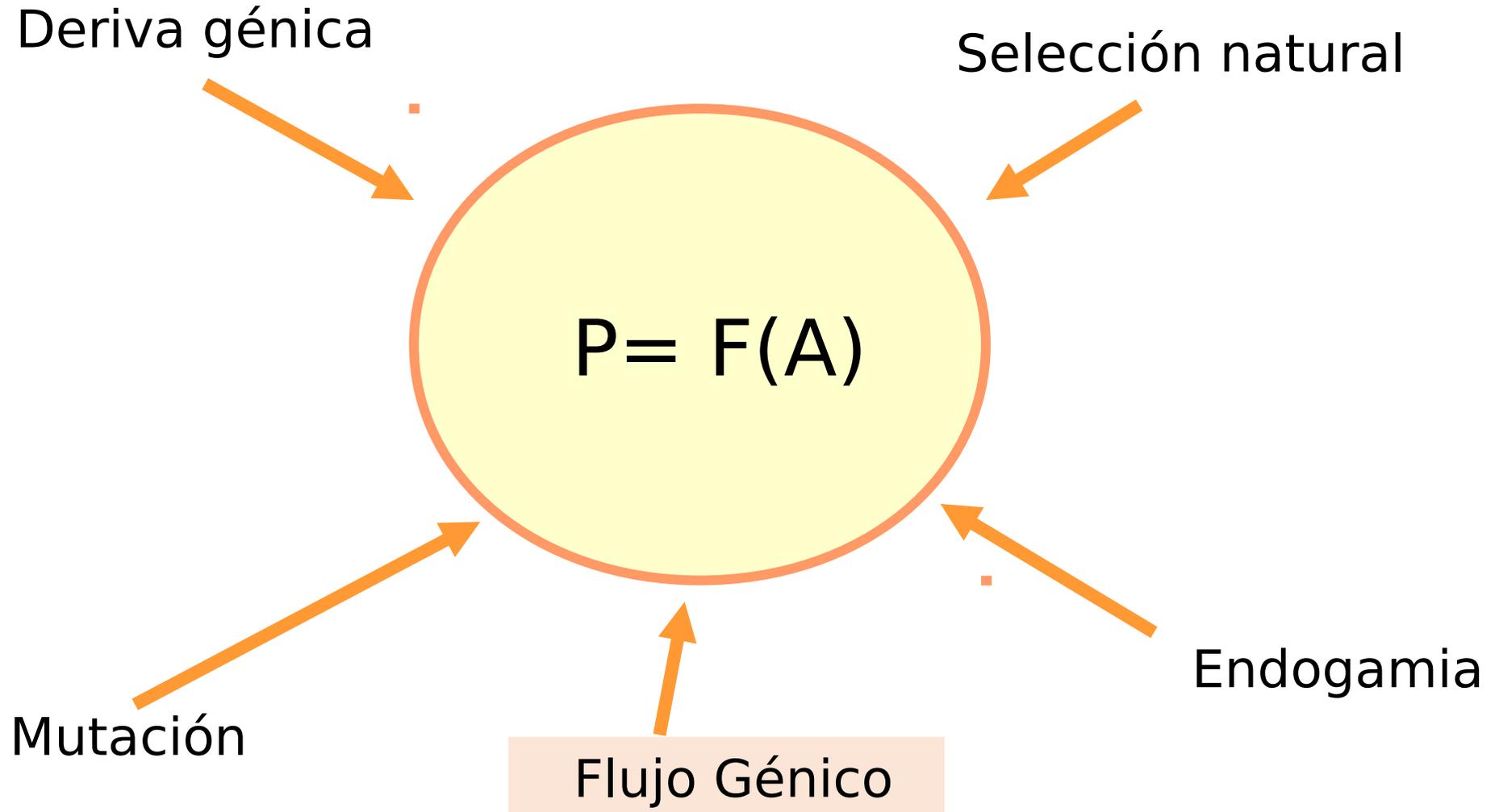


Factores de evolución



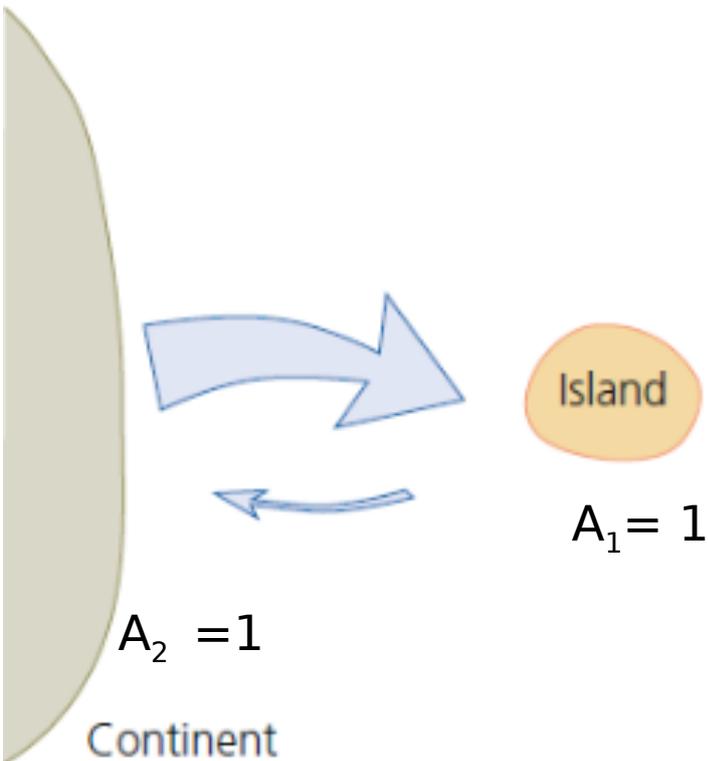
- 1- Las frecuencias alélicas de una población no cambiarán generación tras generación,
- 2- Si las frecuencias alélicas están dadas por p y q , las frecuencias genotípicas serán: $p^2 + 2pq + q^2$

Migración: flujo génico

- Movimiento de alelos entre poblaciones.
- Causa: cualquier fenómeno que transporte alelos.
- Mecanismos: dispersión de juveniles largas distancias, transporte de polen, de semillas, esporas, animales, viento etc.
- Los migrantes que no tienen éxito reproductivo en la próxima generación no contribuyen al flujo génico.

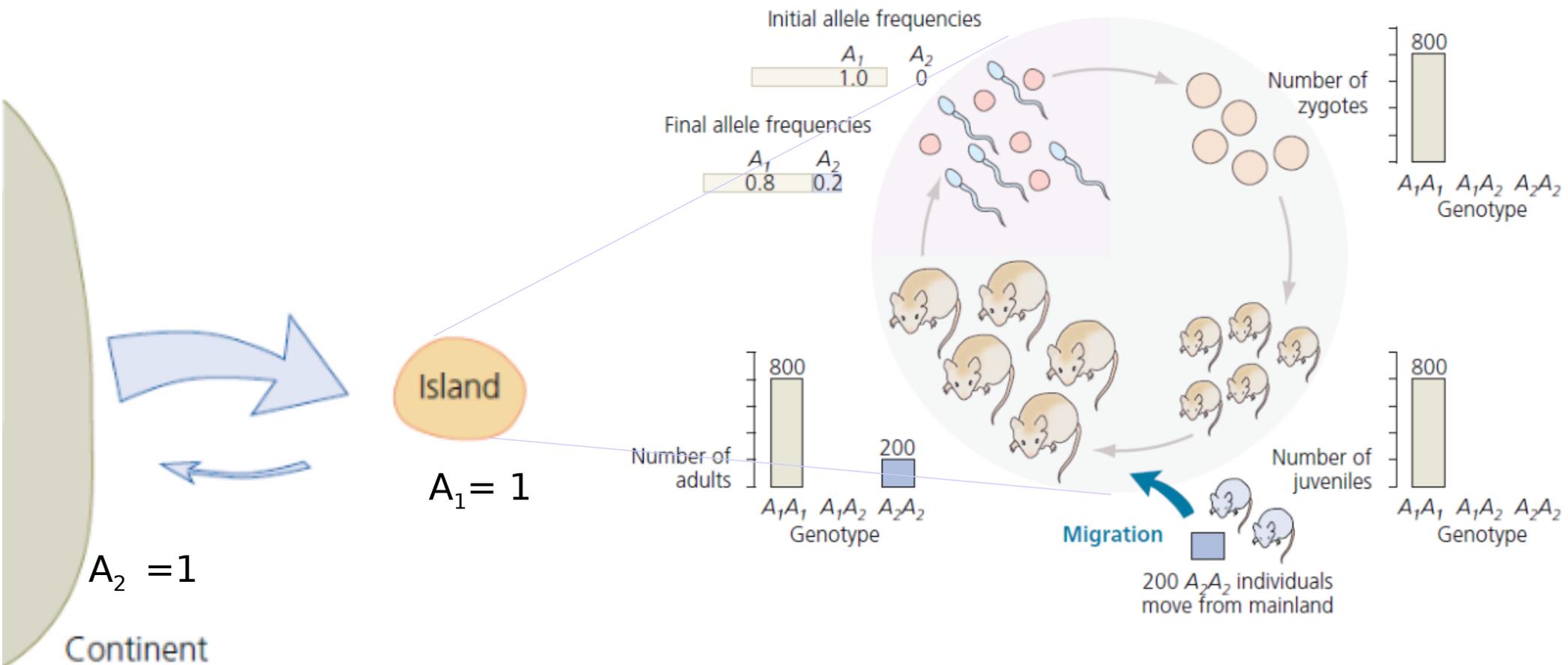


Migración: el papel del flujo génico



- Flujo de genes: una sola dirección
- Alelos que llegan a la isla
- Alelos que llegan al continente

Migración: el papel del flujo génico

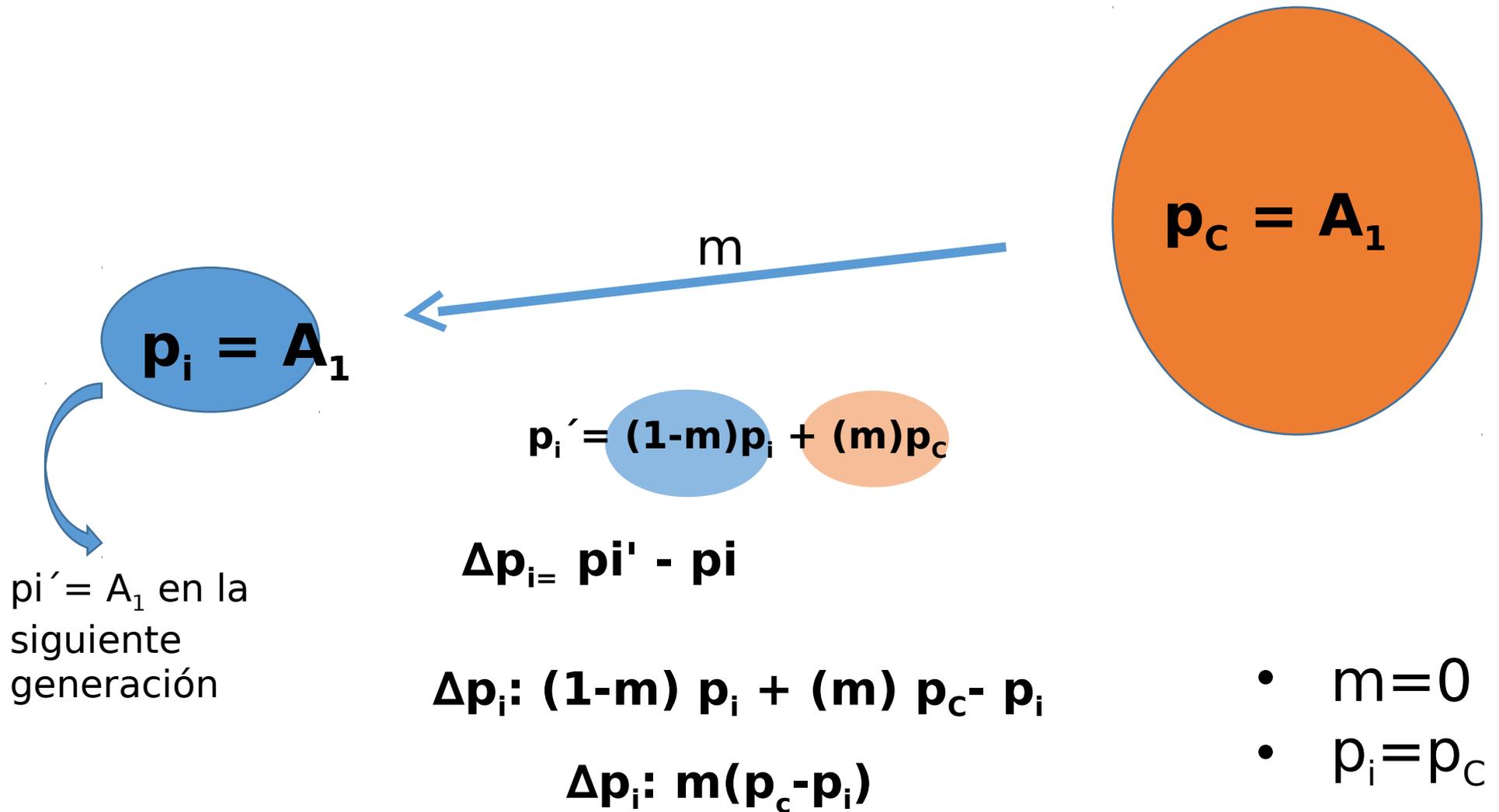


La migración cambió las frecuencias alélicas. \neq Conclusión 1 de H-W

¿Cuáles son las frecuencias genotípicas esperadas para una población con esas frecuencias alélicas? $A_1A_1 = 0.64$; $A_1A_2 = 0.32$; $A_2A_2 = 0.04 \neq$ Conclusión 2 de H-W

¿Qué pasará después de un ciclo de reproducción al azar?

Migración. Modelo de una isla



¿Hasta cuándo va a cambiar la frecuencia del alelo A_1 en la isla?

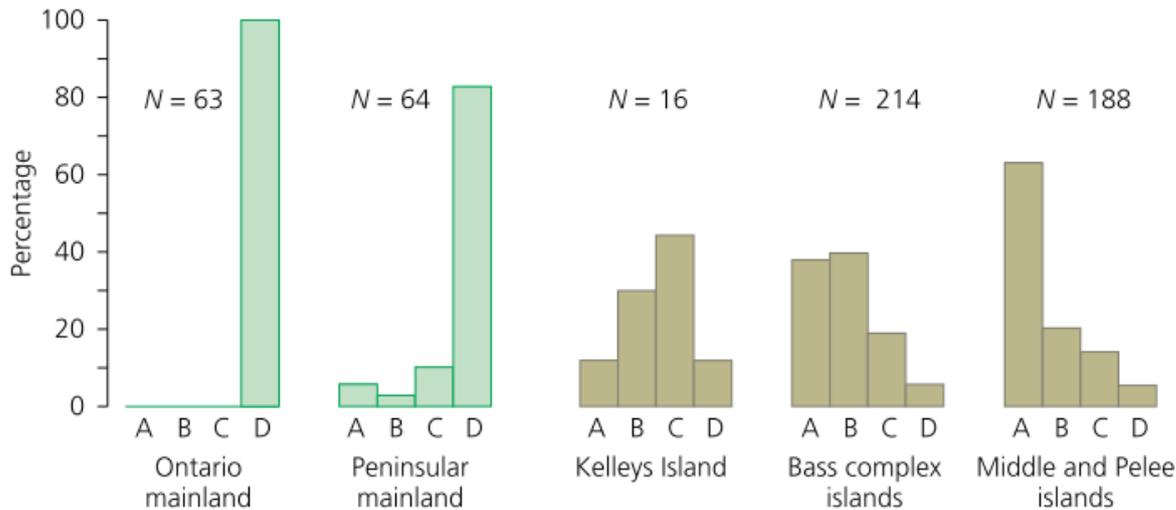
Si no está actuando otro mecanismo de evolución, la migración igualará las frecuencias alélicas entre las poblaciones

Migración. El papel del flujo génico

Nerodia sipedon



Locus con dos alelos:
 A_1 A_2
 bandeado > no
 bandeado



A = menos bandas
D = más bandas
B, C = intermedios

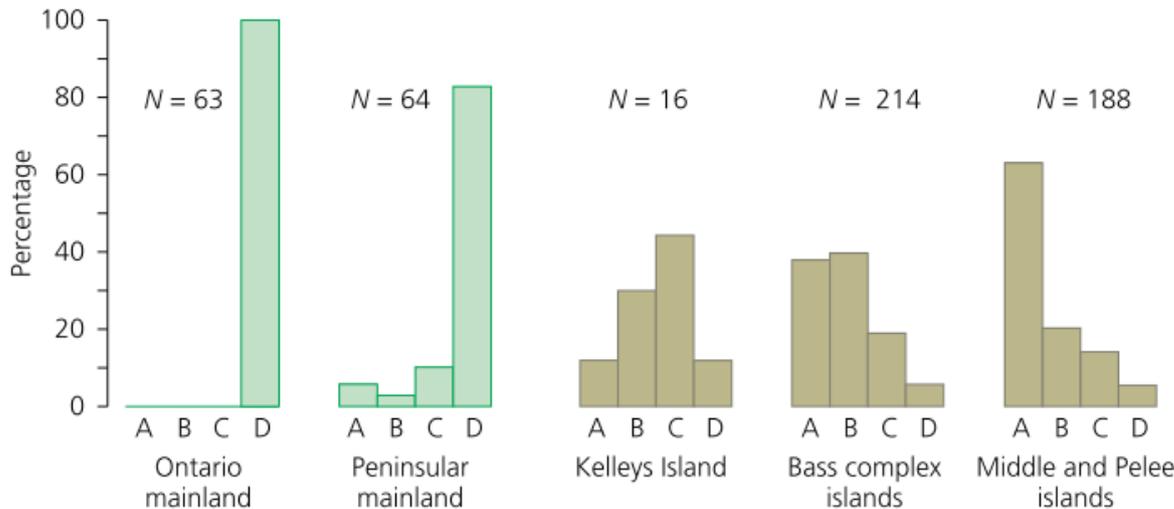
Migración. El papel del flujo génico

Nerodia sipedon



Locus con dos alelos:
 A_1 A_2
 bandeado > no
 bandeado

¿Qué otro mecanismo de evolución estaría actuando?



A = menos bandas
D = más bandas
B, C = intermedios

Migración. El papel del flujo génico

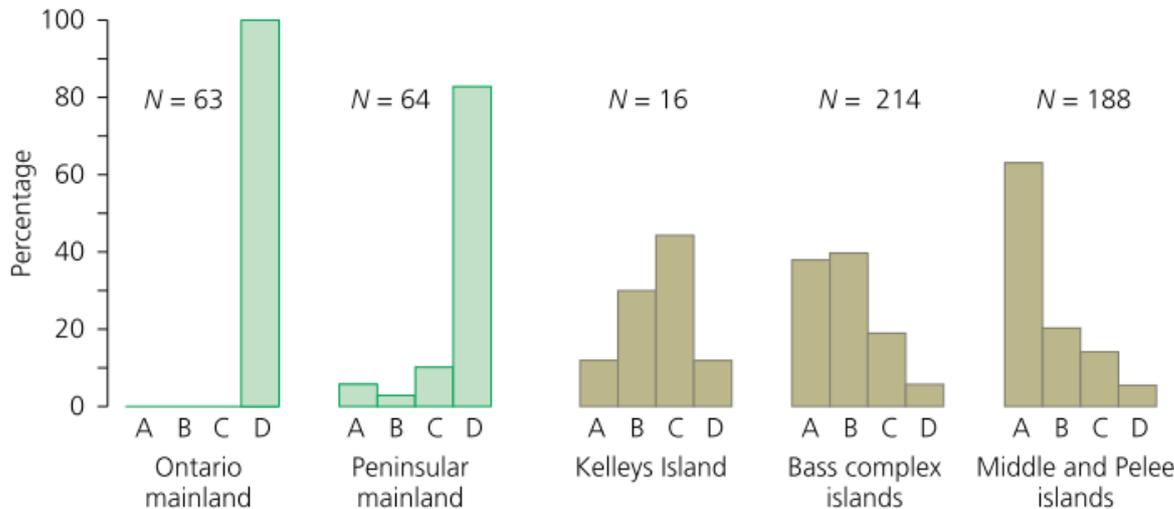
Nerodia sipedon



Locus con dos alelos:
 A_1 A_2
 bandeado > no
 bandeado

En las islas, las víboras no bandeadas tienen menos riesgo de ser vistas por los depredadores

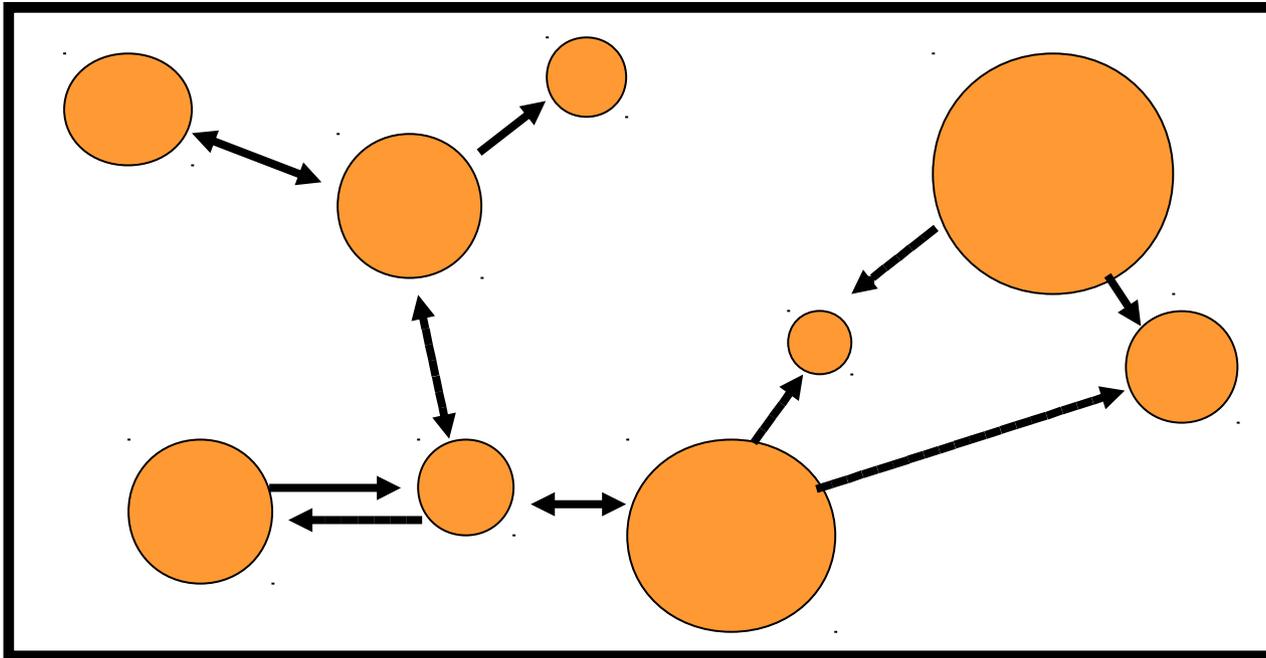
¿Qué otro mecanismo de evolución estaría actuando?



A = menos bandas
D = más bandas
B, C = intermedios

Metapoblaciones

Red o sistema de poblaciones separadas geográficamente en unidades (demes) que mantienen un cierto grado de flujo genético.



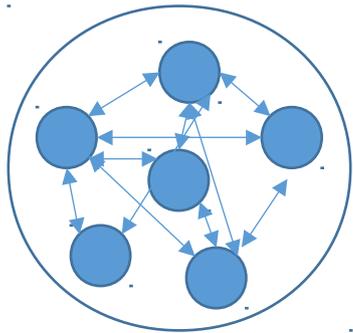
Estructura poblacional y coeficiente de fijación (Wright)

Podemos medir la diferenciación entre poblaciones mediante el coeficiente de fijación (efecto de la deriva génica y el flujo génico).

H_T : heterocigosis esperada por eq. HW si todas las subpoblaciones estuviesen fusionadas y ocurriesen apareamientos al azar.

$$F_{ST} = \frac{H_T - H_S}{H_T}$$

H_S : Heterocigosis esperada por Eq. H-W en promedio en subpoblaciones en las que ocurren apareamientos al azar



$$2\bar{p}\bar{x}q$$

no divergencia
flujo génico
panmixia

0

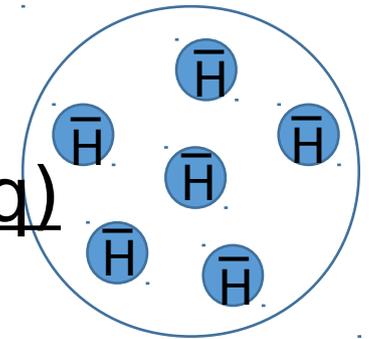
de 0 a 0.05 pequeña
de 0.05 a 0.15 moderada
de 0.15 a 0.25 grande
>0.25 muy grande

$$\frac{\sum(2pq)}{n}$$

n

1

máxima divergencia
deriva génica
fijación



Este estadístico es usado comúnmente como una medida de subdivisión poblacional, y provee una vía para estimar niveles de flujo génico entre poblaciones

Estructura poblacional y coeficiente de fijación

Dos condiciones para calcular F_{ST} :

1) los alelos a medir deben ser selectivamente neutrales

¿Qué pasa con F_{ST} si la selección favorece a diferentes alelos en diferentes áreas?

¿En que situación subestimaríamos el F_{ST} ?

Deriva génica y flujo génico afectan a todos los loci de la misma manera, la selección natural, no. → Analizar múltiples loci

2) equilibrio entre flujo génico y deriva génica

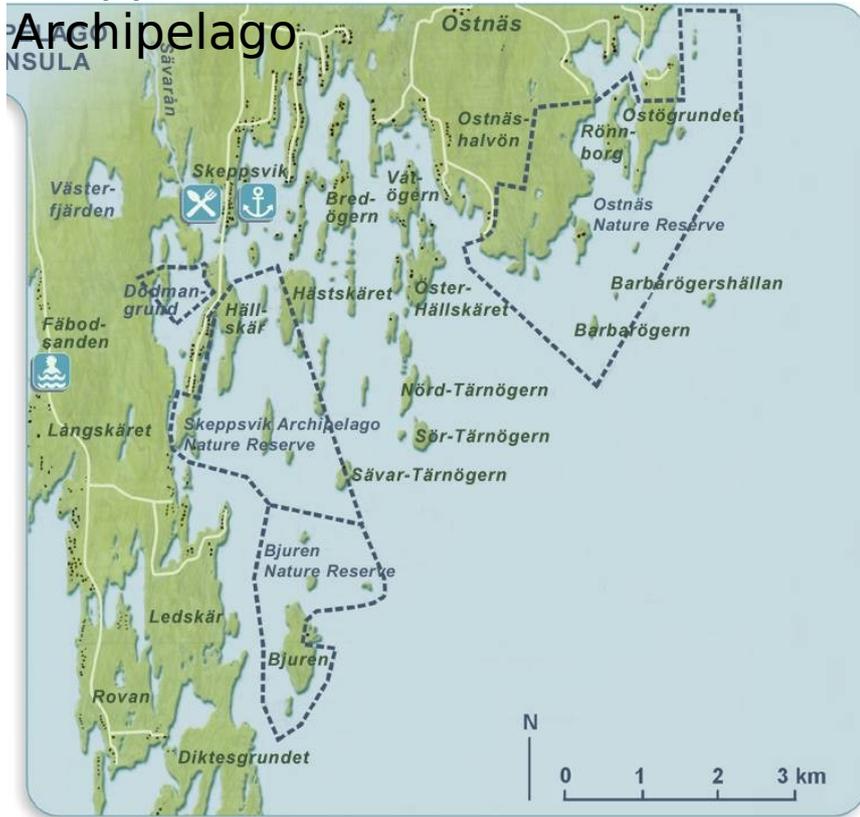
¿Cómo será el F_{ST} si los sitios muestreados tiene poblaciones muy jóvenes?

Estructura poblacional y coeficiente de fijación (Wright)

Efecto homogeneizante del flujo génico

Skeppsvik

Archipelago



Silene dioica



- Perenne, polinizada por insectos.
- Semillas transportadas por el agua y el viento.
- Entre las primeras en colonizar nuevas islas.

Predicciones:

1- Las islas jóvenes variarán en las frecuencias de alelos en muchos loci.

2- Las poblaciones intermedias serán mas homogéneas en las frecuencias de sus alelos (migración).

3- Las islas mas viejas variarán en sus frecuencias porque hay pocos sobrevivientes.

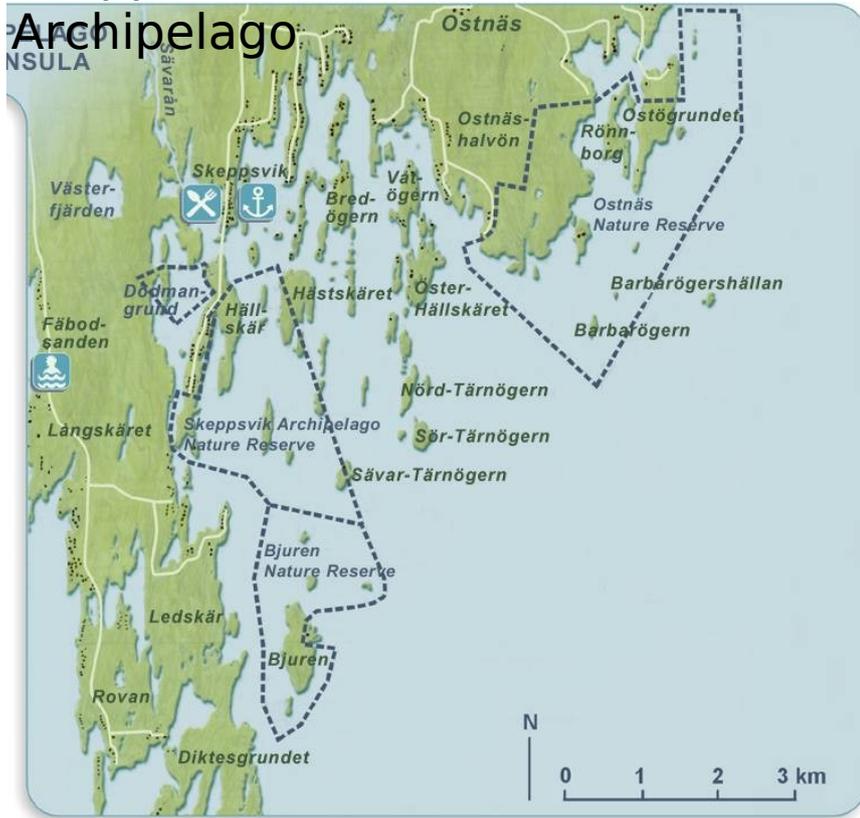
Giles & Goudet, 1997

Estructura poblacional y coeficiente de fijación (Wright)

Efecto homogeneizante del flujo génico

Skeppsvik

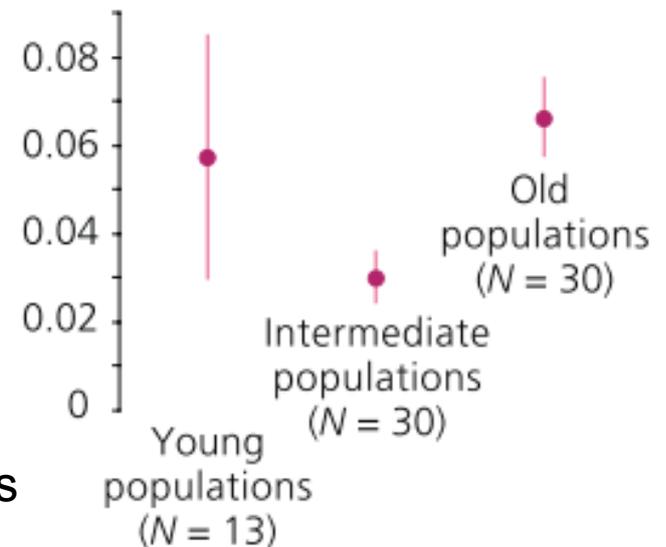
Archipelago



Silene dioica



Variation in allele frequencies among populations (F_{ST})



Predicciones:

1- Las islas jóvenes variarán en las frecuencias de alelos en muchos loci.

2- Las poblaciones intermedias serán mas homogéneas en las frecuencias de sus alelos (migración).

3- Las islas mas viejas variarán en sus frecuencias porque hay pocos sobrevivientes.

Giles & Goudet, 1997

Ejercicios

1. *Pinus hartwegii* es una especie de pino que se distribuye en regiones de alta montaña de México y América Central, donde predominan bajas temperaturas y alta humedad. Ante el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación prevista para las próximas décadas, se espera que las condiciones del hábitat sean menos favorables para esta especie y más propicias para otras especies de pinos que crecen a menor altitud. Ante este escenario, es de esperar que los cambios ambientales produzcan una disminución del tamaño poblacional y la variabilidad genética de *P. hartwegii* en regiones montañosas altas. En particular, se espera que las poblaciones que viven en ambientes de menor altitud sean las más afectadas.

Con el fin de conservar esta especie y poner a prueba estas predicciones, se estudió la variabilidad genética de *P. hartwegii* utilizando un marcador codominante (la isoenzima G6P) en individuos de tres subpoblaciones distribuidas a lo largo de un gradiente altitudinal. A continuación, se muestran las proporciones de cada genotipo en las subpoblaciones estudiadas.

Población	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂
3250 msnm	0.6	0.3	0.1
3450 msnm	0.6	0.2	0.2
3750 msnm	0.2	0.1	0.7

- Calcular el coeficiente de endogamia (F) para cada subpoblación.
- ¿Estas subpoblaciones corren peligro de ser desplazadas por otras a las cuales les favorece el cambio en las condiciones ambientales?
- Calcular el Coeficiente de Fijación (F_{st}) para toda la población. Nota: para esto, deberá realizar el cálculo de H_T (heterocigosis esperada por Eq de H-W si todas las subpoblaciones estuviesen fusionadas) y H_s (Heterocigosis esperada por eq. de H-W en promedio para subpoblaciones).
- Debido a que esta especie podría estar amenazada, se ha propuesto conservar semillas en la bóveda global de semillas de Svalbard (Noruega). Considera que para recolectar la mayor diversidad genética posible es necesario muestrear todas las subpoblaciones o con una sola aparentemente sería suficiente. Justifique su respuesta.

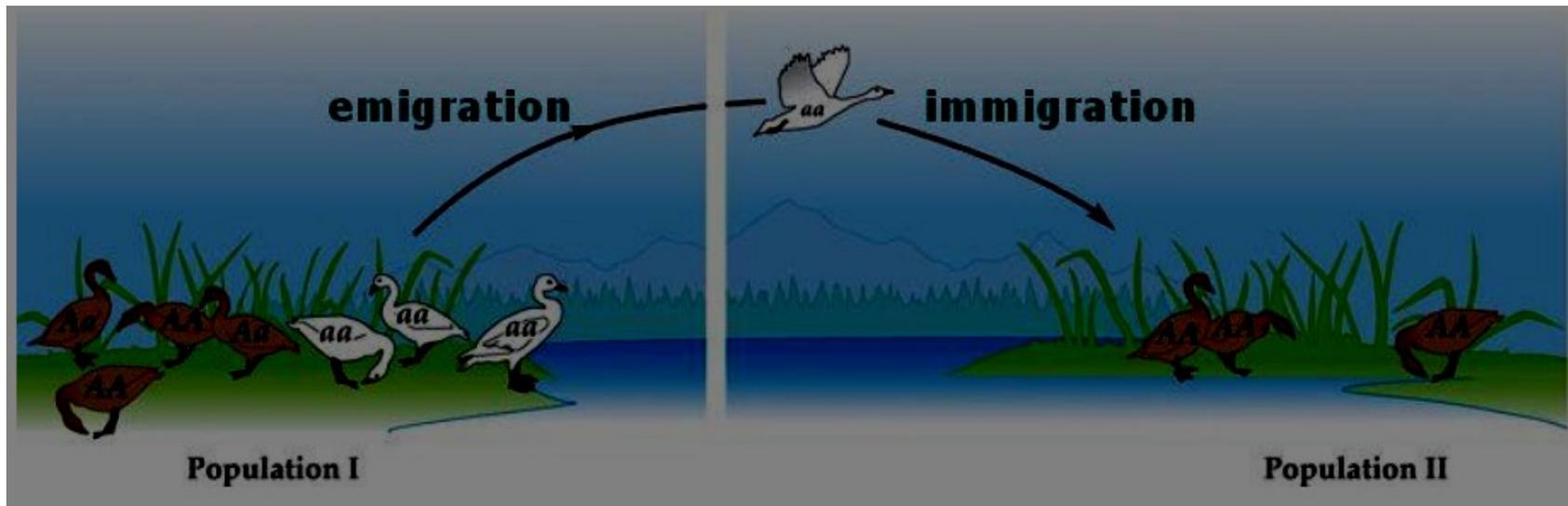
Conclusiones Flujo Génico

En estudios de especies muy diversas se ve que el flujo génico es en general limitado y está principalmente determinado por:

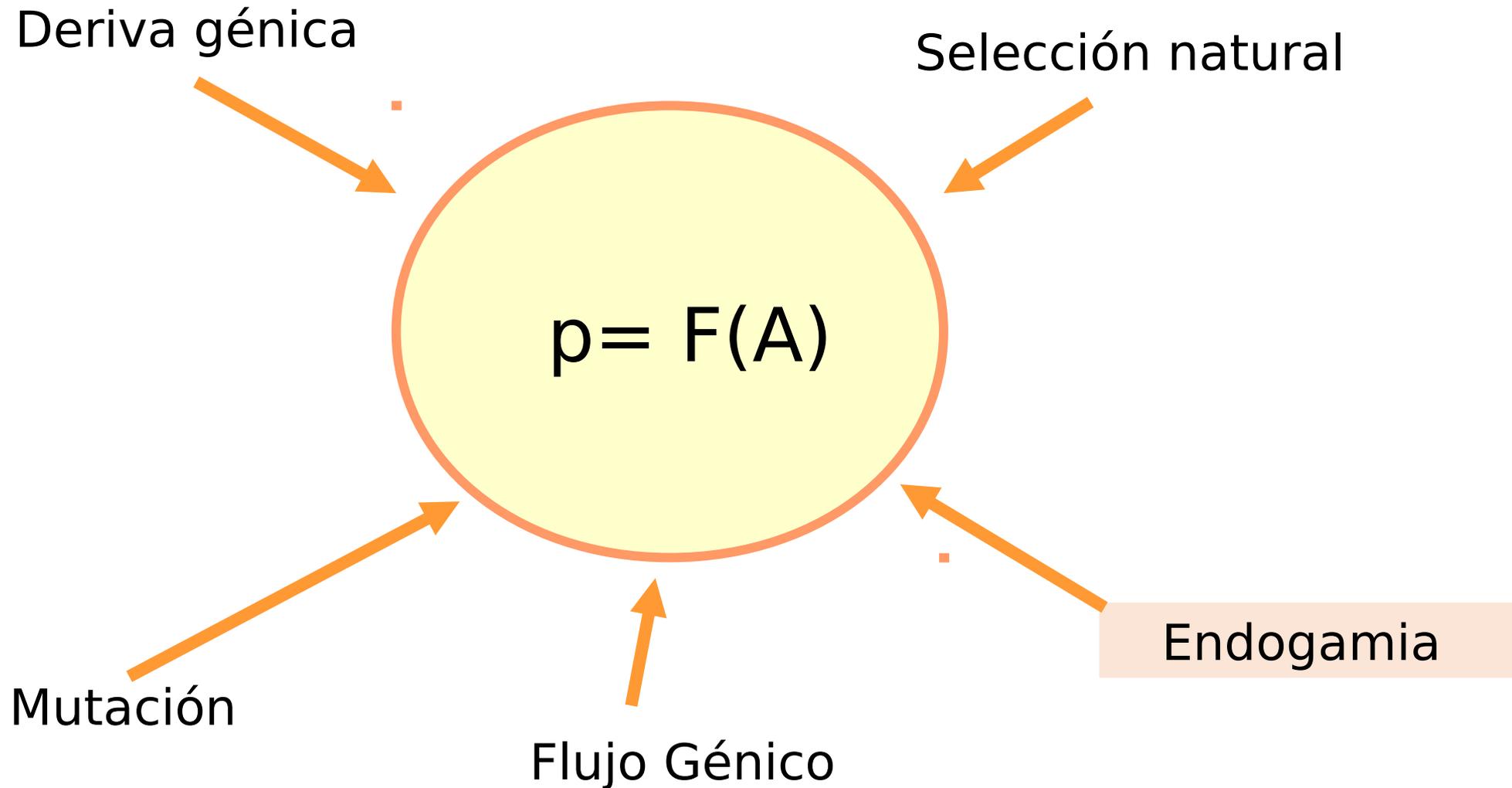
- El grado de aislamiento de las poblaciones
- La movilidad de los organismos

Sus efectos sobre las frecuencias alélicas dependen de:

- Tasa de migración (número de migrantes)
- Frecuencias alélicas de las dos poblaciones
- Tamaño de la población receptora



Factores de evolución

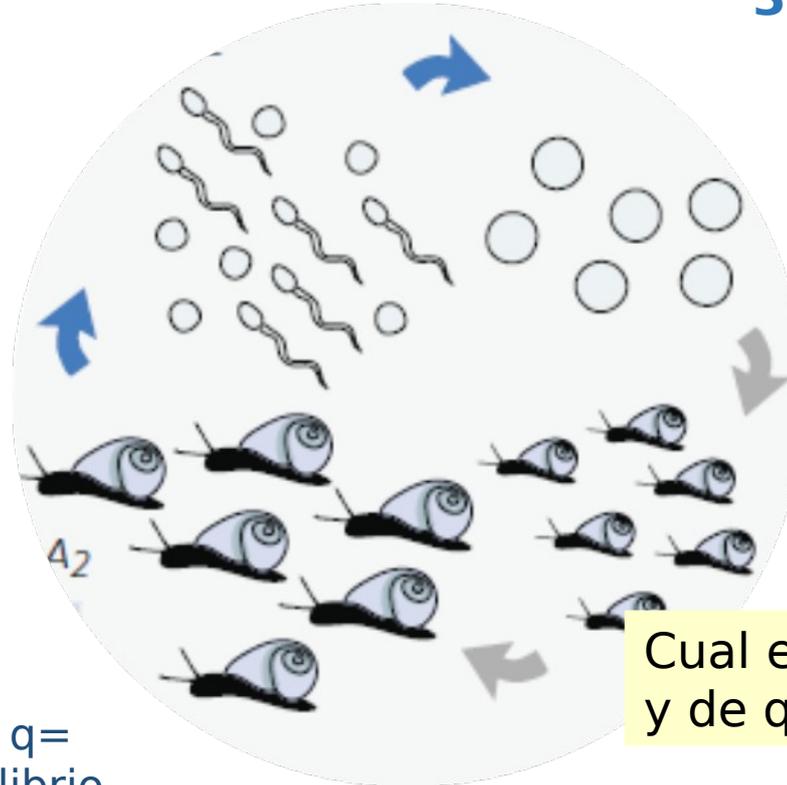


- 1- Las frecuencias alélicas de una población no cambiarán generación tras generación,
- 2- Si las frecuencias alélicas están dadas por p y q , las frecuencias genotípicas serán: $p^2 + 2pq + q^2$

Apareamiento no al azar. Endogamia

Genotipo:	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
	375	250	375

Cada individuo produce cría por autofecundación



Cual es la frecuencia final de p y de q?

Frecuencias iniciales: $p = 0.5$; $q = 0.5$, la población está en equilibrio

Genotipo:	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
	250	500	250
	250	500	250
	437.5	125	437.5
	468.25	62.5	468.25

La autofecundación reduce la proporción de heterocigotas a la mitad en cada generación y aumenta la proporción de homocigotas

Endogamia: autofecundación



Enhydra lutris



Aniquiladas por el comercio de pieles
llegaron a 50 individuos
Puestas en protección en 1911

Locus PAP (1-phenyl-alanyl-1-proline peptidase)

SS	SF	FF
16	7	10

Deficiencia de Heterocigotas

Las frecuencias de S y F son: $S: \frac{2(16)+7}{66} \approx 0.6$ $F: \frac{7+2(10)}{66} \approx 0.4$

Si la población de nutrias estuviera en eq. de HW las frecuencias de los genotipos serían:

SS: $(0.6)^2 = 0.36$ **SF:** $2(0.6)(0.4) = 0.48$ **FF:** $(0.4)^2 = 0.16$

Las frecuencias actuales, sin embargo son:

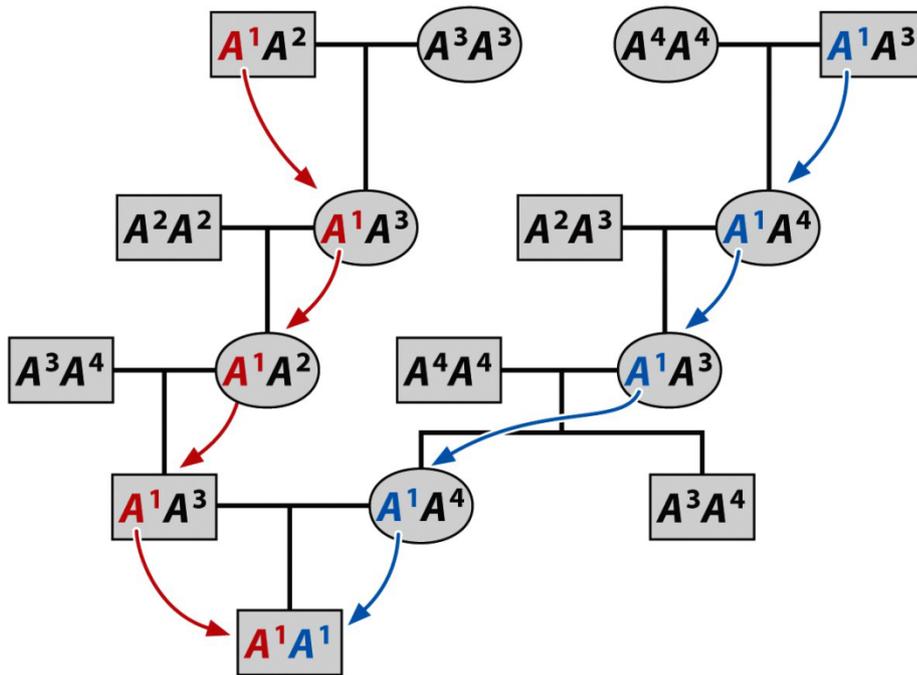
SS: $16/33 = 0.485$ **SF:** $7/33 = 0.212$ **FF:** $10/33 = 0.303$

Lidicker &
McCollum, 1997

Análisis general de la Endogamia

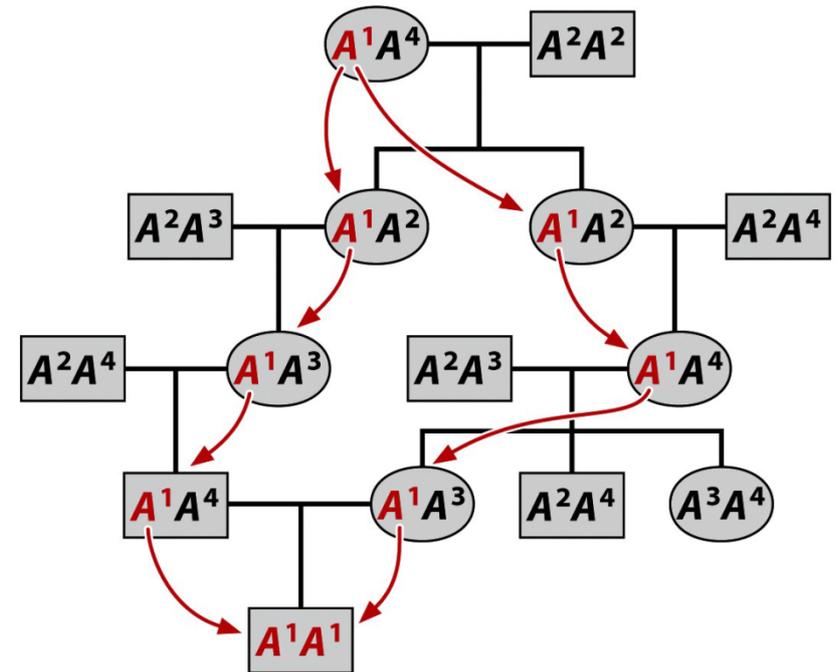
Coeficiente de endogamia: F

Alocigotos



Homocigotas por estado

Autocigotos



Homocigotas por descendencia

Es la probabilidad de que dos alelos en un individuo sean idénticos porque provienen de un ancestro común.

Coeficiente de endogamia

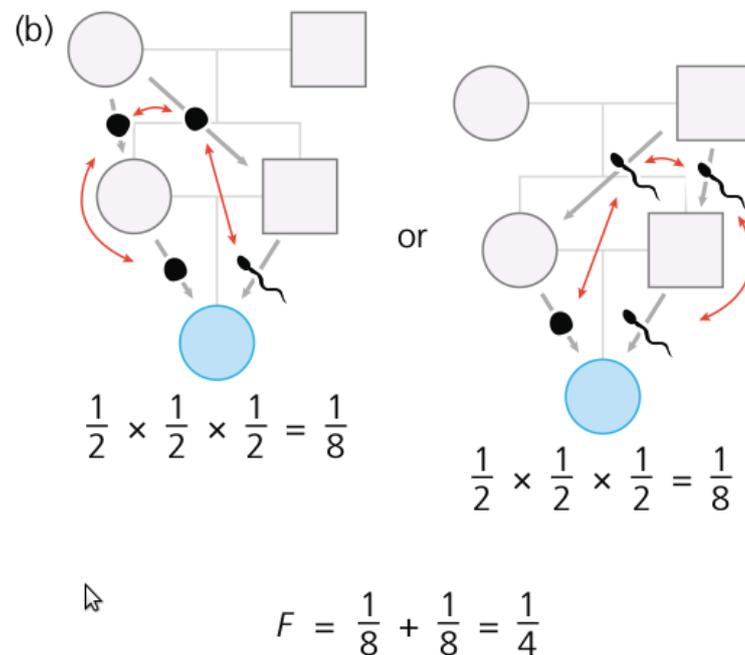
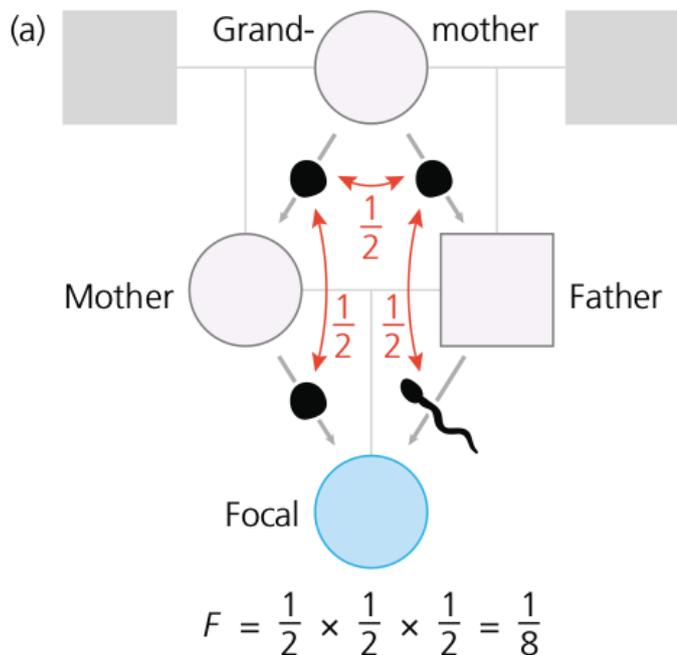
$$\begin{array}{ccc} A_1A_1 & A_1A_2 & A_2A_2 \\ p^2(1 - F) + pF & 2pq(1 - F) & q^2(1 - F) + qF \end{array}$$

La fracción de individuos heterocigotas es proporcional a (1-F)

Coeficiente de endogamia

$$\begin{array}{ccc}
 A_1A_1 & A_1A_2 & A_2A_2 \\
 p^2(1 - F) + pF & 2pq(1 - F) & q^2(1 - F) + qF
 \end{array}$$

$$H_F = H_0(1 - F)$$



Endogamia

$$H_0 (1-F) = H_F$$

$$F = (H_0 - H) / H_0$$

Podemos calcular el coeficiente de endogamia mediante dos cantidades medibles: H_0 y H

El coeficiente de endogamia es una medida de la reducción de la heterocigocis comparada con una población panmíctica para el mismo alelo

Endogamia. Depresión por endogamia

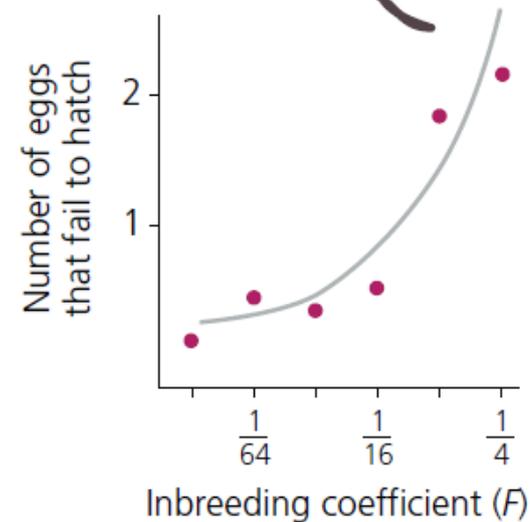
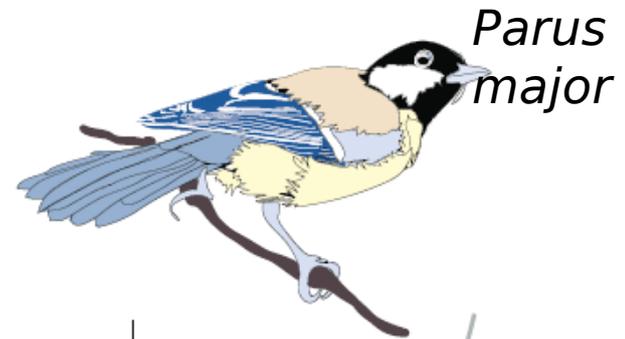
¿Cuál es el problema de la homocigosis?

Supongamos alelo letal recesivo con:

$$q = 0,01$$

$$q^2 = 0,0001 \text{ (= } 1/10.000 \text{ si } F = 0)$$

Si $F = 0,25$ entonces

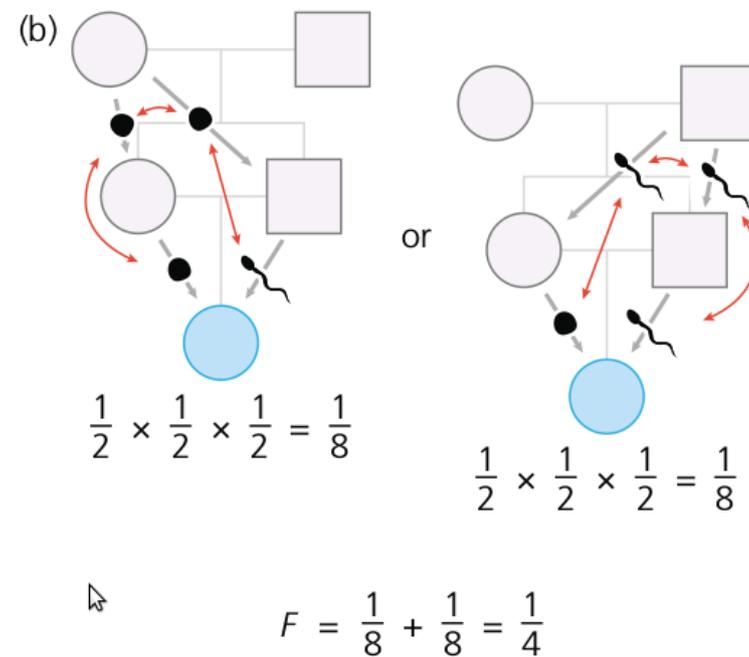
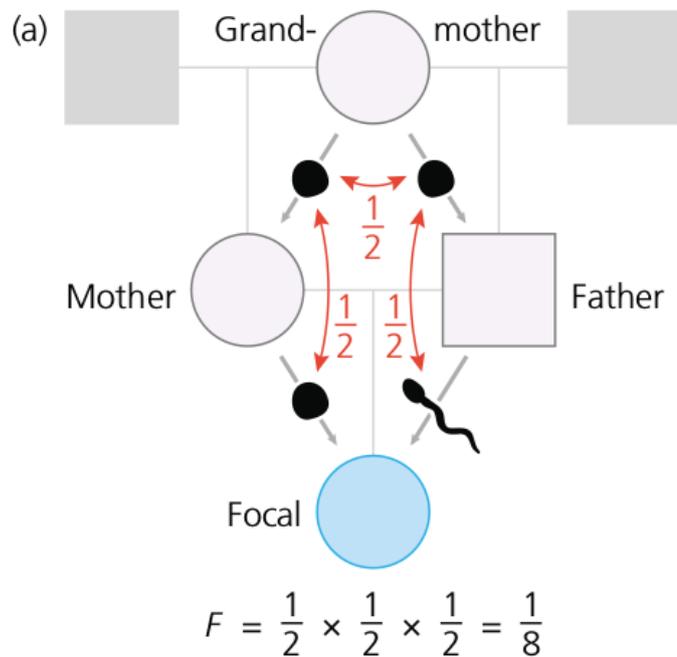


Depresión por endogamia: fuertes efectos sobre el éxito reproductivo.

$$\begin{array}{ccc}
 A_1A_1 & A_1A_2 & A_2A_2 \\
 p^2(1 - F) + pF & 2pq(1 - F) & q^2(1 - F) + qF
 \end{array}$$

$$R: q^2 + Fpq$$

$$H_F = H_0(1 - F)$$



Endogamia. Depresión por endogamia

¿Cuál es el problema de la homocigosis?

Aumenta la probabilidad de que alelos recesivos letales se combinen.

Supongamos alelo letal recesivo con:

$$q = 0,01$$

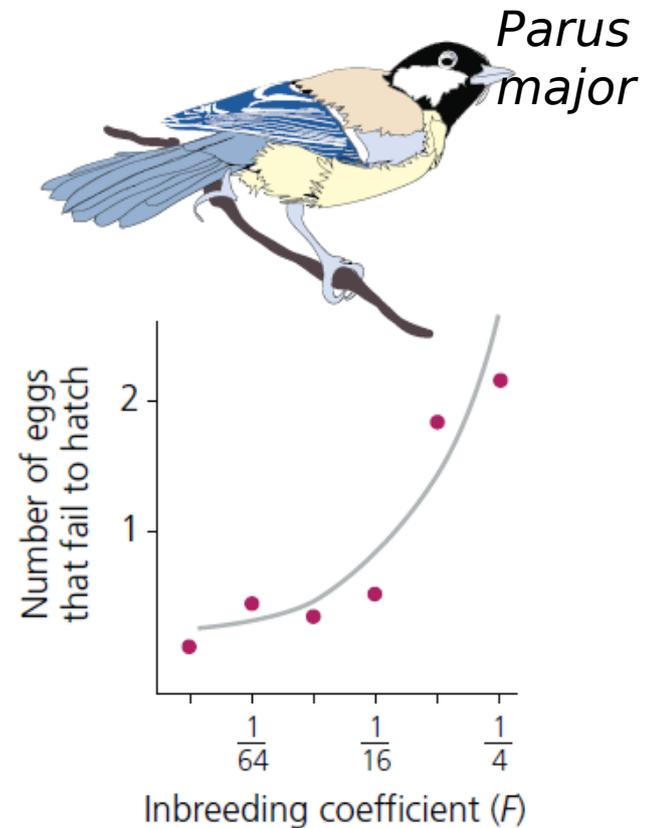
$$q^2 = 0,0001 \text{ (= } 1/10.000 \text{ si } F = 0)$$

Si $F = 0,25$ entonces

$$R: q^2 + Fpq$$

$$q^2 = 0,0001 + 0,25 \cdot pq = 0,0026$$

(26 veces más probable)



Depresión por endogamia: fuertes efectos sobre el éxito reproductivo.

Endogamia o consanguinidad

- ❖ Es la unión o reproducción entre individuos genéticamente emparentados.
- ❖ La “consanguinidad o endogamia” se produce por la ocurrencia de apareamientos entre parientes a una frecuencia superior de la que cabría esperar si el apareamiento fuese aleatorio (\neq Panmixia).
- ❖ El efecto de la endogamia en las poblaciones es el incremento de la frecuencia de los genotipos homocigotas (a expensas de los heterocigotas) por sobre las frecuencias esperadas según el Eq. de H-W.
- ❖ Aunque la endogamia altera las frecuencias genotípicas de la población, no modifica las frecuencias alélicas. Por consiguiente, la endogamia por sí sola no puede considerarse un factor evolutivo. Sin embargo, la endogamia tiene efectos evolutivos (indirectos, mediados por SN).
- ❖ La endogamia disminuye el valor adaptativo de los individuos.

Endogamia: consecuencias genéticas – Depresión endogámica

- Las poblaciones llevan alelos deletéreos en baja frecuencia.
- Porque son raros, esos alelos se encuentran principalmente en heterocigosis
- La endogamia aumenta la frecuencia de homocigotas, por lo que esos alelos se expresan más
- Consecuencias en humanos: mortalidad, retardo mental, albinismo, y otras anomalías físicas
- Cada uno de nosotros lleva en promedio 3-5 alelos letales en heterocigosis (Morton et al. 1956)
- Mortalidad de aves 70% más alta en parejas relacionadas
- En plantas, algunos componentes del fitness se reducen hasta un 50% en descendencia autocruzada



"No, it's just that the royal inbreeding makes me look like a frog."

