

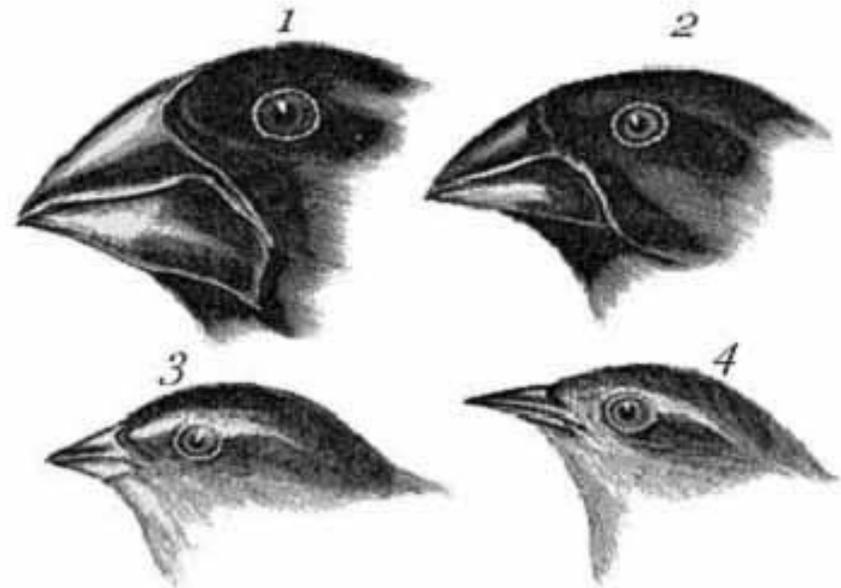
Curso de Evolución 2020

Facultad de Ciencias

Montevideo, Uruguay

<http://evolucion.fcien.edu.uy/>

<http://eva.fcien.udelar.edu.uy/>



5. **Selección natural. Principales tipos de selección sobre caracteres mendelianos sencillos** y sobre caracteres continuos. Balances entre deriva, flujo génico y selección.

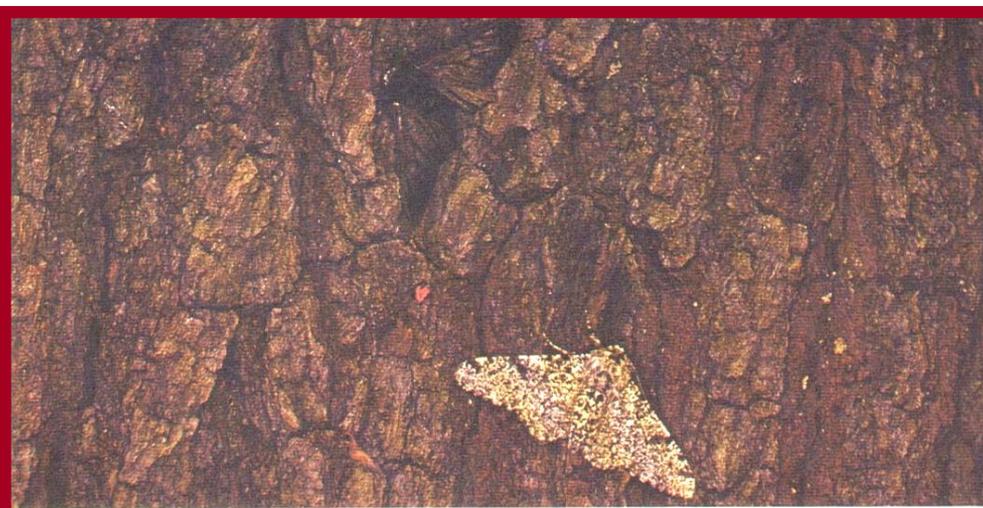
Mecanismo propuesto por Darwin en *El Origen de las Especies* (1859), para explicar la evolución de todas las formas de vida en la tierra:

“Como nacen muchos más individuos de una especie que los que posiblemente pueden sobrevivir, habrá entre ellos una recurrencia frecuente a la lucha por la existencia, que permite que cualquier ser, aunque varíe poco en cualquier manera que le sea beneficioso, bajo condiciones de vida complejas y a veces cambiantes, tendrá una mejor chance de sobrevivencia, y por lo tanto, será naturalmente seleccionado. Dado el fuerte principio de la herencia, cualquier variedad seleccionada tenderá a propagarse en su forma nueva y modificada”

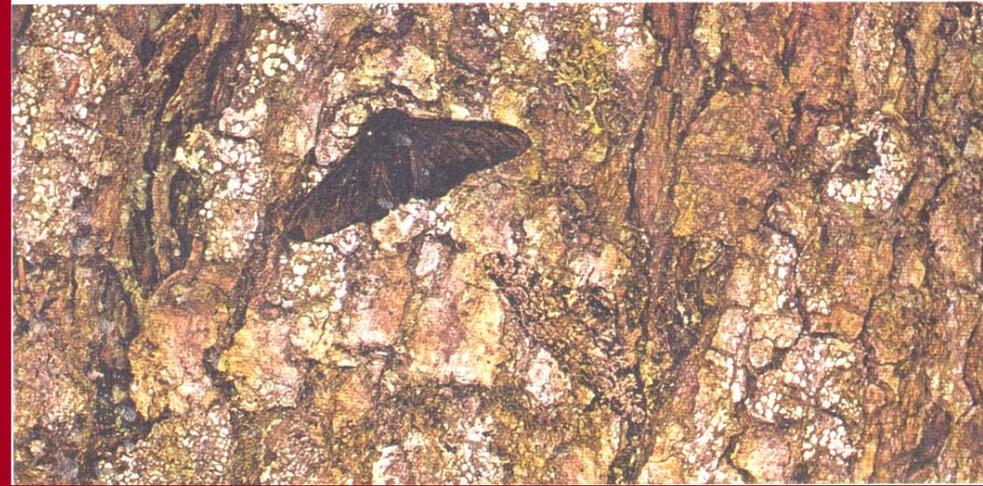
Es decir,

- En todas las especies, **se produce más descendencia de la que puede sobrevivir y reproducirse**
- Los organismos **difieren en su habilidad de sobrevivir y reproducirse, en parte debido a diferencias en sus genotipos**
- En cada generación, los genotipos que promueven la supervivencia y reproducción están presentes en exceso en la etapa reproductiva, y **contribuyen desproporcionadamente a la descendencia de la siguiente generación**
- Los alelos (o combinaciones alélicas) que potencian la supervivencia y reproducción **incrementan gradualmente su frecuencia** de generación a generación, y la población se vuelve progresivamente más capaz de sobrevivir y reproducirse en dicho ambiente... o estamos en una fase de equilibrio.

Biston betularia
(polilla moteada)



¿Cuántas ves?







Condiciones para la selección natural

Debe haber variación heredable que influya en la probabilidad de dejar más descendencia

Variación fenotípica entre los individuos de una población

Dicha variación **heredable**, parcialmente independiente del ambiente

Relación entre la variación y la **probabilidad de sobrevivir y/o reproducirse**

SELECCION (Vrba 1984)

Selección es la **interacción** entre variación **heredable** de caracteres **emergentes** y el **ambiente**, que causa diferencias en las tasas de nacimiento y/o muerte entre “individuos” a un nivel dado.

VARIACIÓN GENÉTICA

1) surge por **mutación** y **recombinación**

2) es al azar con respecto a la dirección de la adaptación

La eficacia darwiniana (fitness) es una medida del éxito reproductivo

Aquellos individuos que dejan el mayor número de descendencia que llega a la madurez, tienden a ser los más adaptados.

Esto se puede alcanzar de varias formas:

- a) **supervivencia / mortalidad diferencial**
- b) **fertilidad / fecundidad diferencial**
- c) **éxito de apareamiento diferencial (selección sexual)**

Selección natural, evolución y adaptación

La selección natural resulta
en la **ADAPTACIÓN**

PERO...

La selección natural puede explicar tanto
el **CAMBIO** como la **AUSENCIA DE CAMBIO**.

Y ADEMÁS...

Evolución sin selección:

Los cambios en la composición de las poblaciones pueden darse por otros procesos, como la deriva genética y el flujo génico

Selección sin evolución:

La selección mantiene un equilibrio en la población

Tipos de selección

a) Criterio 1

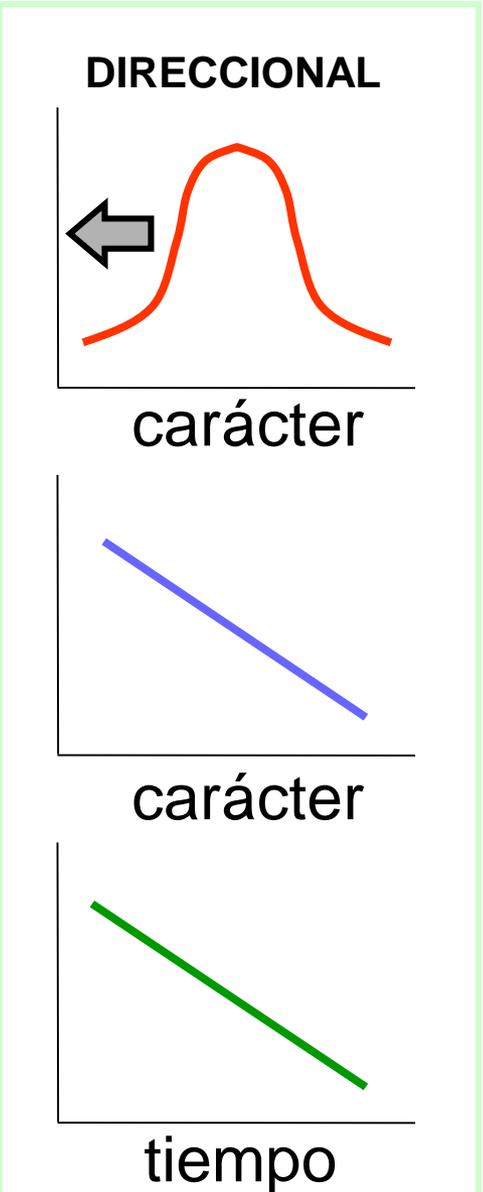
- sexual / no sexual

b) Criterio 2

- positiva / negativa

c) Criterio 3

- direccional
- estabilizadora
- disruptiva
- dependiente de la frecuencia
- dependiente de la densidad, etc.

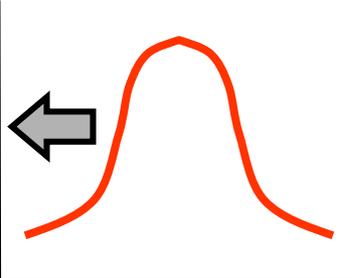


frecuencia

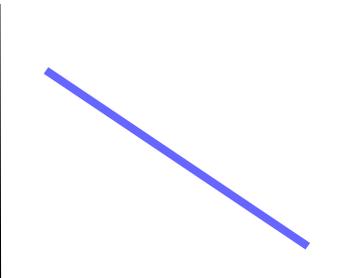
eficacia

Carácter promedio
en la población

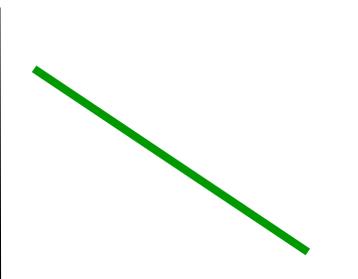
DIRECCIONAL



carácter



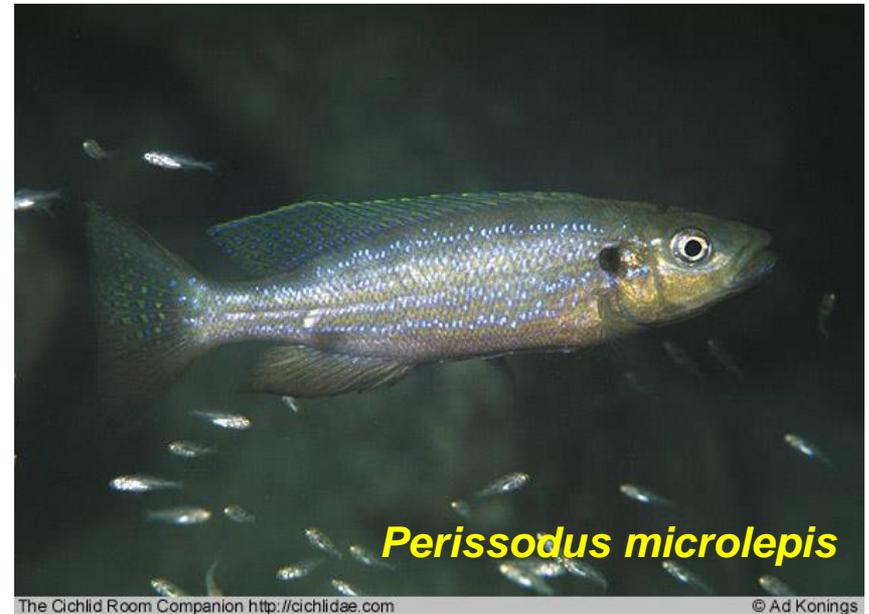
carácter



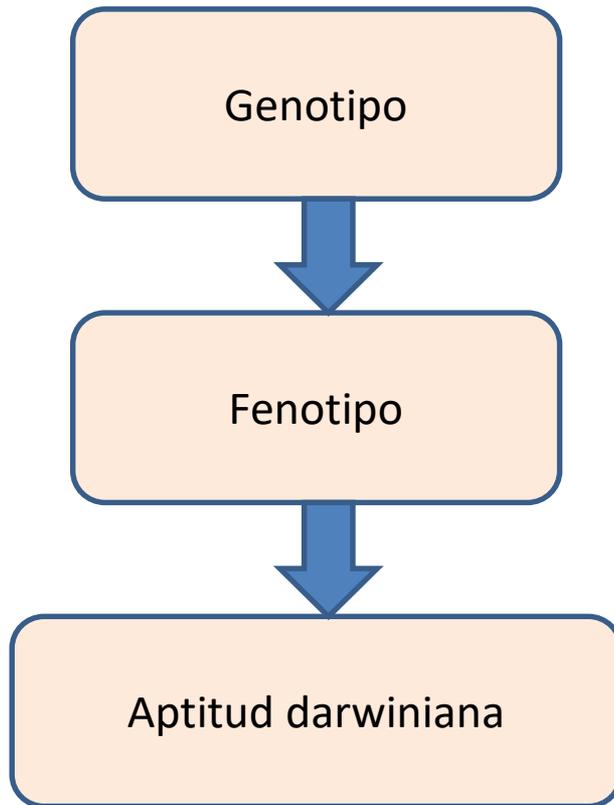
tiempo

Ejemplo de selección dependiente de la frecuencia

- Cíclido que se alimenta de escamas
- Morfología asimétrica con bases genéticas simples



Relaciones complejas



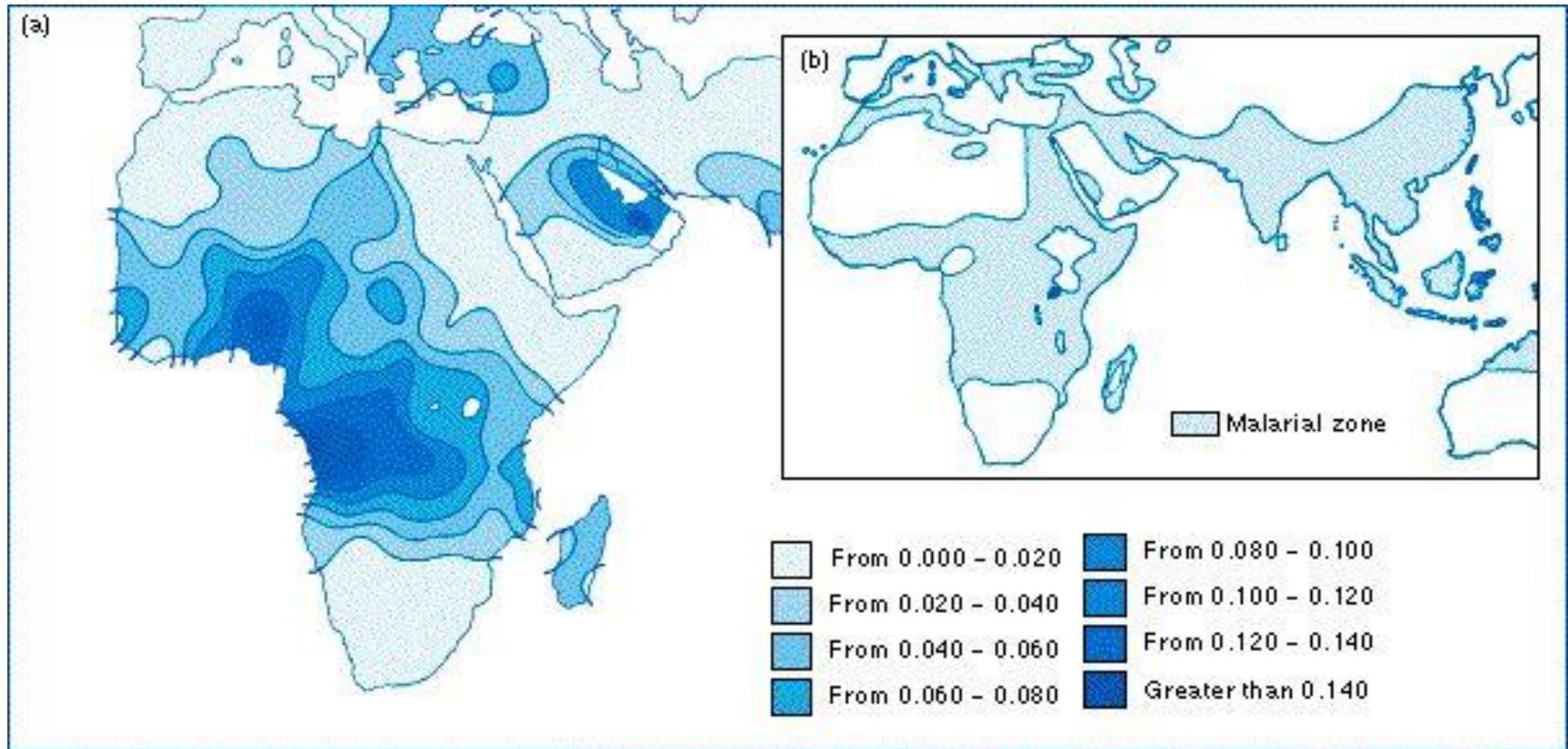
Regulación de la expresión génica, interacciones fisiológicas, etc., en el organismo y durante su desarrollo.

Interacciones con el ambiente, incluyendo otros individuos de la misma especie.

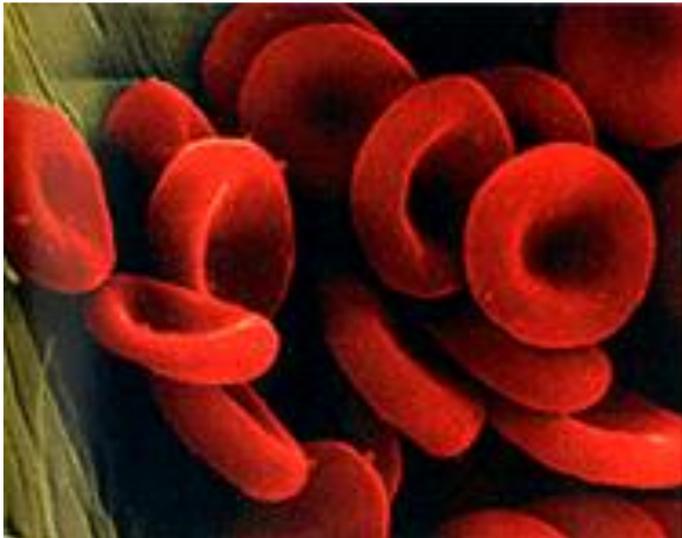
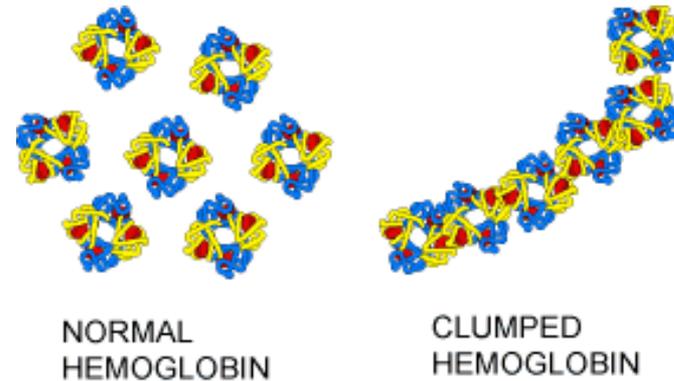
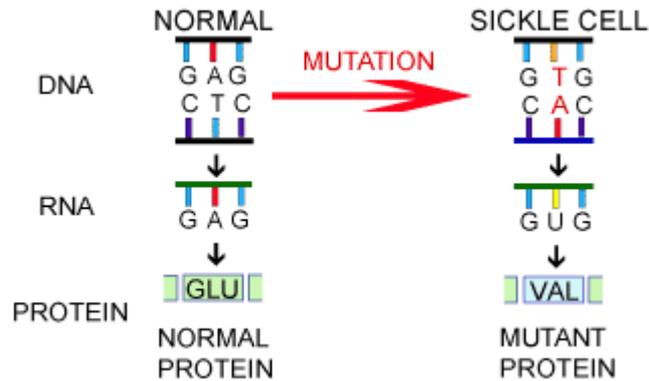
Algunos métodos para estudiar la selección natural

- **Demografía:** estudiar la supervivencia y reproducción de las variantes de interés (en la naturaleza, en ambientes controlados).
- **Líneas divergentes:** experimentos de selección artificial.
- **Modelos y señales:** estudiar las respuestas a modelos que capturan aspectos relevantes de la variación (por ej: ratones de plástico pintados ante depredadores) o señales (por ej., acústicas de machos presentadas a hembras).
- **Asociación genotipo-fenotipo**, y variación genética: estudiar genes o regiones de efectos fenotípicos principales, y examinar en ellas las consecuencias de la selección.
- **Apartamientos de lo esperado bajo modelos** nulos estrictos o sus variantes:
 - Hardy-Weinberg
 - Wright-Fisher

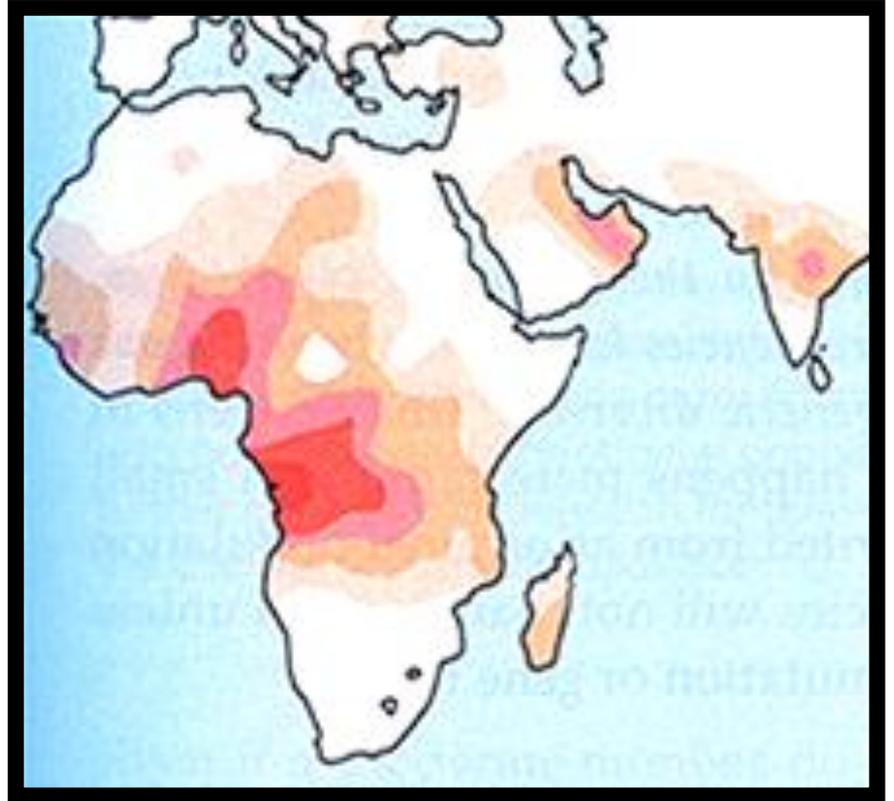
Variación geográfica: incidencia de la malaria y de la anemia falciforme



Anemia falciforme: causada por un único cambio aminoacídico en la posición 6 de la betaglobina (en homocigosis)



Distribución de la incidencia de **malaria** y **anemia falciforme**



Eficacia darwiniana y Coeficiente de Selección

Eficacia absoluta = porcentaje o proporción de individuos que sobreviven, u otra medida absoluta de éxito

Eficacia relativa w = las eficacias de todos los genotipos con respecto al fenotipo de mayor eficacia absoluta

Coeficiente de selección = s

$$w = 1 - s$$

3) Estimación de eficacia a partir de desvíos del equilibrio Hardy-Weinberg

Genotipos	Obs.	Esp.	Obs. / Esp.	Eficacia relativa (w)
AA	9365	9527,2	0,983	0,88
AS	2993	2672,4	1,120	1,00
SS	29	187,4	0,155	0,14
Total	12 387	12 387		

[se infiere que $p = 0,877$, $q = 1-p = 0,123$]

Eficacia

$$w_{AA} = 0,983 / 1,12 = \mathbf{0,88}$$

$$w_{AS} = 1,12 / 1,12 = \mathbf{1,00}$$

$$w_{SS} = 0,155 / 1,12 = \mathbf{0,14}$$

- El heterocigota tiene mayor eficacia que los homocigotas
- Es un polimorfismo balanceado (selección equilibradora /estabilizadora)
- A pesar de que la selección actúa en contra suyo, los homocigotas no desaparecen, ya que los heterocigotas los siguen produciendo como resultado de su reproducción
- Un polimorfismo de este tipo será estable, a diferencia de un polimorfismo neutral
- Si el régimen selectivo que lo mantiene persiste, puede durar mucho más de lo esperado para un polimorfismo neutro.

Genotipo	Eficacia relativa	Fenotipo
AA	0.88	susceptible
AS	1.00	resistente
SS	0.14	anémico

AC	0.9	susceptible
SC	0.7	anémico
CC	1.3	resistente

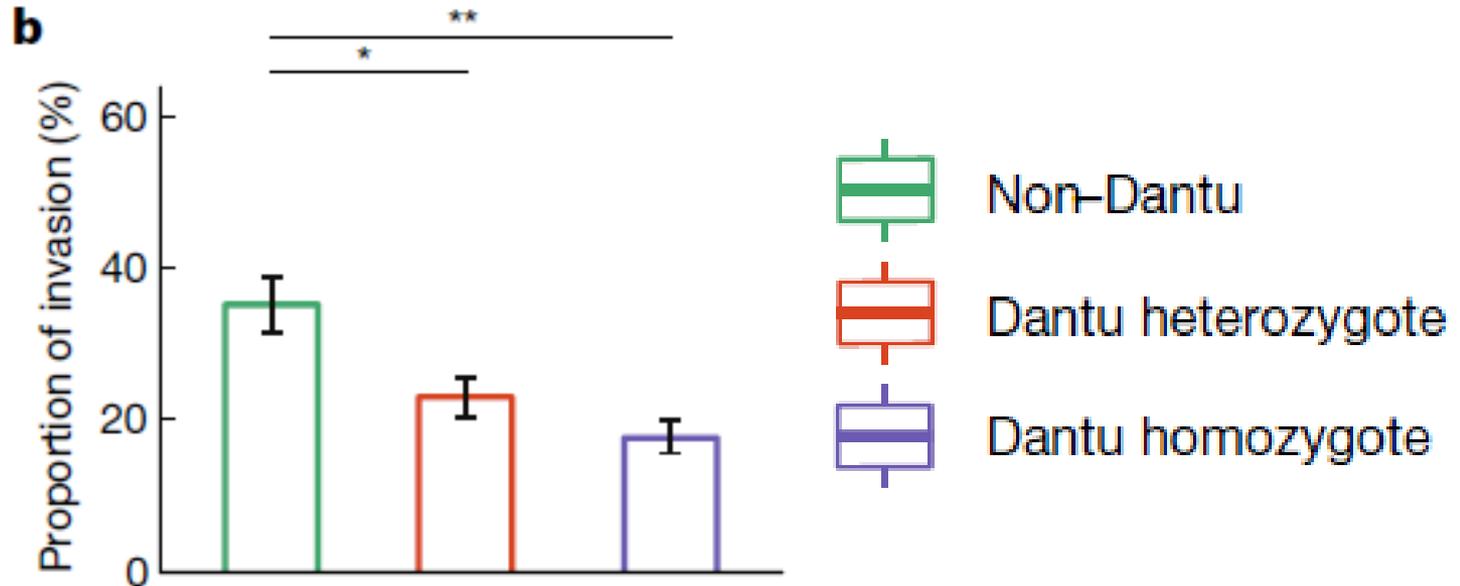


**¡Pese a ser óptimo, se mantiene a
muy baja frecuencia !**

- La mayoría de los portadores de el alelo C, están en heterocigosis, y sólo muy raramente en homocigosis.
- Los homocigotas son menos favorables que otros genotipos, lo que impide aumentar su frecuencia.
- El orden histórico en que han surgido los genotipos, condiciona la dinámica del mantenimiento del polimorfismo
- El genotipo óptimo (CC), que tiene la eficacia mayor, nunca se va a fijar con este régimen selectivo.

La selección opera sobre lo que ya existe y en forma “instantánea” en cada generación; está sujeta por tanto a restricciones de tipo histórico.

Genes que confieren resistencia a la malaria: un ejemplo adicional



Red blood cell tension protects against severe malaria in the Dantu blood group

<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2726-6> Kariuki et al. 2020, Nature