizo fue llevar a su etiqueta de anís esa estúpida frase...». Fragmento de la novela de Joaquín Leguina, *Tu nombre envenena mis sueños*. Plaza y Janés, 1992. La etiqueta es obra del pintor Ramón Casas (1866-1932). (Fotografía reproducida con la autorización de Osborne y Cia, S. A.).



Figura 4.10

3- TEORIA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN

- En la primera mitad del siglo XX se sucede toda una serie de descubrimientos en el campo de la **Genética** (variaciones actúa selección natural, mutaciones), la **Sistemática** (concepto biológico de especie) y la **Paleontología** (datos aportados registro fósil) que **consolidan definitivamente la Teoría de la Evolución por selección natural.**
- **Concepto biológico de especie (Ernst May, 1942):** conjunto de poblaciones naturales de organismos que forman una comunidad reproductivamente aislada de otras comunidades de organismos. Reflejan distintas adaptaciones al medio.

- **Teoría sintética de la evolución:** Explica la evolución por selección natural que integra los principios y datos de la genética mendeliana y molecular con los de la teoría de la evolución de Darwin o darwinismo; el término neodarwinismo es un sinónimo, así como el de síntesis moderna.

4- MECANISMOS DE LA EVOLUCIÓN

4.1- GENÉTICA DE POBLACIONES

- **Genética de Poblaciones:** Cada individuo es una combinación única del conjunto de *alelos* de un cromosoma; los alelos se originan por mutación; cada alelo de un gen codifica una variante diferente del mismo enzima existentes en la población para cada uno de los loci que conforman el genoma de una especie.
- Es sobre esa combinación única, el individuo, sobre la que, como ya apuntó Darwin, actúa la selección natural validando o no la adecuación al ambiente del juego de alelos que la recombinación génica produjo durante la formación de los gametos que finalmente se fusionaron para darle origen.
- La consecuencia es que **unos alelos tendrán mayor representación que otros en las siguientes generaciones.** Esta alteración continuada en el tiempo es una de las causas de la aparición de nuevas especies.
- **La evolución**, por tanto, es consecuencia de los cambios que se producen en las *frecuencias alélicas* (frecuencia de un alelo concreto de un gen en la población).

¿Qué ocurre con la variabilidad genética a lo largo del tiempo, en el acervo génico de las poblaciones?

Utilizamos la genética de poblaciones donde se estudia la población que comparte el mismo espacio y tiempo.

a) **FRECUENCIA GENOTÍPICA:** frecuencia de un determinado genotipo en la población en relación con un locus concreto. $d + h + r = N$

Las **frecuencias genotípicas** para un locus determinado. En este caso los distintos genotipos (*genotipo*: constitución genética de un individuo o combinación de alelos en un locus concreto de los dos cromosomas homólogos), se han representado con distintos colores. Si dividimos el número de individuos de un determinado color entre el total de individuos obtendremos la frecuencia de cada uno de los genotipos: 0,5 para los individuos azules; 0,3 para los verdes; y 0,2 para los amarillos.

Resolvemos: $d + h + r = N \longrightarrow 0,3 + 0,2 + 0,5 = 1$

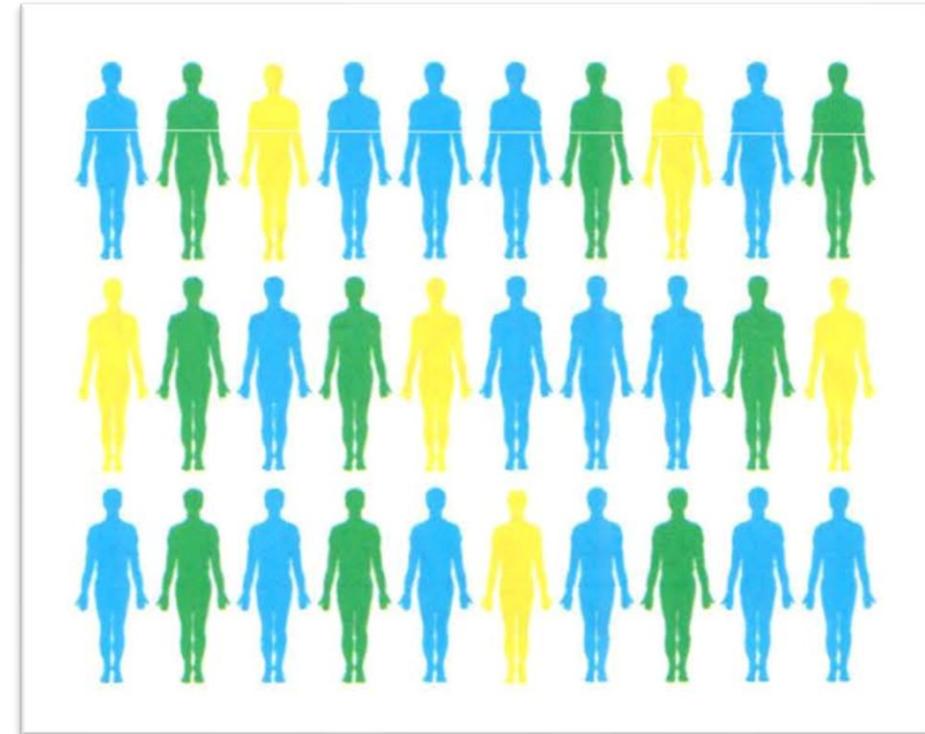
¿Cuántos individuos hay en total? $N = 30$

¿Cuántos individuos hay verdes? 9 $9/30 = 0,3$ (frecuencia genotípica)

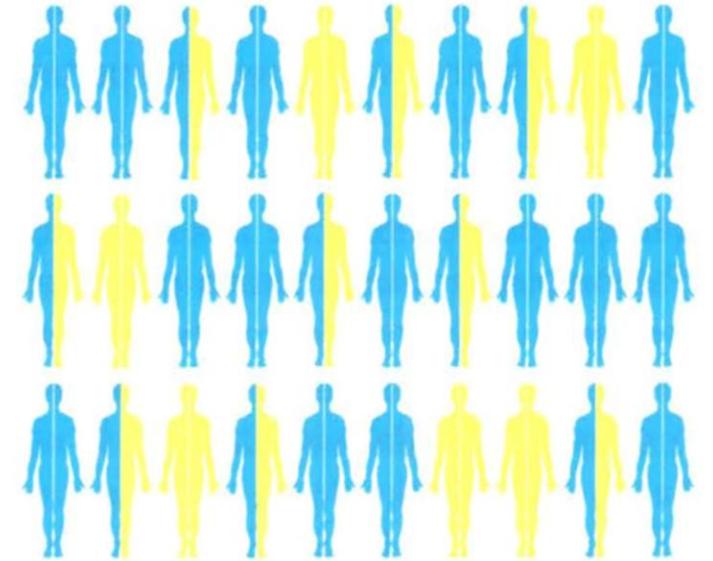
¿Cuántos individuos hay amarillos? 6 $6/30 = 0,2$ (frecuencia genotípica)

¿Cuántos individuos hay azules? 15 $15/30 = 0,5$ (frecuencia genotípica)

Para calcular la frecuencia relativa (total individuos de una población N), calculamos el cociente entre su **frecuencia absoluta** (d,h,r) y el total de individuos (N).



b) FRECUENCIAS GÉNICAS O ALÉLICAS



¿Qué representación tiene un alelo en una población?

Partiendo de una **población diploide**, esto quiere decir que en cada individuo existen **dos copias**, iguales o diferentes, para cada locus.

Por este motivo, si el número de individuos en la población es N , el número total de alelos será **$2N (2d + 2h + 2r)$** .

¿Cuál será la frecuencia de cada alelo?

Población N

Alelos número total $2N (2d+2h+2r)$

Homocigotos (el doble de alelos A_1A_1 , es decir $2N$)

Heterocigotos (h alelos A_1)

- 15 azules (homocigotos) $2d A_1$ ($2 \cdot 15 = 30$) (A_1A_1)
- 9 amarillos y azules (heterocigotos) h alelos A_1 no el doble! (A_1A_2)
- 6 amarillos (A_2A_2)
- Total individuos 30

Resolvemos :

frecuencia del alelo responsable del pigmento azul :

$(30+9/60) = 0,65$ (2 N IGUAL A 60 homocigoto)

La frecuencia del alelo responsable del pigmento amarillo :

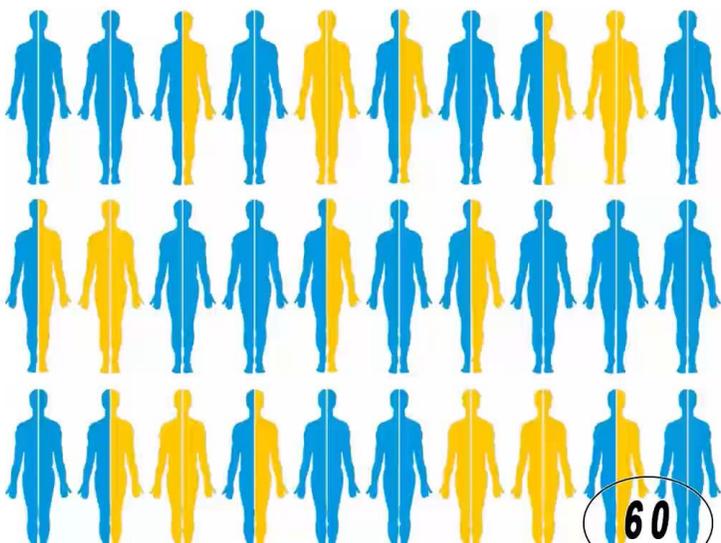
$(12 + 9)/60 = 0,35$

Las frecuencias alélicas. En este caso, cada individuo se ha representado dividido en dos mitades iguales o diferentes, dependiendo de los alelos que porte. La frecuencia de cada alelo **será el número de veces que está presente ese alelo dividido entre el número total de alelos que hay en la población**. Hay 30 alelos responsables del pigmento azul en los personajes enteramente azules, a los que hay que sumar 9 de los que portan los heterocigotos. Por tanto, su frecuencia es de $0,65$ ($30 + 9/60$]. La frecuencia del alelo responsable del pigmento amarillo es $0,35$, $(12 + 9)/60$.

Frecuencias génicas o alélicas (paso a paso)



Alelos A_1 :
 $15 \times 2 = 30$
 $+9$
 Total = 39



$p = 39/60 = 0,65$

Alelos A_2 :
 $6 \times 2 = 12$
 $+9$
 Total = 21

$q = 21/60 = 0,35$

$$p = 0,65$$

$$q = 0,35$$

$$p + q = 1$$



$$p = \frac{2(15) + 9}{2(30)} = \frac{2(15)}{2(30)} + \frac{9}{2(30)}$$

$$p = \frac{15}{30} + \frac{1}{2} \times \frac{9}{30}$$

Frec. genotípica de $A_1A_1 = 15/30 = 0,5$

Frec. genotípica de $A_1A_2 = 9/30 = 0,3$

$$p = D + \frac{1}{2} H \Rightarrow p = 0,5 + \frac{1}{2} 0,3 = 0,5 + 0,15 = 0,65$$

$$q = \frac{6}{30} + \frac{1}{2} \times \frac{9}{30}$$

Frec. genotípica de $A_2A_2 = 6/30 = 0,2$

Frec. genotípica de $A_1A_2 = 9/30 = 0,3$

$$q = R + \frac{1}{2} H \Rightarrow q = 0,2 + \frac{1}{2} 0,3 = 0,2 + 0,15 = 0,35$$

$$p = D + \frac{1}{2} H$$

$p = 0,65$

$q = 0,35$

$p + q = 1$

$$q = R + \frac{1}{2} H$$

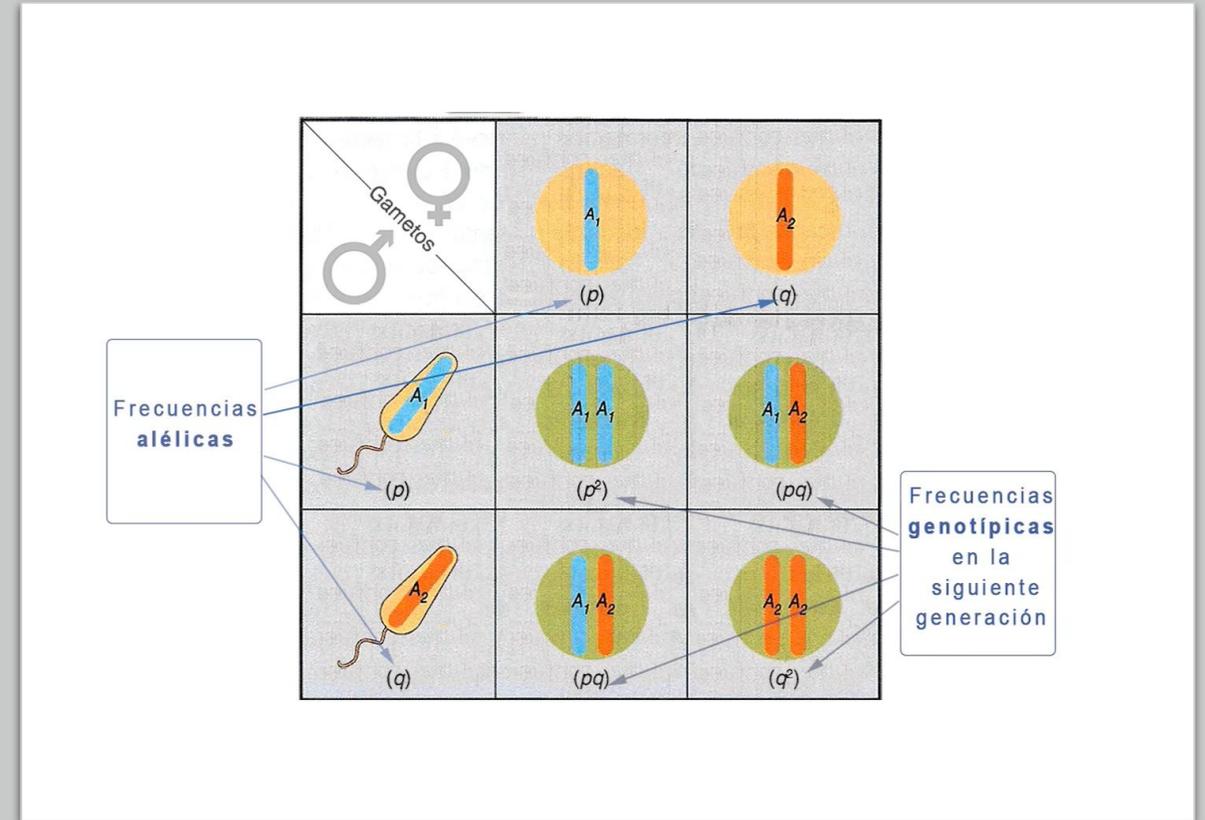
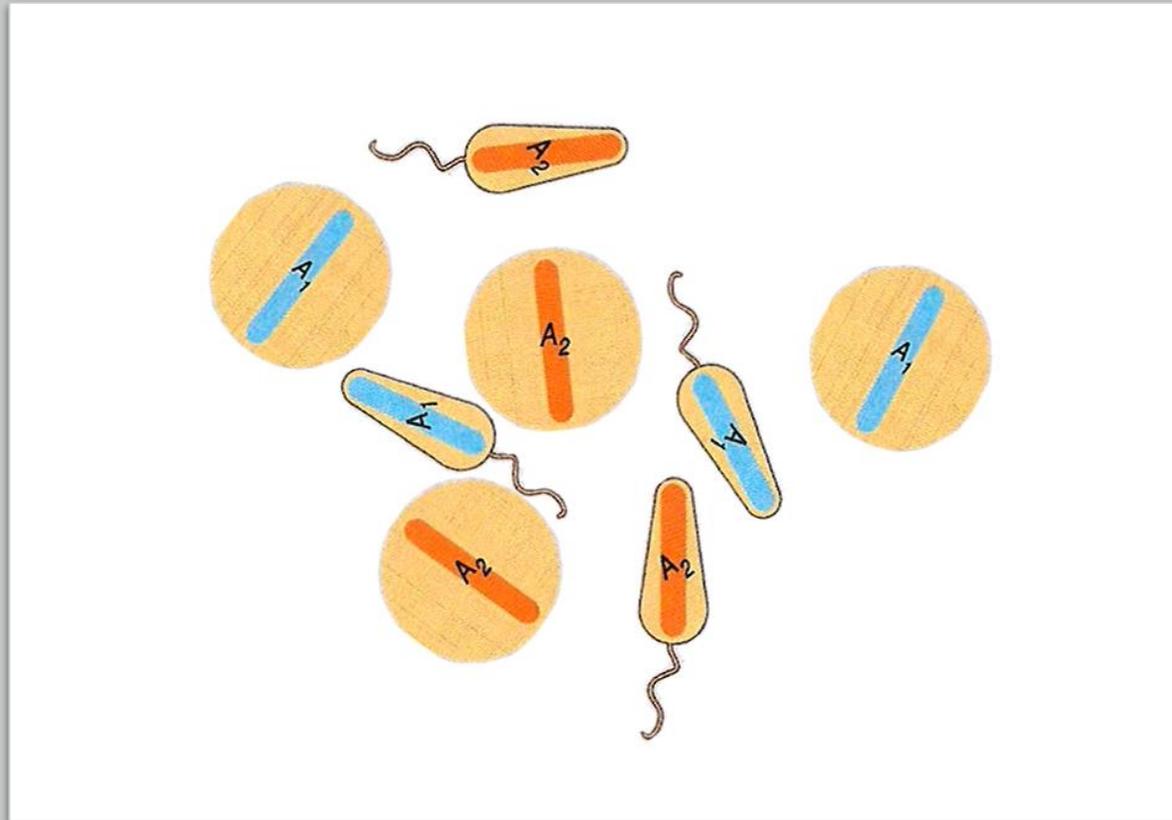
c) Ley del Equilibrio de Hardy-Weinberg

Después de calcular la frecuencia de alelos o genotipos, podemos comprobar si hay algún factor que afecte al equilibrio de estos.

- **Demostró matemáticamente que las frecuencias génicas y genotípicas de una población se mantendrán constantes generación tras generación si se cumple lo siguiente:**

- I. El tamaño de la población sea lo suficientemente grande (muestra de poblaciones $N=100$; a mayor menos sesgos).
- II. Todos los individuos tienen la misma probabilidad de aparearse.
- III. No hay cambios de inmigración o emigración.
- IV. No hay diferencias en la capacidad reproductora (fertilidad y la variabilidad de los genotipos es la misma).
- V. No aparecen nuevos alelos a partir de los anteriores, ni estos se transforman.

- A) Después de la meiosis que culmina con la formación de los gametos. Por ejemplo, para el locus A masculino o femenino aportara uno de los dos alelos de este locus, el A1 o el A2.
- B) En una población, si colocamos en un cuadro de Punnett los dos posibles gametos (femenino o masculino) para cada locus, sabremos la posible frecuencia tanto alélicas como fenotípicas en la siguiente generación.



c) Ley del Equilibrio de Hardy-Weinberg

$$p + q = 1$$

$$q = 1 - p$$

$$p = 1 - q$$

Frecuencia genotípica de $A_1A_1 = D$

Frecuencia genotípica de $A_1A_2 = H$

Frecuencia genotípica de $A_2A_2 = R$

$$D + H + R = 1$$
$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$D = p^2 \longrightarrow p = \sqrt{D}$$

$$R = q^2 \longrightarrow q = \sqrt{R}$$

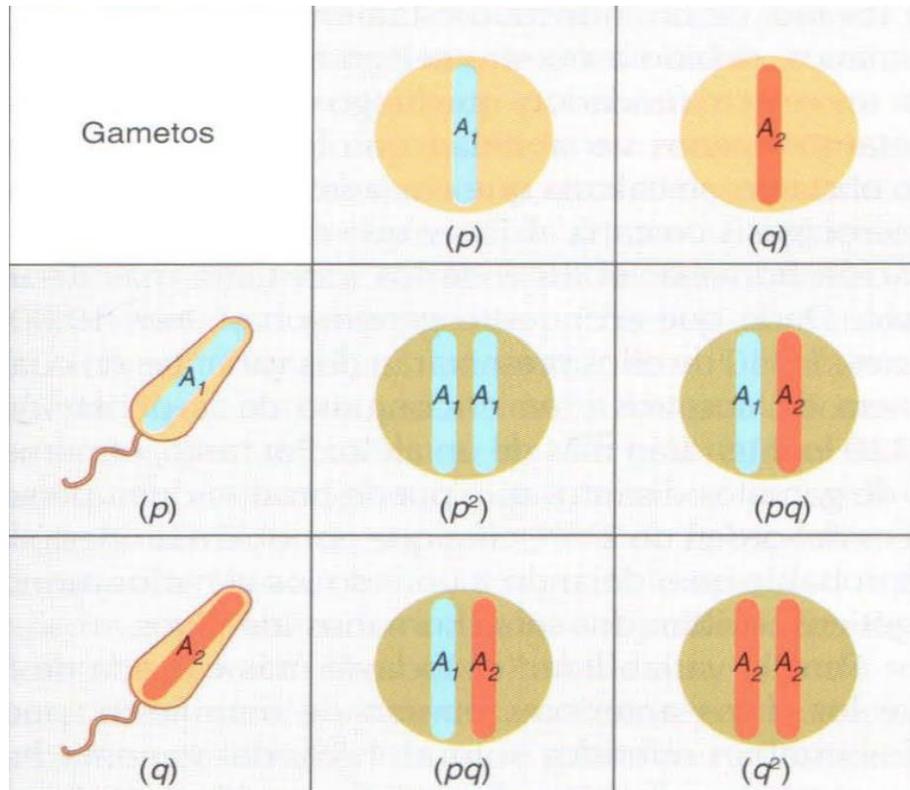
$$H = 2pq$$

$$p = \frac{H}{2q}$$

$$q = \frac{H}{2p}$$

Entre los factores que alteran ese equilibrio cabe destacar a la **mutación**, que originan nuevos alelos, incrementando con ello la variabilidad, y los **distintos tipos de selección natural**, que potenciarán o disminuirán la presencia de determinados alelos en las poblaciones a lo largo del tiempo.

c) Ley del Equilibrio de Hardy-Weinberg



Si colocamos en un **tablero de Punnett** los distintos gametos que pueden formarse en una población para un determinado locus y sus respectivas frecuencias alélicas, obtendremos los cuatro posibles cigotos que se pueden formar tras la fecundación y la frecuencia genotípica de cada uno de ellos:

- **Homocigotos para el alelo A1** $p \times p = p^2$
- **Heterocigotos** $(p \times q) + (q \times p) = 2pq$
- **Homocigotos para el alelo A2** $q \times q = q^2$

por tanto, $p^2 + 2pq + q^2 = 1$.

D = p²; H = 2pq y R = q²

D (A1A1) = p^2	homocigotos	D
H (A1A2) = $2pq$	heterocigotos	H
R (A2A2) = q^2	homocigotos	R

c) Ley del Equilibrio de Hardy-Weinberg

¿Cuándo una población no está en equilibrio?

- Cuando sus frecuencias genotípicas o alélicas no coincidan con lo esperado.

Figura 4.14

Representación gráfica de las relaciones entre las frecuencias alélicas y genotípicas en una población en equilibrio. En estas condiciones, para cualquier gen con dos alelos, con sólo conocer la frecuencia de uno de los alelos podemos saber la de los distintos genotipos posibles. A modo de ejemplo, se comprueba que con una frecuencia del alelo A_2 de 0,4 las frecuencias genotípicas de equilibrio son: 0,36 para A_1A_1 ; 0,48 para A_1A_2 y 0,16 para A_2A_2 .

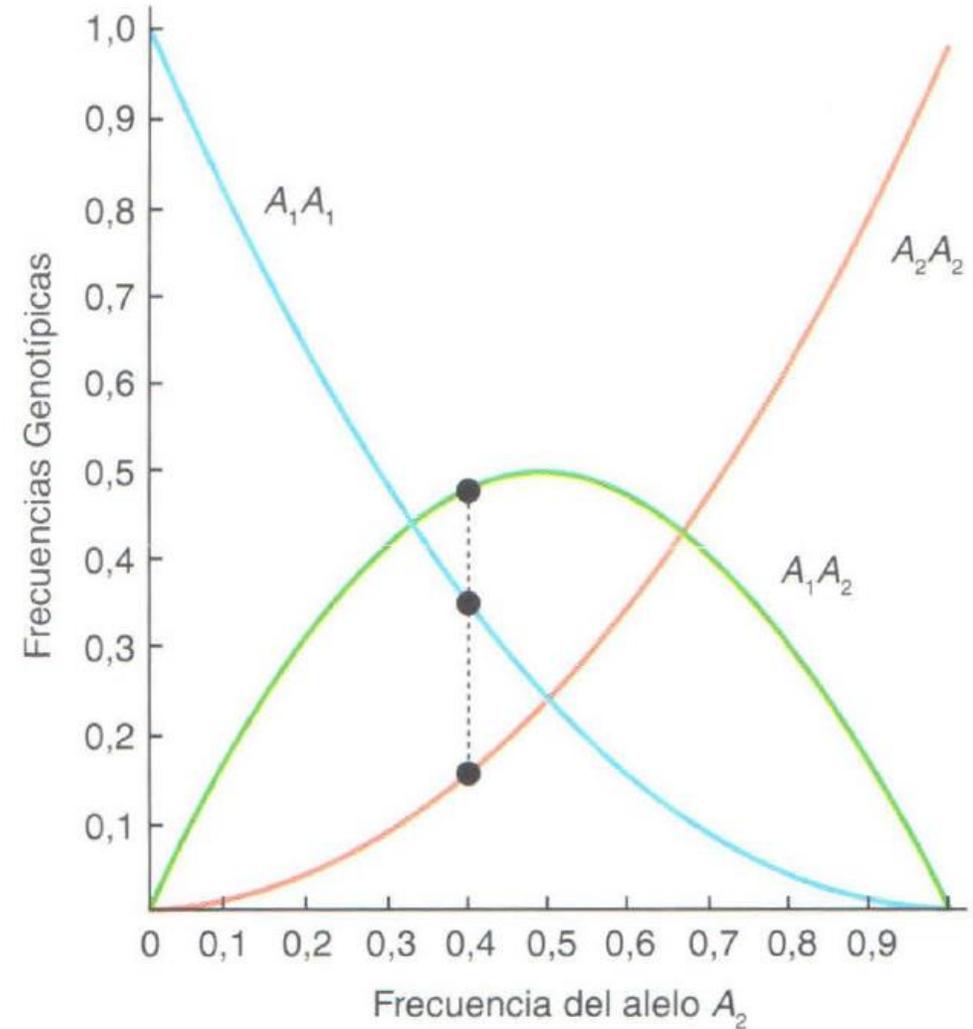


Figura 4.14

4.2- La Variabilidad Genética

- **Mutación:** Cualquier cambio en la secuencia de bases del ADN o en su cantidad; cuando es un cambio de una base por otra se habla de **mutación puntual (polimorfismo de nucleótido simple o SPN)**; (a veces, ese cambio da lugar a un triplete de finalización, en cuyo caso se habla de mutación sin sentido, o bien, ese cambio de base ocasiona la formación de un triplete que codifica un aminoácido, con lo que la proteína resultante se hace más larga; en este caso se habla de mutación con sentido). **Es la materia prima sobre la que actúa la selección natural, ya que es el origen de la variabilidad genética.**

Recombinación génica: variabilidad con resultado de alterar las frecuencias alélicas y genotípicas.

Polimorfismos de un único nucleótido: Se refiere a la variabilidad genética en la población humana debida a cambios en un único nucleótido y que se hoy en día se pone de manifiesto gracias a diversos procedimientos de la biología molecular. También es conocida como SNPs, de Single Nucleotide Polymorphism en inglés.

Sesgo de codón : Hay codones que no son tan eficaces que otros, no sucede por azar. Sesgo consecuencia de la selección natural

4.2- La Variabilidad Genética

A) *Carácter Preadaptativo de la Mutación*

- **La mutación ocurre por azar**, del ambiente que tenga que estar expuesto.
- **La mutación tiene un carácter preadaptativo** porque ocurre con independencia y anterioridad de su posible función adaptativa.

B) *Migración y la Deriva Genética*

- **Dos factores que alteran el equilibrio génico:**
- 1) **la migración** (de individuos): flujo de alelos de alelos hacia dentro o fuera de la población. Frecuencias alélicas distintas en 2 poblaciones produce cambios alélicos.
- 2) **deriva genética**: cuando las frecuencias cambian por azar. De esto se producen dos efectos:
- **Efecto fundador**: cuando se establece una población a partir de muy pocos individuos.
- **Efecto de cuello de botella**: disminuye la variabilidad provocando la extinción de la especie.

4.3- Selección Natural

EFICACIA BIOLÓGICA (fitness)



W

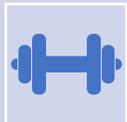


Darwin describió a los individuos cuya descendencia representa el mayor porcentaje de la población en la siguiente generación como los **más aptos** (more fit).



A esa aptitud relativa se le denomina también **eficacia biológica** (fitness) y suele representarse con la letra **w**.

La eficacia biológica o aptitud es la medida de la **cantidad de genes que un individuo trasmite a la siguiente generación**.



Es, por tanto, la aptitud una herramienta útil y sencilla para *evaluar el efecto de la selección natural en las poblaciones*.

¿Cómo se calcula la eficacia biológica?

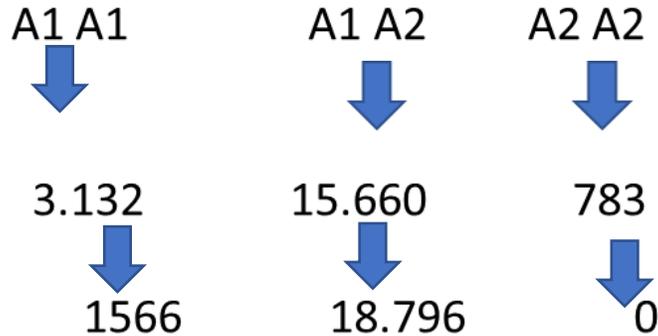
$$w = n/N$$

donde n= generación filial

N: generación parental



A modo de ejemplo: supongamos una población de 19.575 individuos en total. De los cuales.



El genotipo A1A2 es el que aporta mayor promedio a la siguiente generación = 1,2
La eficacia biológica se calcula dividiendo el promedio de sus descendientes por el valor promedio con más descendientes. En nuestro caso el A2A2 es 1

El valor de la eficacia biológica estará comprendido entre 1, que será el del genotipo con más descendientes, y 0, que será la eficacia biológica de un genotipo letal.

¿Cómo se calcula el coeficiente de selección? $s = 1-w$



	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂
Generación Parental	3.132	15.660	783
Generación Filial	1.566	18.792	0
Promedio de descendientes	1.566 / 3.132 = 0,5	18.792 / 15.660 = 1,2	0 / 783 = 0
Eficacia biológica (w)	0,5 / 1,2 = 0,42	1,2 / 1,2 = 1	0 / 1,2 = 0
Coeficiente de selección (s)	1 - 0,42 = 0,58	1 - 1 = 0	1 - 0 = 1
Disminución de w	58%	0%	100%

4.3.1 Tipos de Selección Natural

La **aptitud, adecuación biológica o eficacia biológica** (en inglés fitness, denotada a menudo como **w** en los modelos de genética de poblaciones) es el número de descendientes probables que tiene un organismo a lo largo de su vida.

¿Cómo dos alelos dentro de un genotipo pueden interactuar para determinar la aptitud fenotípica de un organismo?

Selección negativa o selección depuradora

↓ w

Selección positiva o diversificadora

↑ w

1- SELECCIÓN NEGATIVA O DEPURADORA: disminuye la **eficacia biológica**, elimina los alelos causantes una drástica reducción de la tasa de reproducción .

2- SELECCIÓN POSITIVA O DIVERSIFICADORA: incrementa la **eficacia biológica**, preserva alelos beneficiosos favorece el éxito reproductivo.

Tabla 4.1 Tipos de selección natural atendiendo a la eficacia biológica del genotipo

Tipo de selección	Eficacia del genotipo		
	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
Selección simple negativa o depuradora (A₂ es recesivo)	1	1	1-s
Selección simple negativa o depuradora (A₂ es dominante)	1	1-s	1-s
Selección simple positiva o diversificadora (A₂ es dominante)	1-s	1	1
Selección simple positiva o diversificadora (A₂ es recesivo) ←	1-s	1-s	1

Ojo! Cuando nos encontramos con un loci diploide (humanos) , debemos de tener en cuenta el impacto de las mutaciones y como actúa la selección natural en la fijación o eliminación de nuevos alelos .

El alelo deletéreo o letal es el que porta la secuencia genética que causa la muerte. El gen que, al mutar, puede producir un fenotipo letal se conoce como gen esencial. **Un gen deletéreo genera modificaciones en la expresión fenotípica.**

4.3.1 Tipos de Selección Natural

3- SELECCIÓN CODOMINANTE:
 efecto de los genotipos heterocigotos ($A_1 A_2$) y homocigotos recesivos ($A_2 A_2$).
Disminuye la eficacia biológica w

4- SOBREDOMINANCIA O SUPERIORIDAD DEL HETEROCIGOTO:
 Un alelo aumenta la capacidad de un heterocigoto ($A_1 A_1$) **incrementa la eficacia biológica w**

5- SUBDOMINANCIA O SELECCIÓN CONTRA EL HETEROCIGOTO:
 Solo reduce la w de los heterocigotos
Disminuye la eficacia biológica w

Tabla 4.1 Tipos de selección natural atendiendo a la eficacia biológica del genotipo

Tipo de selección	Eficacia del genotipo		
	$A_1 A_1$	$A_1 A_2$	$A_2 A_2$
Selección simple negativa o depuradora (A_2 es recesivo)	1	1	$1-s$
Selección simple negativa o depuradora (A_2 es dominante)	1	$1-s$	$1-s$
Selección simple positiva o diversificadora (A_2 es dominante)	$1-s$	1	1
Selección simple positiva o diversificadora (A_2 es recesivo)	$1-s$	$1-s$	1
Selección codominante (A_2 es recesivo y deletéreo)	1	$1-s$	$1-2s$
Sobredominancia o Superioridad del heterocigoto	$1-s_2$	1	$1-s_1$
Subdominancia o Selección contra el heterocigoto	1	$1-s$	1

(Modificado de Jobling, M. et al., 2014).

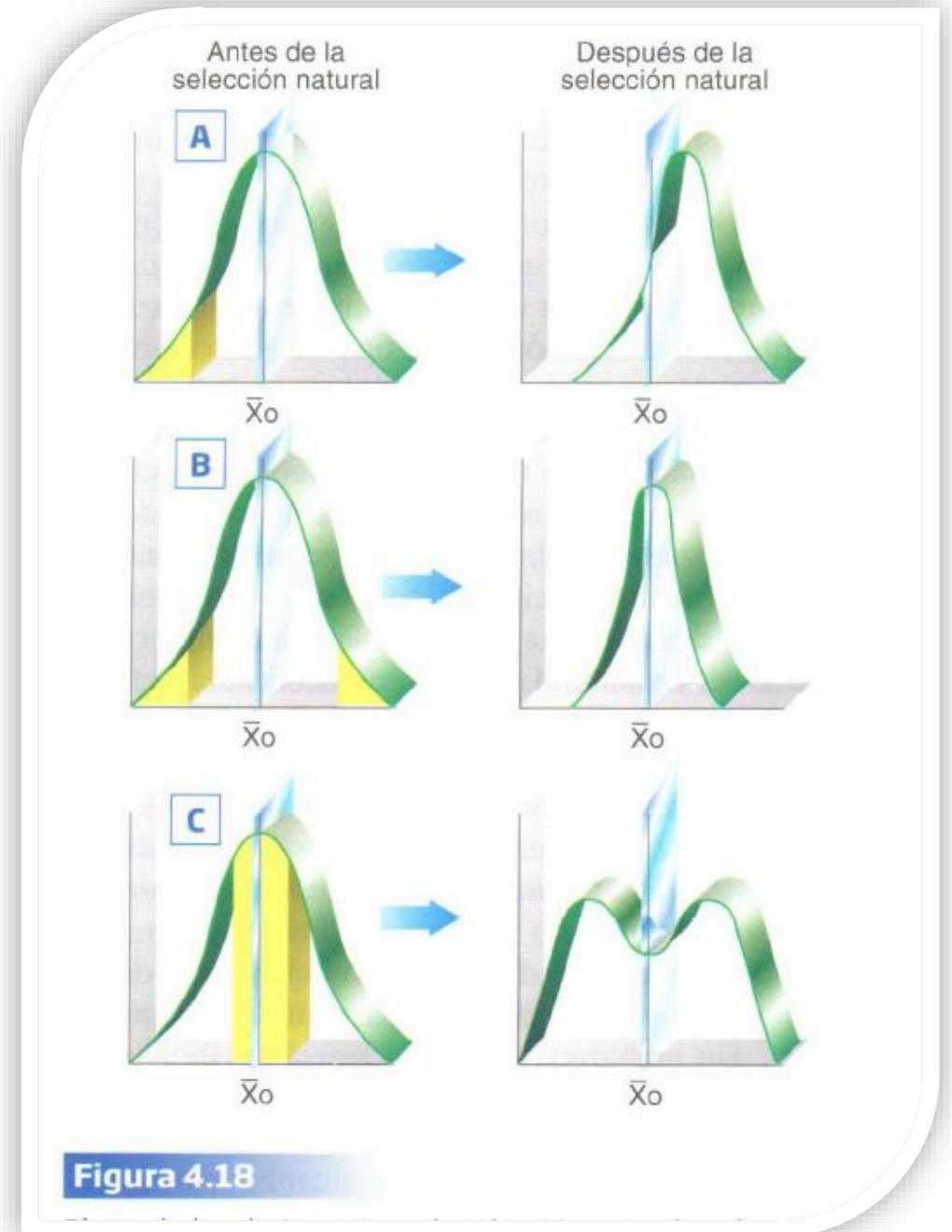
4.3.1 Tipos de Selección Natural

Cuando analizamos el efecto que la selección natural ejerce sobre la distribución fenotípica de una población, se distinguen tres tipos de selección natural: DIRECCIONAL, ESTABILIZADORA, DISRUPTIVA.

Cuando la selección natural actúe sobre fenotipos que poco tengan que ver con la supervivencia, pero sí mucho con la obtención de una pareja reproductora, hablaremos de selección sexual.

FIG. 4.18 _ Efecto de los distintos tipos de selección natural en función de su actuación sobre la distribución fenotípica de una población.

- A. Efecto de la selección natural direccional.
 - B. Efecto de la selección natural estabilizadora
 - C. Efecto de la selección natural disruptiva.
- x_0 : Media de la población original.



4.3.1 Tipos de Selección Natural

A) SELECCIÓN NATURAL DIRECCIONAL

- Disminuye la frecuencia de aquellos individuos de una población que presentan una característica situada en uno de los extremos de su distribución fenotípica (Fig. 4.18A).
- Provoca que la media del rasgo se desplace hacia el extremo opuesto al eliminado.

Ejemplo: **melanismo industrial** (aumento de variantes pigmentación oscura en diversas mariposas alteradas por la contaminación).

B) SELECCIÓN NATURAL ESTABILIZADORA

- actúa en contra de los individuos de ambos extremos de la distribución fenotípica de una población, favoreciendo el mantenimiento de las características intermedias de la misma (Fig. 4.18B).
- Cuando el ambiente es uniforme en el espacio y el tiempo este tipo de selección actúa provocando la permanencia de las características más comunes, limitando con ello el grado de variabilidad y que la población permanezca sin cambios.

Ejemplo: **nuestro peso al nacer**. El peso de la mayoría de recién nacidos es parecido, los que obtienen pesos superiores o inferiores presentan mas tasas de mortalidad.

C) SELECCIÓN NATURAL DISRUPTIVA:

- Actúa a favor de los individuos de los extremos de la distribución fenotípica de una población y en contra de los individuos con fenotipo intermedio (Fig. 4.18C).

Ejemplo: 1) Mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), con variantes enzimáticas resistentes climas calientes/fríos, la selección natural favorece a las moscas con fenotipos extremos (caliente o frio) eliminando los intermedios. **2) Variaciones pico pinzones Darwin otro ejemplo.**

4.3.1 Tipos de Selección Natural

D) SELECCIÓN SEXUAL:

- Lucha de los individuos de un sexo por acceder al otro para reproducirse

Ejemplo: dimorfismo sexual (variaciones en la fisonomía externa, como forma, coloración o tamaño, entre machos y hembras de una misma especie). En humanos: fuerza física, tamaño corporal, tono de la voz, etc.

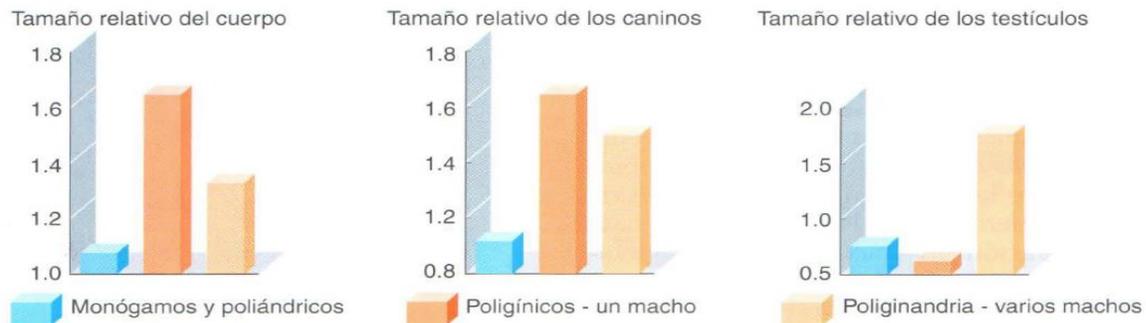


Figura 4.22

Dimorfismo sexual en primates respecto al tamaño corporal, el tamaño de los caninos y el tamaño de los testículos, en grupos sociales monógamos o poliándricos, poligínicos y un sólo macho y grupos sociales de varios machos (poliginandria) y varias hembras que copulan indiscriminadamente. (Adaptado de Mace, 1992).

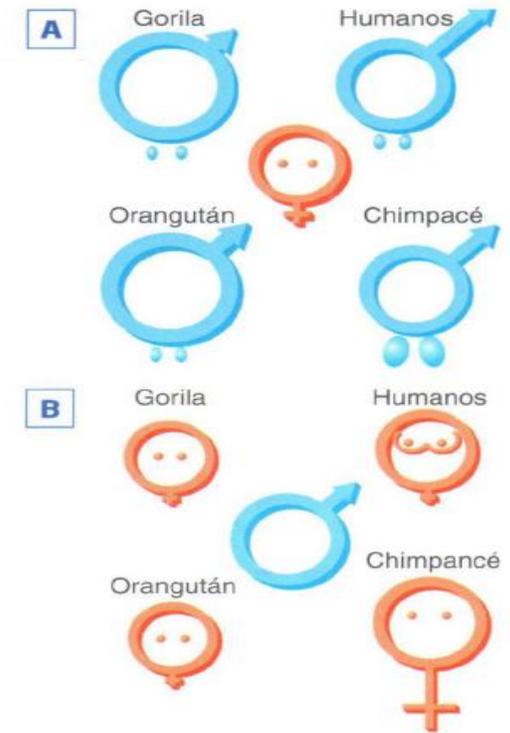


Figura 4.21

Dimorfismo sexual en relación al tamaño corporal en cuatro especies de primates, el gorila, el orangután, el chimpancé y el hombre. Asimismo, se compara el tamaño del pene en erección, los testículos, las mamas y el perineo entre esas mismas especies.

A. Los círculos muestran el tamaño de los machos de las cuatro especies respecto al de una hembra típica (símbolo central), así como el tamaño relativo de los testículos y el pene erecto (flecha del círculo). **B.** Los círculos muestran el tamaño de las hembras de las cuatro especies respecto al del macho típico (símbolo central), el desarrollo relativo del perineo antes del primer embarazo (cruz debajo del círculo) y de las mamas. (Adaptado de Dunbar, 1992).

4.3.1 Tipos de Selección Natural

E) POLIMORFISMOS EQUILIBRADOS:

E1) SUPERIORIDAD DEL HETEROCIGOTO

- La superioridad del heterocigoto (A1A2) ocurre cuando la selección natural actúa contra ambos homocigotos (A1 A1); (A2A2), aumentando la eficacia biológica de los heterocigotos. Es decir, es un caso de **sobredominancia** (Tabla 4.1).
- la población será polimórfica para el locus en cuestión, ya que los heterocigotos aportarán en cada generación un 50% de sus gametos con cada alelo.

Ejemplo: La **anemia falciforme o drepanocítica** (conduce a la muerte antes de alcanzar la edad reproductora).

- alelo normal: HbA
- alelo causa anemia falciforme: HbS
- En consecuencia: las personas que son homocigotas para el alelo falciforme (HbS HbS) mueren generalmente antes de alcanzar la madurez sexual, es decir, su eficacia biológica es nula. Por su parte, las personas heterocigotas (HbA HbS) padecen una anemia suave y tienden a manifestar cierta fatiga con más facilidad cuando hacen ejercicios violentos, no obstante, alcanzan la edad reproductora y ven poco alterada su eficacia biológica

E2) SELECCIÓN NATURAL DEPENDIENTE DE FRECUENCIA

- Selección cuyo efecto sobre la aptitud depende de la frecuencia del genotipo (o fenotipo) en la población.
- **“Lo distinto resalta”**

Ejemplos: 1) Polimorfismos (polimorfismo de determinados loci de este MHC), alelos con baja frecuencia se mantienen por tener ventaja selectiva contra otros patógenos.

2) mosca de la fruta del género *Drosophila* (ojos distintos más atractivos dejan mas descendencia por su característica “rara” llama más la atención).

3) Relación depredador-presa: los depredadores eligen a su presa como las más comunes haciendo que la eficacia biológica de estos disminuya , y que los distintos inviertan el ciclo.

4.4- Especiación

- **Especiación:** Proceso que da como resultado la aparición de nuevas especies a partir de otras ya existentes.
- **Macroevolución:** Aparición de una nueva especie.
- **Concepto biológico de especie:** comunidad de organismos reproductivamente aislada cuyos miembros pueden cruzarse entre sí y obtener descendencia fértil

DOS MECANISMOS ESPECIACIÓN:

- 1) **ANAGÉNESIS O EVOLUCIÓN FILÉTICA:** especies que han ido cambiando a lo largo del tiempo pertenecientes a la misma especie que la original
- 2) **CLANIGÉNESIS:** divergencia genética que origina varias ramas o clados, resultando por dos poblaciones distintas y reproductivamente aisladas: las nuevas especies . **Fig. 4.25**

1) Especiación alopátrica:

(Especiación resultante de la separación geográfica de poblaciones, “en otro lugar”)

2) Especiación simpátrica:

(Especiación que se produce cuando las poblaciones comparten el mismo espacio geográfico.)

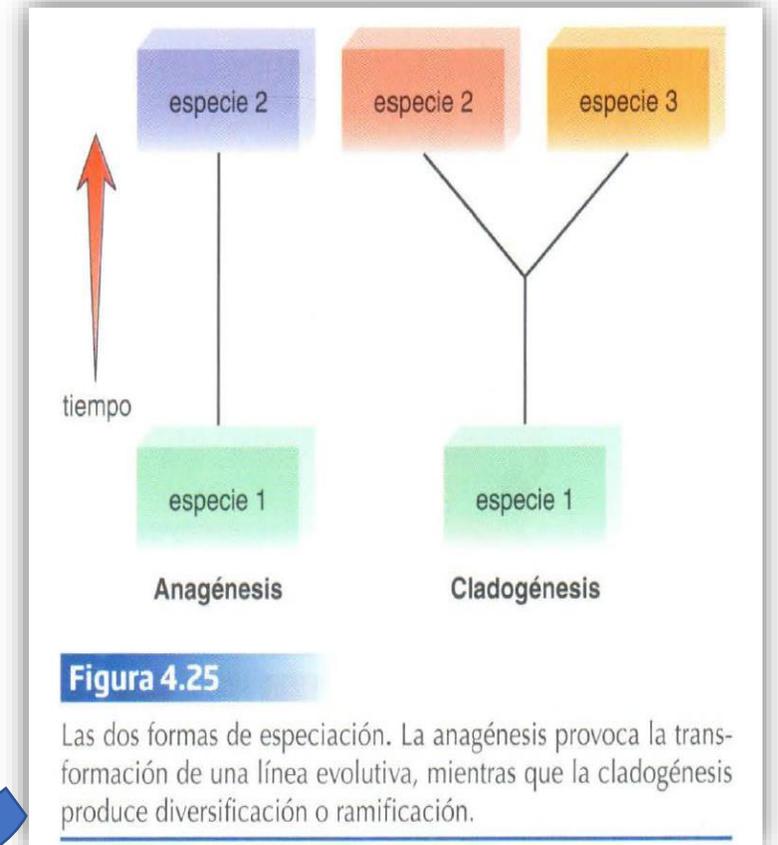
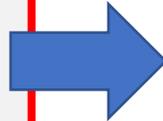


Figura 4.25

Las dos formas de especiación. La anagénesis provoca la transformación de una línea evolutiva, mientras que la cladogénesis produce diversificación o ramificación.

Especiación Alopátrica o Geográfica (otra patria)

- El aislamiento de Australia (mamíferos comenzaban su andadura por la tierra), unos quedaron en Australia (marsupiales) y otros en el resto de continentes (placentados).
- Aparecen los **híbridos**, resultado de los miembros de una misma especie no duraderos en el tiempo.



Híbridos presentan una eficacia biológica nula aparecen los **Mecanismos de aislamiento postcigóticos** (impiden flujo genes de una especie a otra):

- 1) **inviabilidad del cigoto híbrido** (cigoto muere antes nacer)
- 2) **esterilidad del híbrido** (caballo y asno=mula)
- 3) **reducción de la viabilidad del híbrido** (débiles y mortalidad alta)

Mecanismos de aislamiento precigóticos (impiden los cruces entre diferentes especies y favorecen a los individuos genéticamente equivalentes):

- 1) **Aislamiento etológico:** (conductas que proporcionen la cópula, con tal especificidad que ahuyenta a la otra especie y atraen a las mismas)
- 2) **Aislamiento estacional:** (periodos fertilización no coinciden en el tiempo)
- 3) **Aislamiento mecánico:** Las características de los genitales de una y otra especie impiden la cópula.
- 4) **Aislamiento ecológico:** Ocurre cuando dos especies muy relacionadas explotan nichos ecológicos diferentes.
- 5) **Aislamiento gamético.** Este tipo de aislamiento hace que los gametos de distintas especies no se atraigan o resulten inviables en el tracto reproductor femenino.

Especiación Simpátrica (misma patria)

- Una de las formas de producir un cambio génico y al mismo tiempo provocar el aislamiento reproductivo necesario para que ocurra la especiación sin que intervengan barreras geográficas, es a través de **cambios en la dotación cromosómica. Es más habitual en plantas que en animales.**
- **Numerosas especies de trigo o algodón se han formado mediante este mecanismo.**

Ejemplo: Poliploidía

4.5- El Hecho de la Evolución

1) VARIACIÓN DE LA CANTIDAD DE ADN

El incremento de la cantidad de ADN parece ser la principal fuente de creación de nuevos genes y en parte también de evolución .

- **GENES HOMÓLOGOS**: descienden de una secuencia ADN ancestral común.
- **GENES PARÁLOGOS**: mutación de un gen que adquiere nuevas funciones.
- **GENES ORTÓLOGOS**: después de la especiación los genes homólogos presentes en la nueva especie sigue conservando la misma función que el gen común.

2) TIPOS DE EVOLUCIÓN

Comparación entre especies entre relación filogenética y semejanza en la función.

- **HOMOLOGÍAS**: semejanzas entre organismos por la herencia de un antepasado común.
- **ANALOGÍAS**: semejanza por la funcionalidad pero sin antepasado común.
- **EVOLUCIÓN CONVERGENTE**: El conjunto de procesos que conducen a cambios adaptativos que solucionan de una forma similar e independiente problemas semejantes (analogías).
- **EVOLUCION PARALELA**: nichos ecológicos similares
- **COEVOLUCIÓN**: relación entre depredadores/ presas o orquídeas /insectos poliniza.

4.5- El Hecho de la Evolución



Figura 4.30

Las alas de las aves, como las de esta golondrina y las de la mosca de la fruta, representan una solución equivalente a un mismo problema: la locomoción aérea. Sin embargo, las alas de ambos animales no son consecuencia de modificaciones de una estructura heredada de un antepasado común y por eso no son homólogas, sino análogas. Son un ejemplo de **evolución convergente**. FIG. 4.30



Figura 4.31

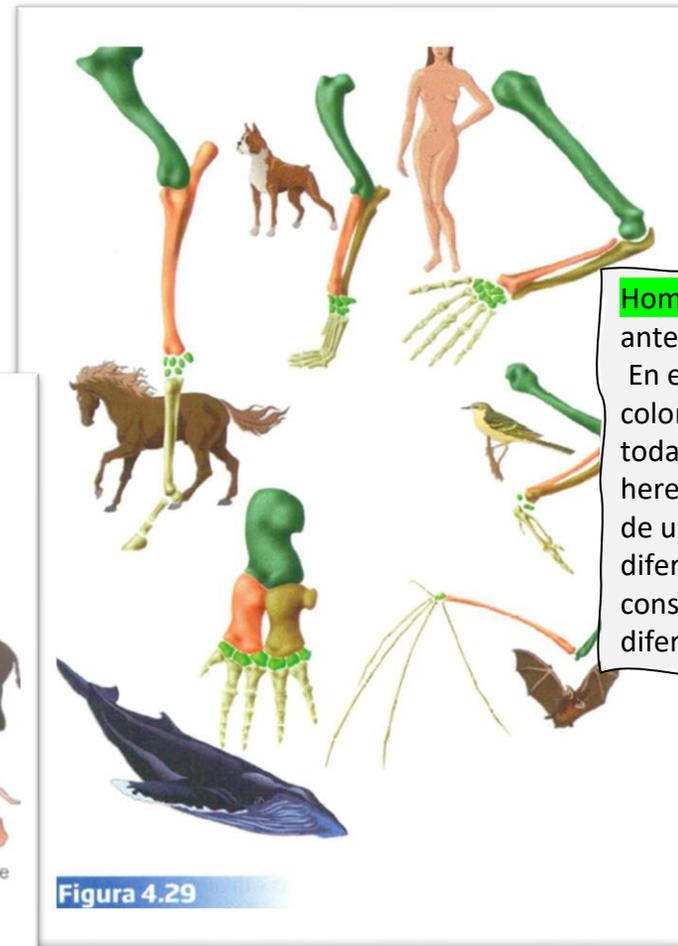


Figura 4.29

Homología de las extremidades anteriores de varias especies. En este caso, como se ilustra por los colores de los diferentes huesos, todas las extremidades son fruto de la herencia compartida de un antepasado común. Las diferencias de unas a otras son consecuencia de la adaptación a diferentes funciones. FIG 4.29

La utilización de nichos ecológicos similares ha conducido a adaptaciones muy parecidas en marsupiales y placentados. Por muy diferentes que parezcan dos marsupiales cualquiera, como por ejemplo la ardilla planeadora y el tigre dientes de sable, o dos placentados, como la ardilla voladora y el dromedario, filogenéticamente están más próximos entre ellos que, por ejemplo, el lobo (placentado) y el lobo de Tasmania (marsupial), a pesar del gran parecido que existe entre ellos. **Evolución paralela**. FIG. 4.31

4.5- El Hecho de la Evolución

3- Ritmo Evolutivo

Los procesos mencionados suelen ser lentos, aunque en ocasiones el ritmo del cambio se acelera como consecuencia de la transformación brusca del entorno o la llegada a un nuevo territorio. Cuando esto ocurre se produce lo que se denomina una **radiación adaptativa**.

La explosión cámbrica es un buen ejemplo, como lo es también el efecto fundador de la colonización de los pinzones de las islas Galápagos

4- La Extinción

El hecho de la evolución nos muestra la continuidad de la vida sobre nuestro planeta, pero también pone de manifiesto que el 99,9% de las especies que han existido han desaparecido, se han extinguido.

Esto implica que, dado un tiempo suficiente, la probabilidad de extinción de una especie alcanza la unidad.

Tarde o temprano todas las especies acaban desapareciendo.

Esta parece ser también una ley ampliamente corroborada.