

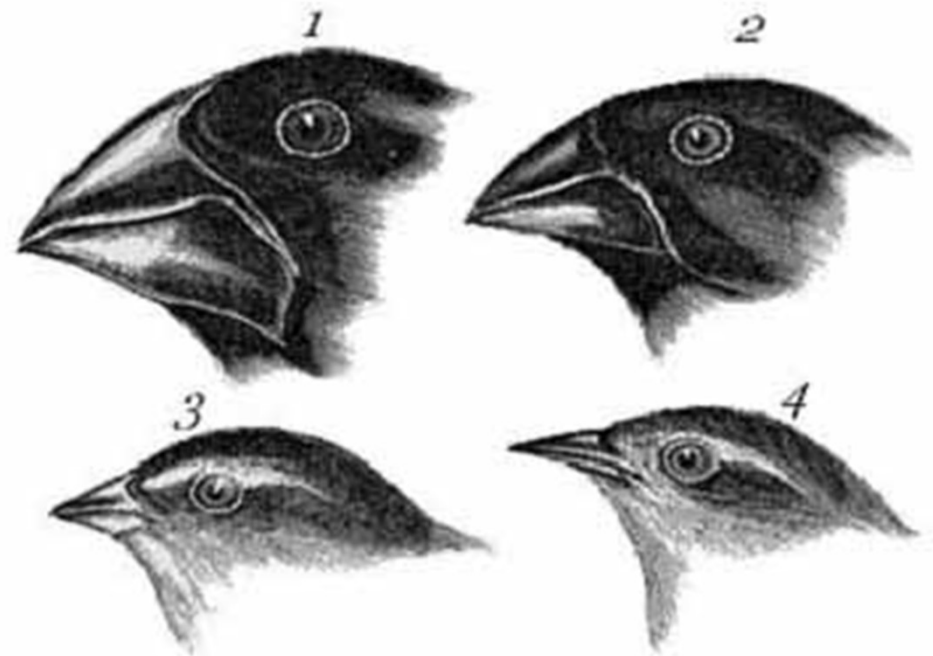
Curso de Evolución 2022

Facultad de Ciencias

Montevideo, Uruguay

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

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

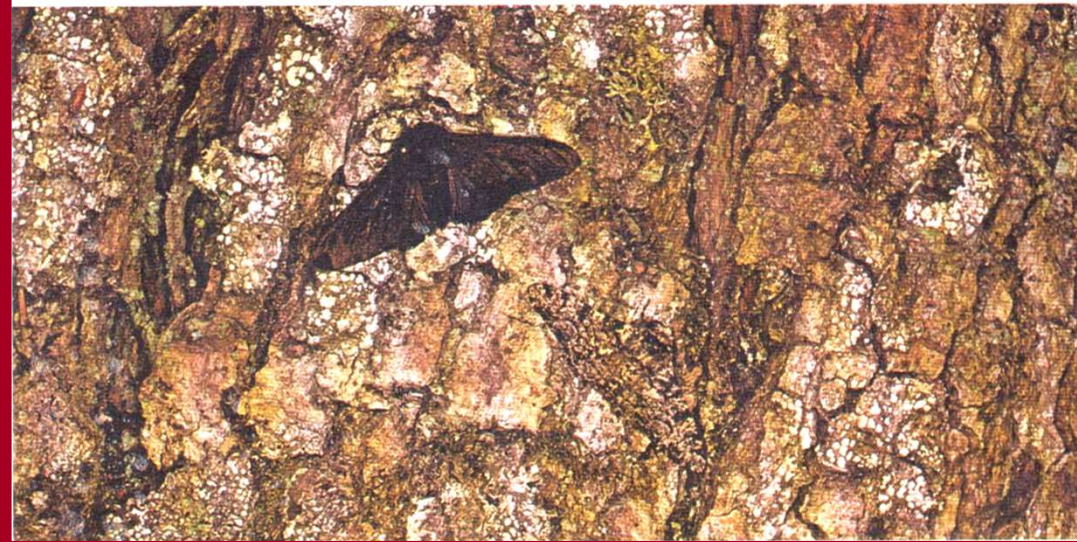


5. Selección natural. Principales tipos de selección sobre caracteres mendelianos sencillos y sobre caracteres continuos. Balances entre deriva, flujo génico y selección.

Biston betularia
(polilla moteada)



¿Cuántas ves?







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.

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

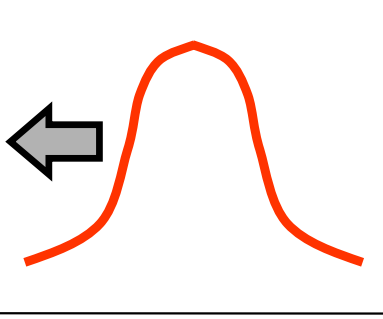
- positiva / negativa

c) Criterio 3

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

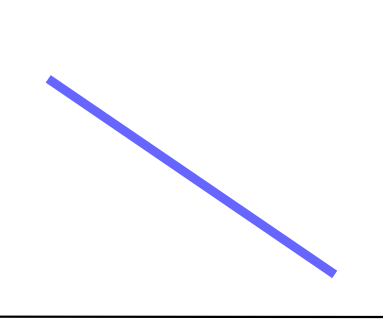
frecuencia

DIRECCIONAL



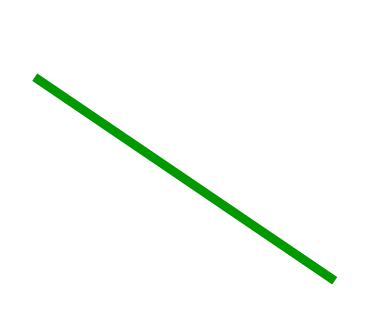
carácter

eficacia



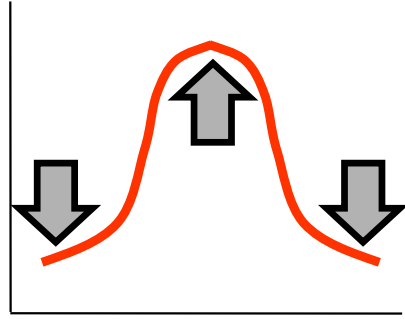
carácter

Carácter promedio en la población

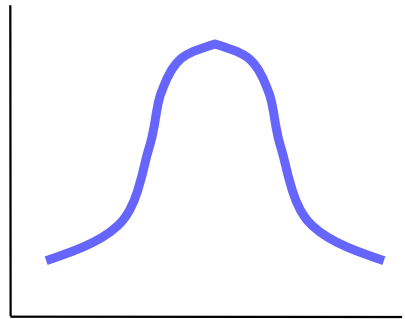


tiempo

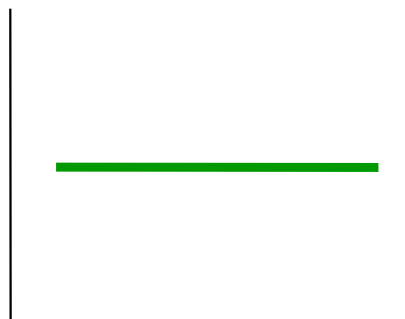
ESTABILIZADORA



carácter

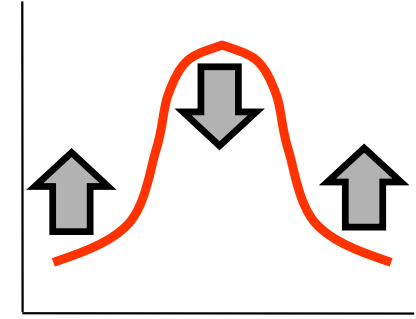


carácter

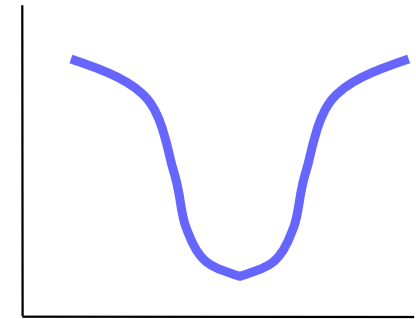


tiempo

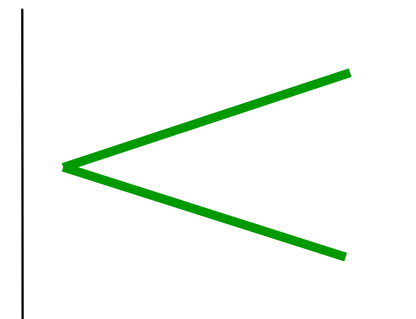
DISRUPTIVA



carácter



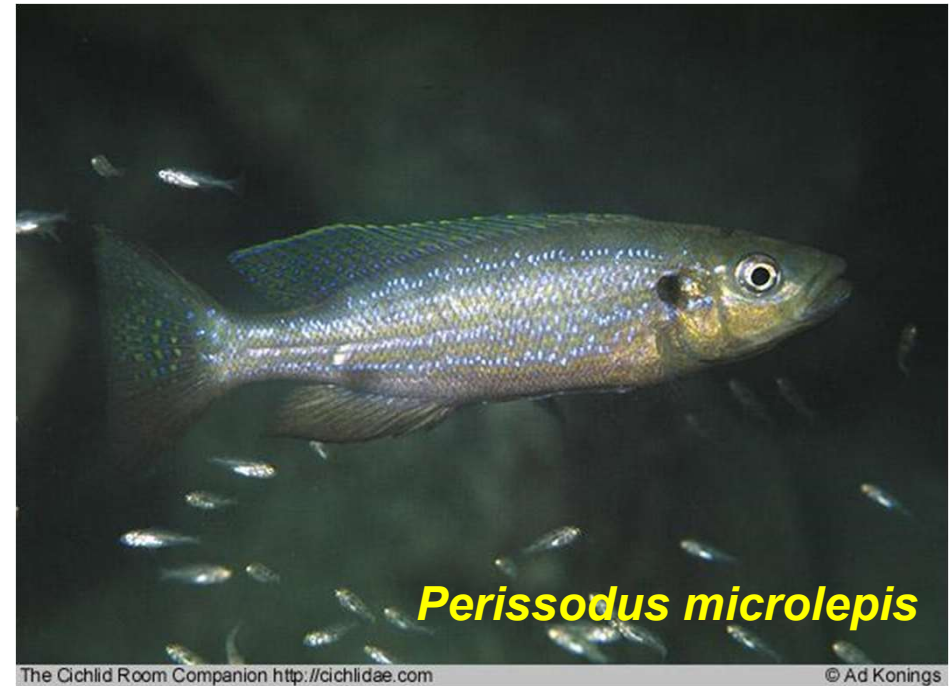
carácter



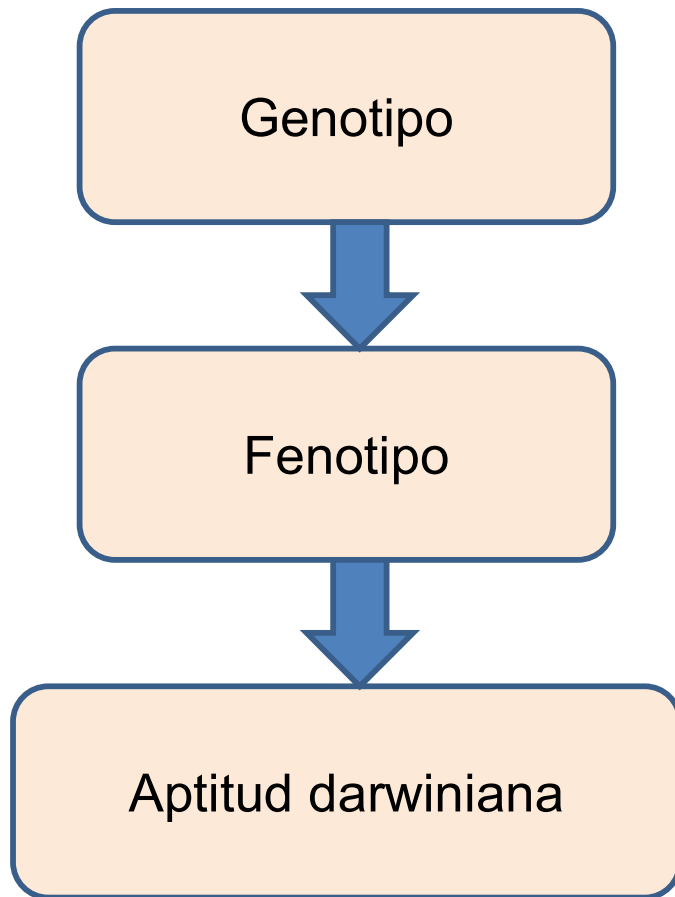
tiempo

Ejemplo de selección dependiente de la frecuencia

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



Relaciones complejas



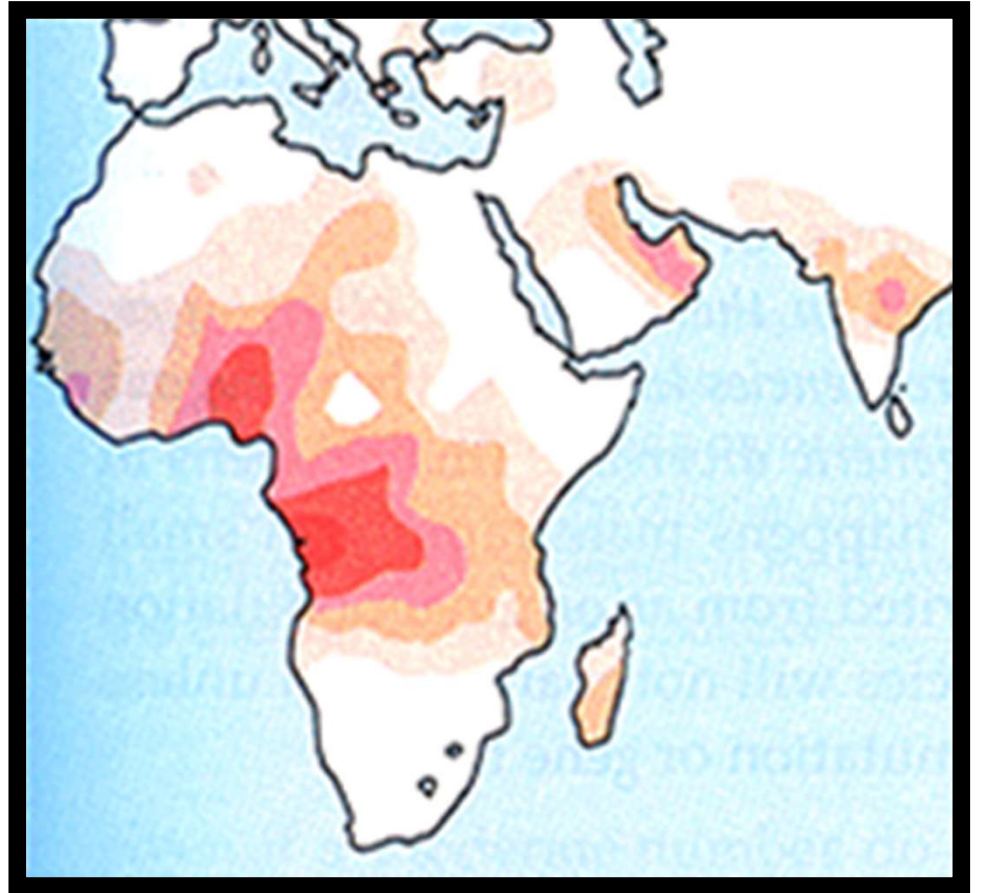
Regulación de la expresión génica, interacciones fisiológicas, etc., en el organismo y durante su desarrollo.

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

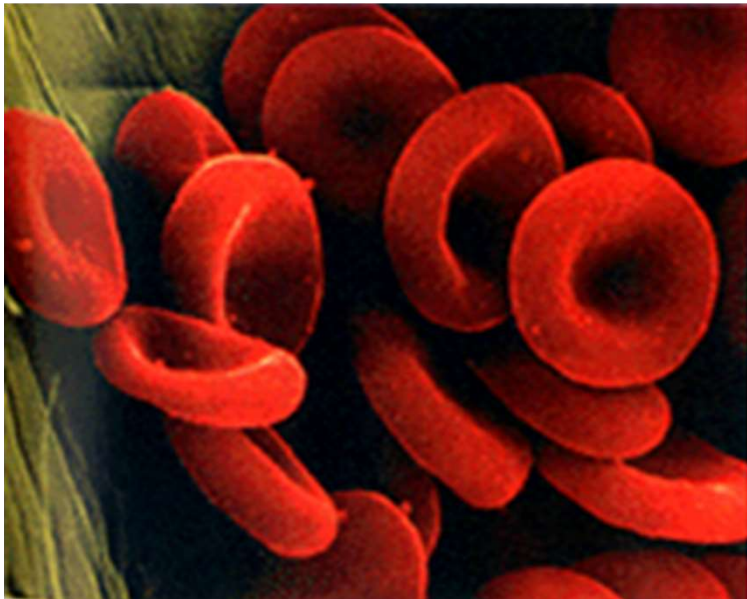
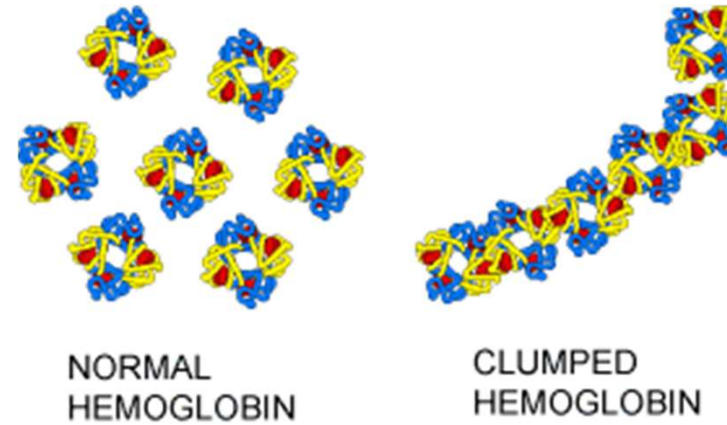
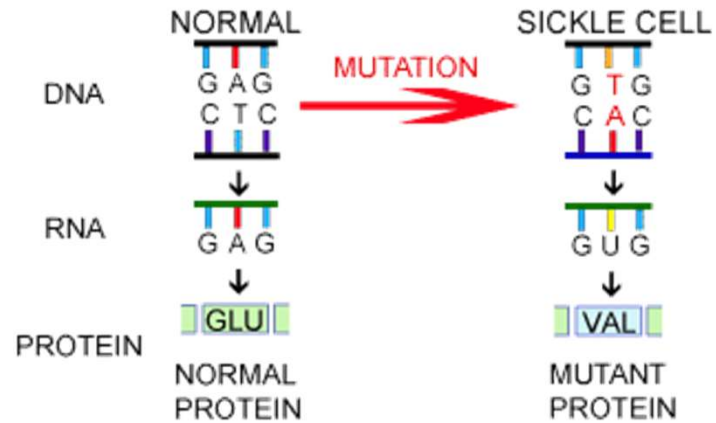
Algunos métodos para estudiar la selección natural

- **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

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



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



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

Genotipo adultos	Frec. Obs.	Frec. Esp. H-W	O / E	Eficacia relativa
SS	29	187,4	0,155	0,14
SA	2 993	2 672,4	1,120	1,00
AA	9 365	9 527,2	0,983	0,88
Total	12 387	12 387		

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

<u>Eficacia</u>	SS	0,155 / 1,12 = 0,14
	SA	1,12 / 1,12 = 1,00
	AA	0,983 / 1,12 = 0,88

- 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.

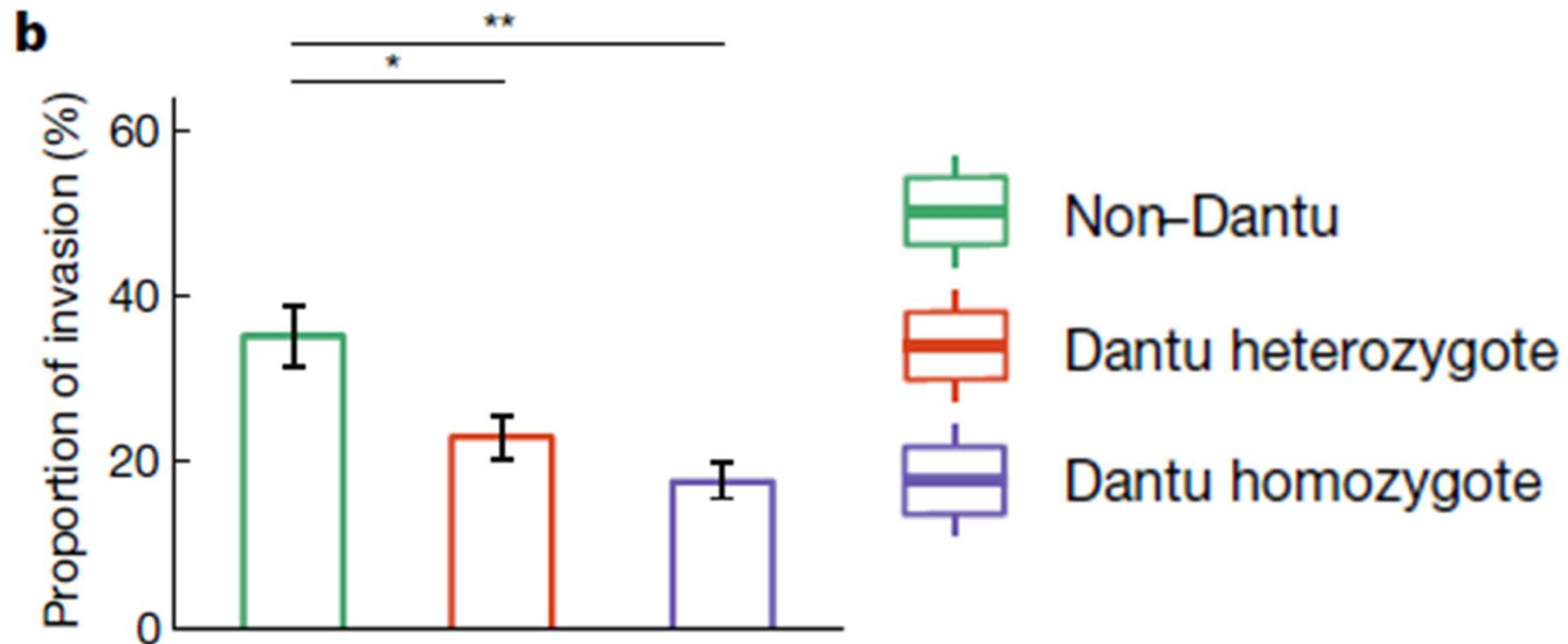
Genotipo	Eficacia relativa	Fenotipo
AA	0.88	susceptible
AS	1.00	resistente
SS	0.14	anémico
AC	0.9	susceptible
SC	0.7	anémico
CC	1.3	resistente


¡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



Selección sobre caracteres de base genética compleja: el caso de los pinzones de Darwin

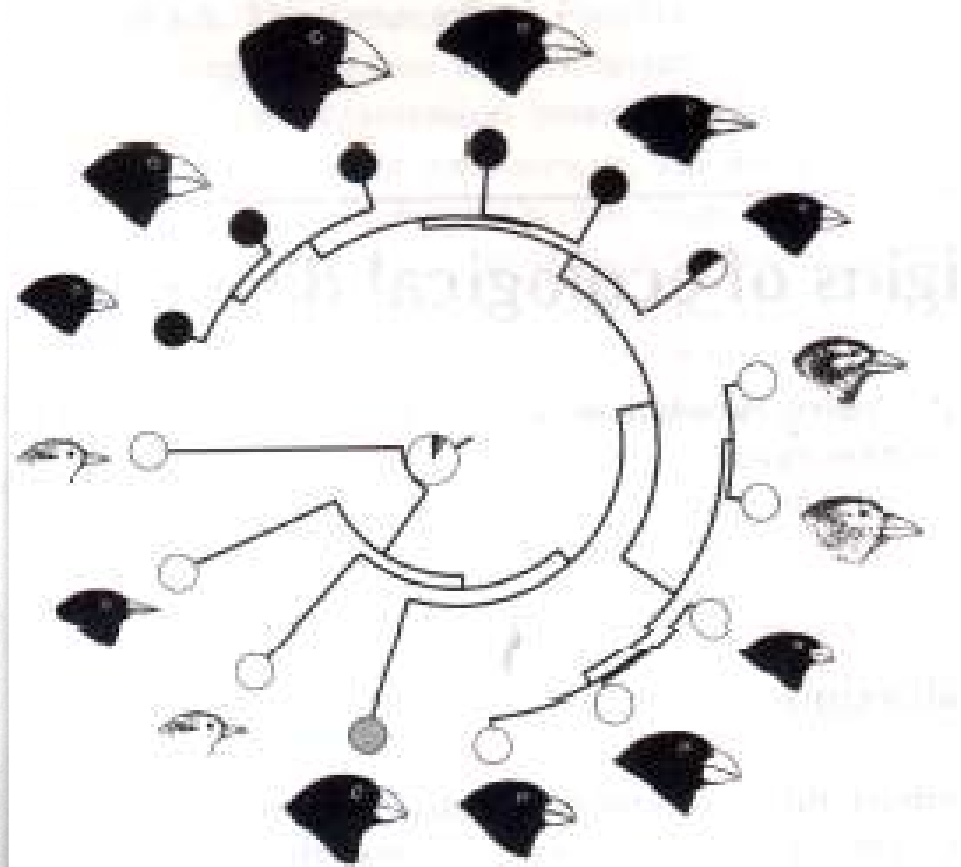
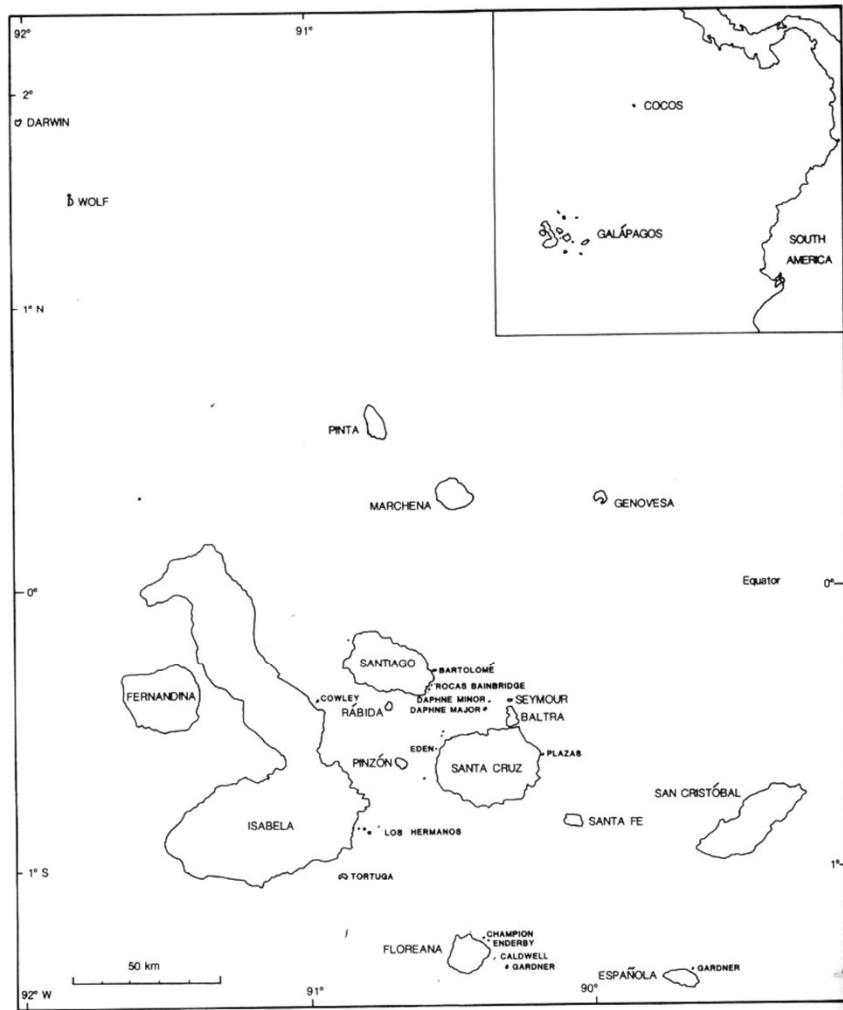
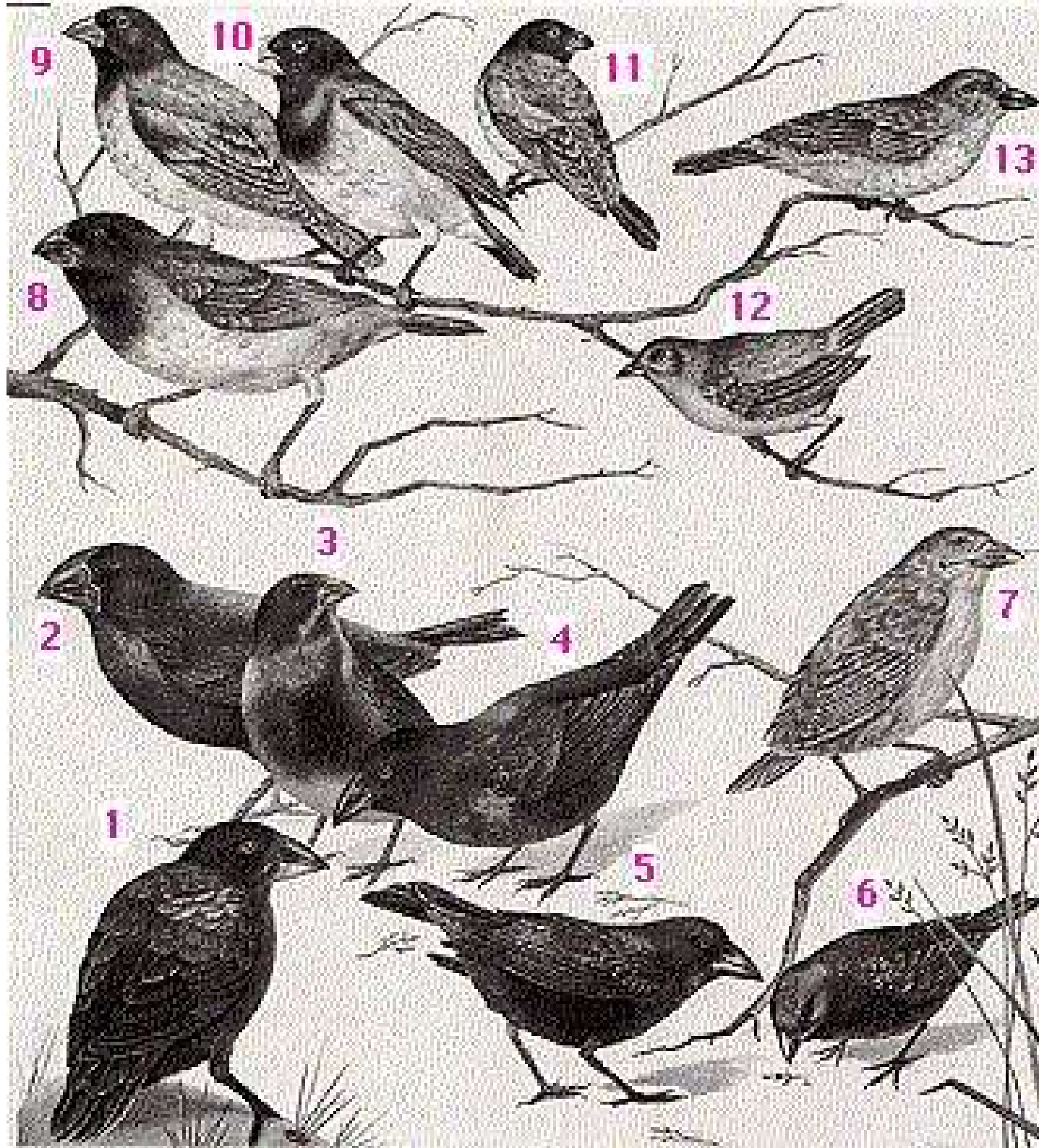


FIG. 2. The adaptive radiation of fourteen species of Darwin's Finches. Based in part on drawings in Swarth (1931) and a diagram in Bowman (1961).



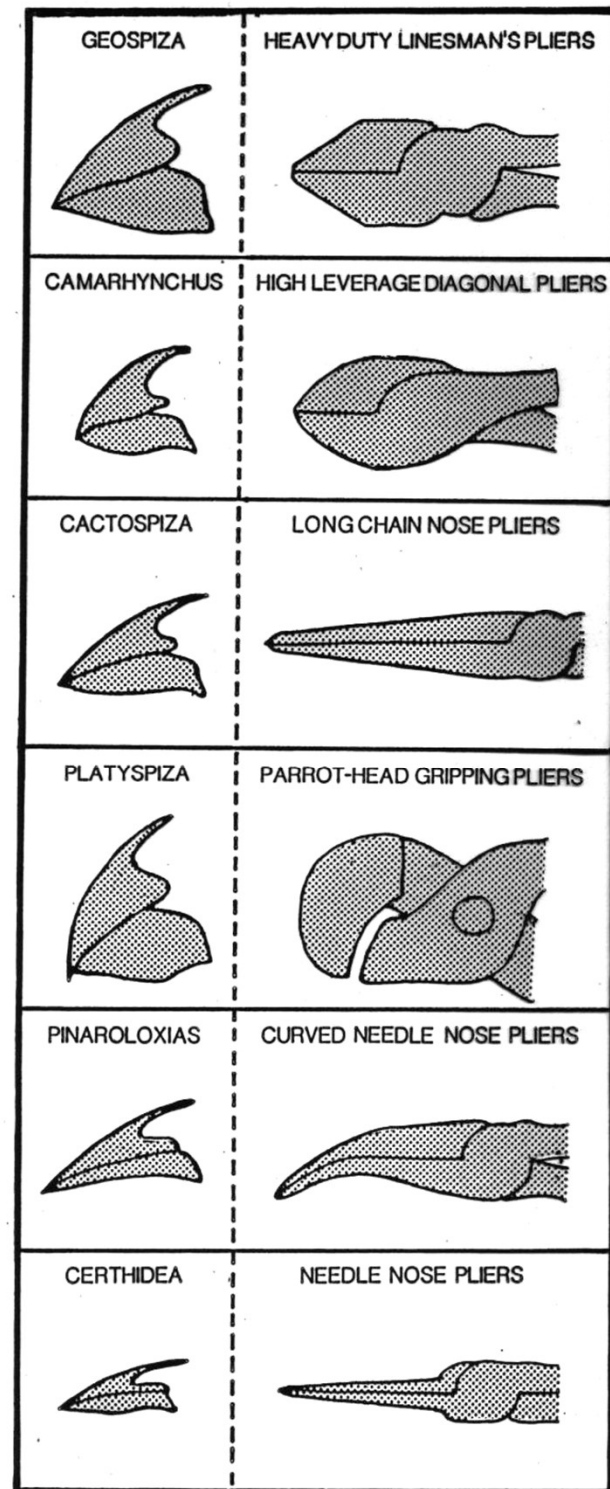


FIG. 30. An analogy between beak shapes and pliers. Redrawn from Bowma

Variación fenotípica



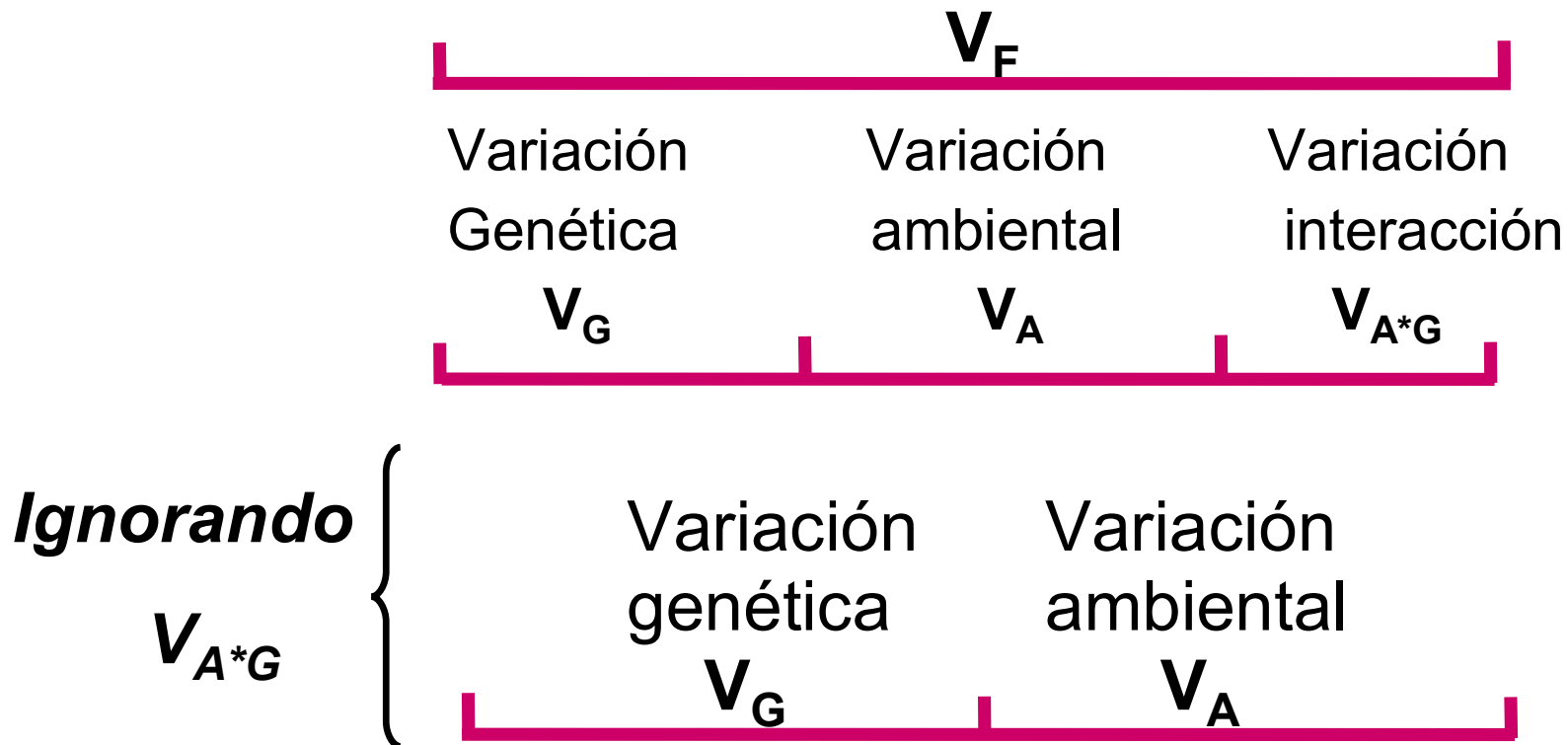
G. fortis



COMPONENTES DE LA VARIACIÓN FENOTÍPICA

(expresada como la varianza de cada carácter)

Variación fenotípica (total):



Heredabilidad en sentido amplio

$$h_B^2 = V_G / V_F$$

Componentes de la variación genética V_G :

Aditiva V_A

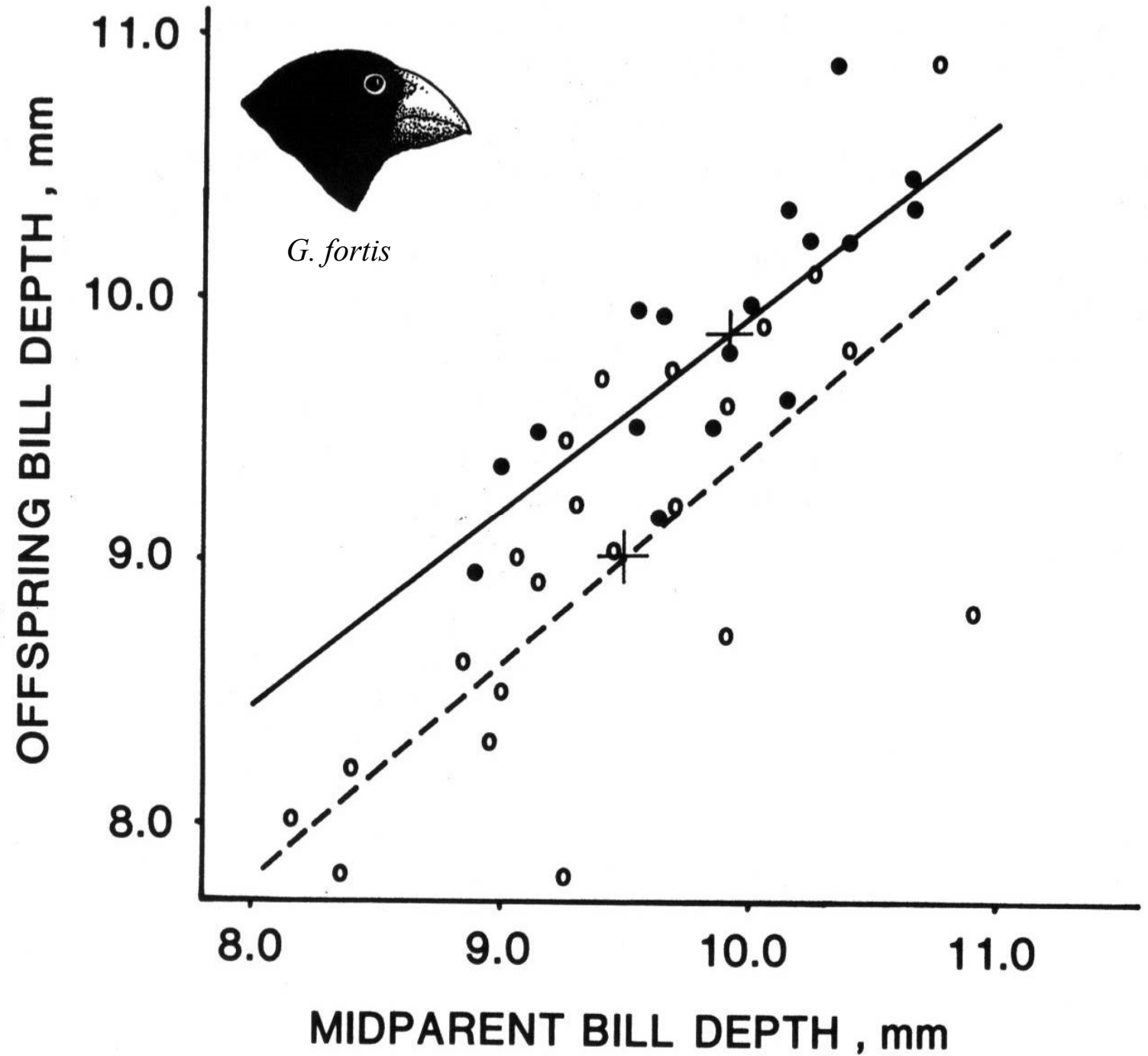
Dominancia V_D

Epistática V_I (interacciones genéticas)

Heredabilidad en sentido estricto

$$h^2 = V_A / V_F$$

Heredabilidad



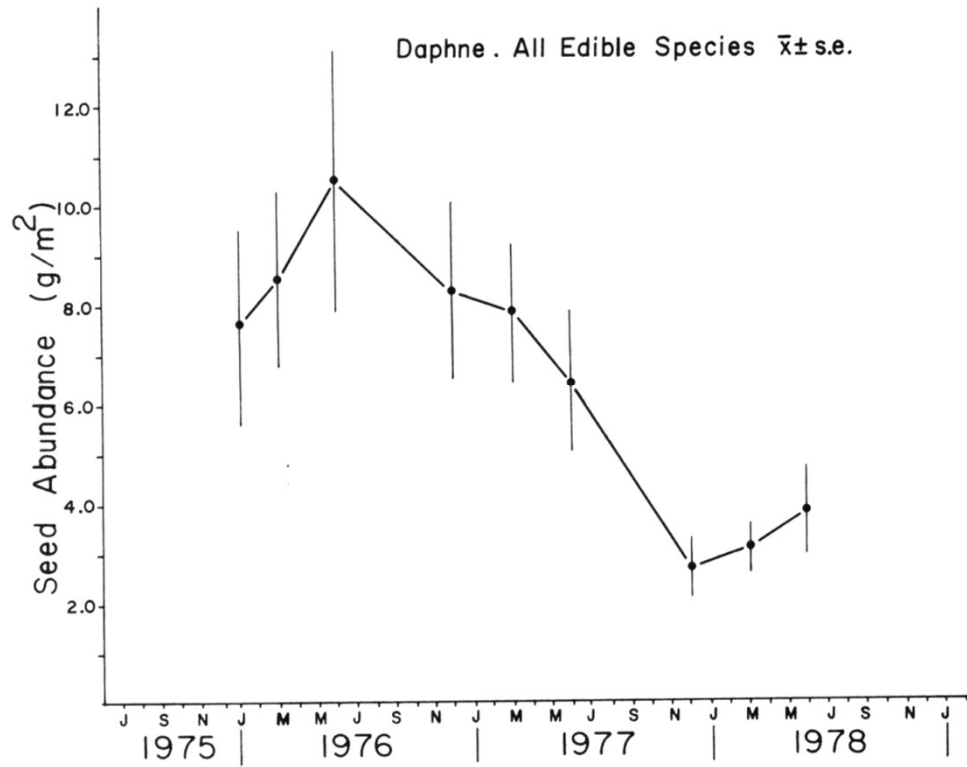
Heredabilidad

- no es una propiedad individual:

por ej. si la heredabilidad del peso fuese 0.6, no significa que el 60% de mi peso es heredado de mis padres, ni que el 30% sea ambiental.

- es una propiedad
- poblacional (el 60% de la varianza de un carácter es atribuible a la herencia)
- estadística, no determinista
- contextual (tiene sentido en el contexto en que es estimada). por ej., si la mido en un ambiente uniforme, tenderá a aumentar

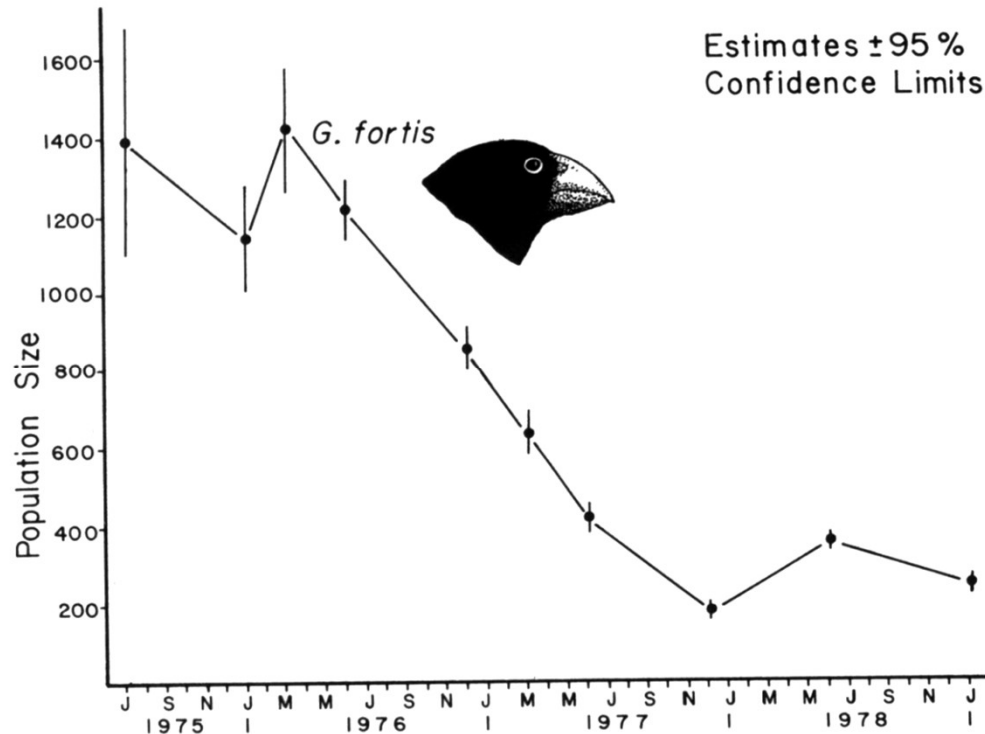
Cambios en abundancia de semillas

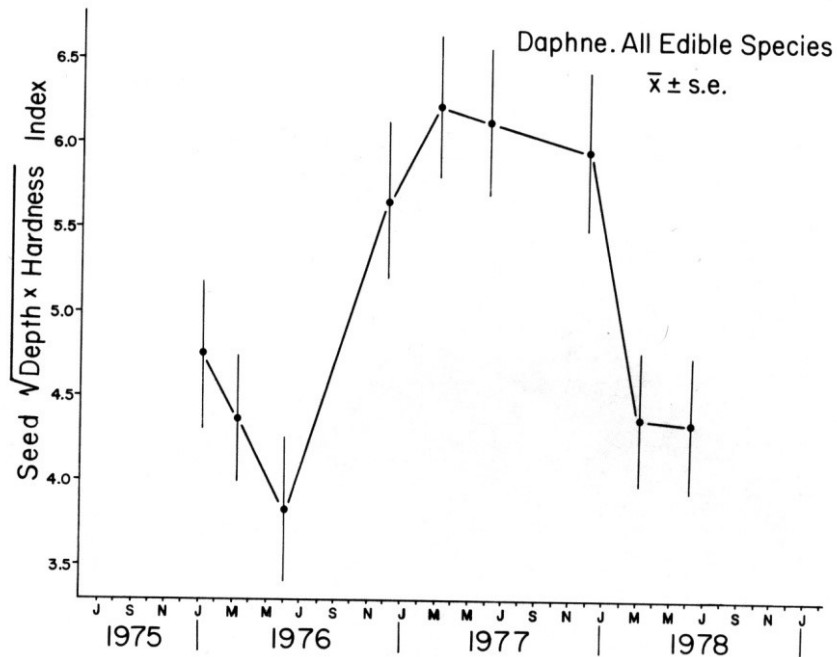


Cambios en la población en relación al ambiente

contexto propicio (aunque no imprescindible) para acción de la selección

Cambios en tamaño poblacional





Cambios en la población en relación al ambiente

- cambia el tipo, tamaño y dureza de las semillas
- cambia el tamaño medio de individuos en la población

- mortalidad diferencial
- reproducción diferencial
- supervivencia diferencial de los descendientes

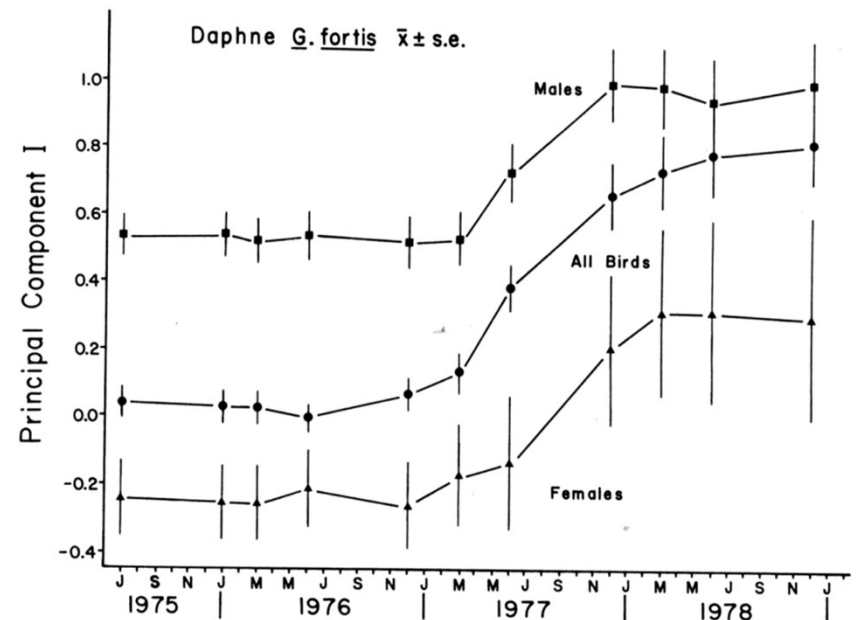


FIG. 56. Changes in finch numbers, morphology, seed abundance and average seed size and hardness on Daphne Major. Means and standard errors are shown. Principal component I is a measure of overall size; the analysis was conducted on all birds measured in 1975 and 1976, and the changes in the mean scores are the result of loss of birds from the initial sample. From Boag and Grant (1981).

Variación Fenotípica



Hereditabilidad



Eficacia darwiniana

Alimentación

Termorregulación

Cortejo

Fecundidad

.....

EN RESUMEN...

- La selección natural es un proceso poblacional propuesto inicialmente por Darwin, y luego retomado por la Teoría Sintética como el mecanismo evolutivo más importante.
- La selección natural explica la adaptación, pero no necesariamente conduce a ella.
- Hay evidencias empíricas importantes que demuestran que la selección es un proceso relevante actuando a nivel de las poblaciones.
- Su impacto depende de su balance con otros procesos como la deriva genética y el flujo génico.

- Restricciones de tipo histórico, entre otras, hacen que la selección no pueda considerarse como optimizadora en sentido absoluto. Las relaciones entre genotipo y fenotipo, y entre éste y la eficacia darwiniana, pueden ser muy complejas.
- La propuesta de que la selección puede actuar a varios niveles es teóricamente posible, aunque difícil de poner a prueba en la práctica.