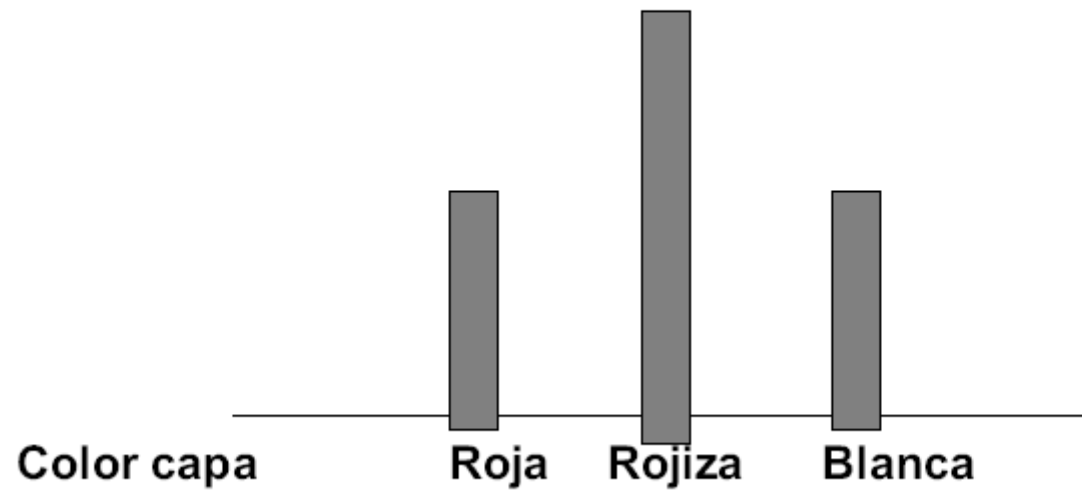


**BASES GENÉTICAS** de las características de interés (económico) de las poblaciones animales.

**HERENCIA MENDELIANA Y HERENCIA POLIGÉNICA**

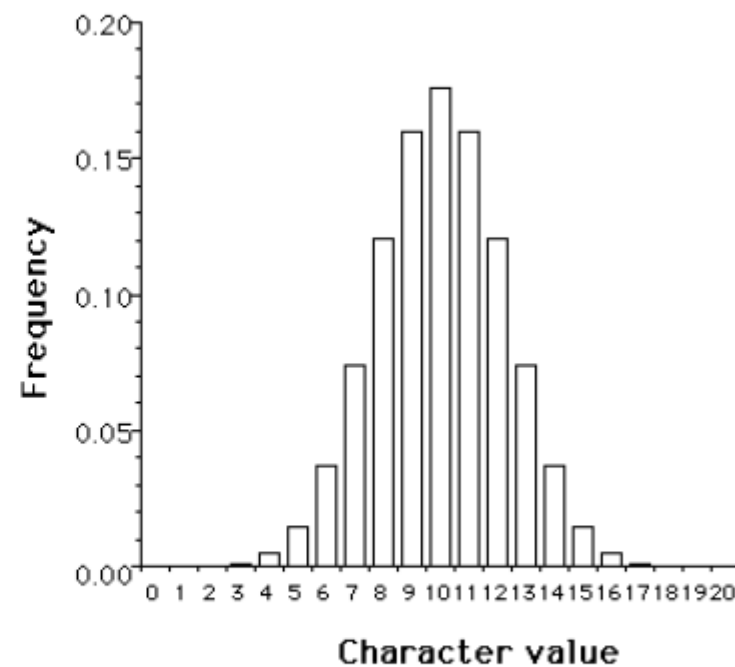
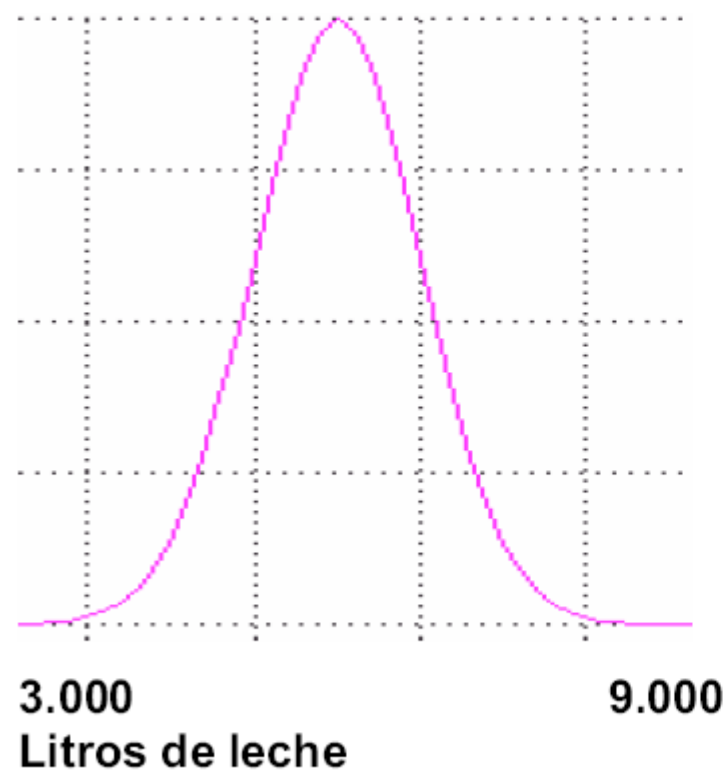
## Tipos de caracteres de interés económico:

### 1) **caracteres cualitativos** (categóricos):



## Tipos de caracteres de interés económico:

2) **caracteres cuantitativos** => **variación continua**



**¿CÓMO DESCRIBIR GENÉTICAMENTE UN CARÁCTER EN  
UNA POBLACIÓN ANIMAL?**

**A) CARÁCTER CUALITATIVO:**

## A) CARÁCTER CUALITATIVO:

Ejemplo: caso más sencillo de herencia, un gen con dos alelos:

1) describimos las características genéticas de un individuo simplemente describiendo los alelos de los que es portador.

2) De la misma forma, las características genéticas de una población se pueden describir a través de las **frecuencias génicas y genotípicas** para este locus.

La ***frecuencia génica*** es la frecuencia relativa con la que un alelo ocupa un determinado *locus*.

La ***frecuencia genotípica*** es la frecuencia relativa de un genotipo en una población.

## Ejemplo

El color de la capa de la piel en vacas Shorthorn está regido por un gen con dos alelos  $R$  (coloración rojiza) y  $r$  (coloración blanca), con comportamiento aditivo. En una población de 300 animales encontramos que 135 tiene la capa rojiza, 15 blanca y 150 coloración intermedia.

Las frecuencias genotípicas son por lo tanto 45, 5 y 50% respectivamente para los genotipos  $RR$ ,  $rr$  y  $Rr$ .

Las frecuencias génicas según:

	$RR$	$Rr$	$rr$	Total
Número animales	135	150	15	300
Número de alelos	$R$ 270	150	0	420
	$r$ 0	150	30	180

La frecuencia del alelo  $R$  es  $420/600 = 0.7$

La frecuencia del alelo  $r$  es  $180/600 = 0.3$

Normalmente se usan las letras  $p$  y  $q$  ( $p=0.7$ ,  $q=0.3$ ). Siempre se cumple que  $p + q = 1$ .

# ¿QUÉ RELACIÓN EXISTE ENTRE AMBAS?

		Frecuencia gametos femeninos	
		A (p)	a (q)
Frecuencia gametos masculinos	A (p)	AA ( $p^2$ )	Aa (pq)
	a (q)	aA (pq)	aa ( $q^2$ )

Ley Hardy-Weinberg

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

## Ley Hardy-Weinberg

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

IMPLICACIÓN: Las frecuencias génicas de la población permanecen constantes de generación en generación, dado que:

	AA	Aa	aa		
Frec. genotípicas en los hijos	$p^2$	$2pq$	$q^2$		
Frec. génicas en los hijos	A	$2p^2$	$2pq$	$0$	$(2p^2+2pq)/2=p(p+q)=p$
	a	$0$	$2pq$	$2q^2$	$(2pq+2q^2)/2=q(p+q)=q$



Iguales a las frec. génicas en los padres

Por ello, cuando en una población se cumple la ley Hardy-Weinberg, se dice que la población está en **equilibrio Hardy-Weinberg** (no cambian sus características genéticas)

¿QUÉ SE DEBE DE CUMPLIR PARA QUE UNA POBLACIÓN ESTÉ EN EQUILIBRIO DE HARDY-WEINBERG?

1 - Que los organismos sean diploides. (Ojo genes ligados al sexo)

2 - Que no exista solapamiento entre generaciones.

3 - Que los apareamientos sean al azar.

4 - Que el tamaño de la población sea grande. (En teoría la asunción es que el tamaño de la población sea infinito. En la práctica 500 o más individuos)

5 - Que no exista migración, selección, ni mutación.

## Ley Hardy-Weinberg

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

Referida a una población animal y a un *locus* autosómico con dos alelos puede enunciarse cómo:

*' En una población de tamaño infinito (o muy elevado), con apareamientos al azar, generaciones discretas y ausencia de selección, migración y mutación, las frecuencias génicas y genotípicas permanecen constantes generación tras generación, existiendo una relación sencilla entre ambas: si p y q son las frecuencias de los alelos A y a, p<sup>2</sup>, 2pq y q<sup>2</sup> son las frecuencias de los genotipos AA, Aa y aa '*

## **→ ¿QUÉ VÍAS DE MEJORA SE PUEDEN UTILIZAR?**

### **Primera cuestión, ¿QUÉ PUEDE CAUSAR CAMBIOS GENÉTICOS?**

Vamos a considerar el caso más simple de herencia, 1 locus / 2 alelos (a partir de ahí podemos inferir a la herencia poligénica)

Recordando el equilibrio Hardy-Weinberg, se incumple si:

- el **TAMAÑO DE POBLACIÓN ES PEQUEÑO**
- los **APAREAMIENTOS NO SON AL AZAR**
- existe **MIGRACIÓN, SELECCIÓN y/o MUTACIÓN**

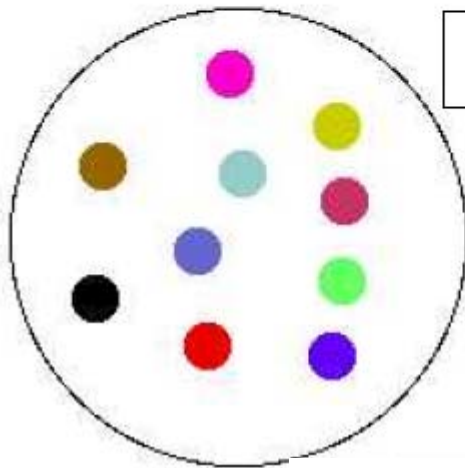
¿Cuál es el efecto de esas situaciones?

Recordando el equilibrio Hardy-Weinberg, se incumple si:

- el **TAMAÑO DE POBLACIÓN ES PEQUEÑO**
- los **APAREAMIENTOS NO SON AL AZAR**
- existe **MIGRACIÓN, SELECCIÓN y/o MUTACIÓN**

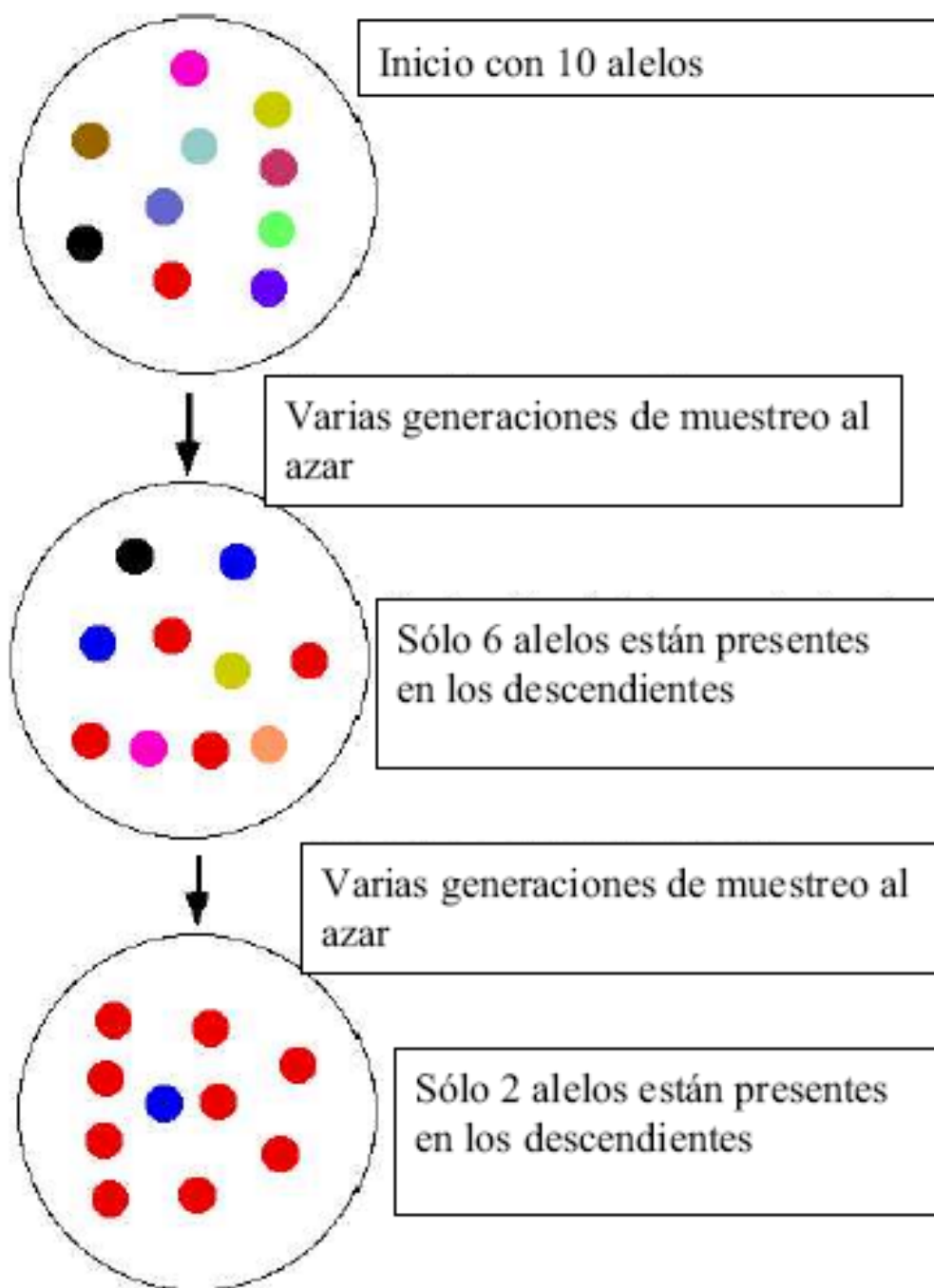
## - el **TAMAÑO DE POBLACIÓN ES PEQUEÑO**

Por azar es posible perder determinadas características genéticas :



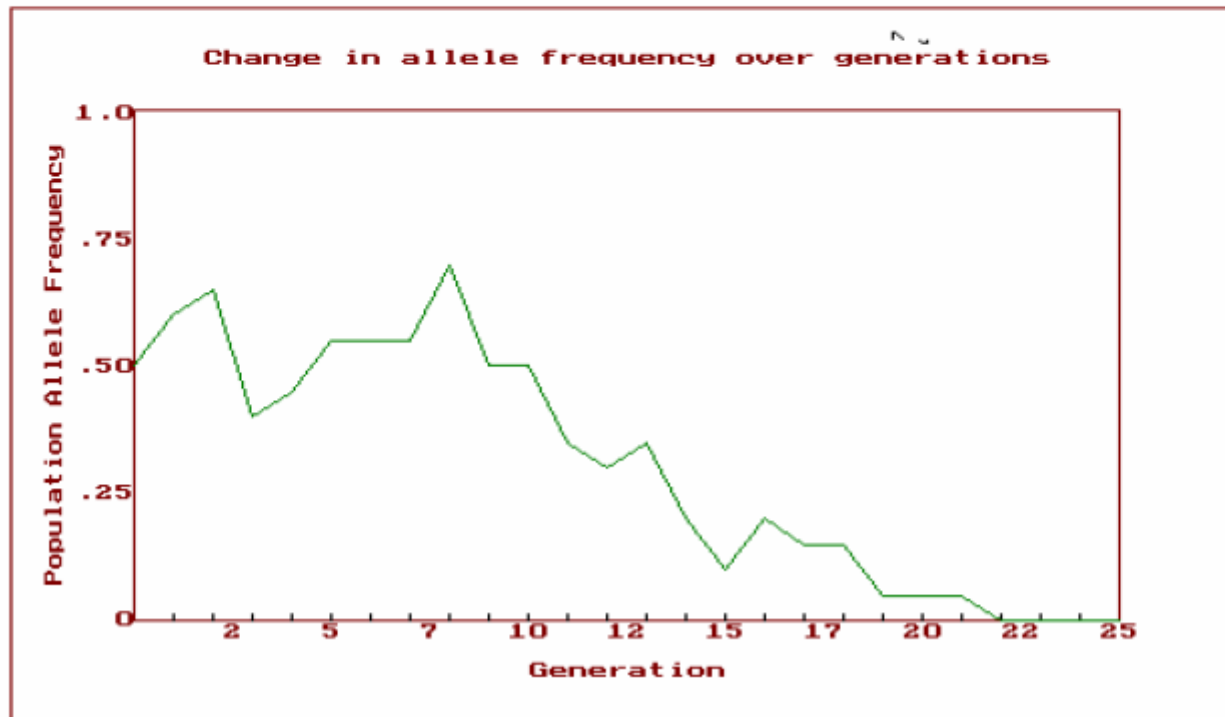
Inicio con 10 alelos

A este fenómeno se le llama **DERIVA GENÉTICA**

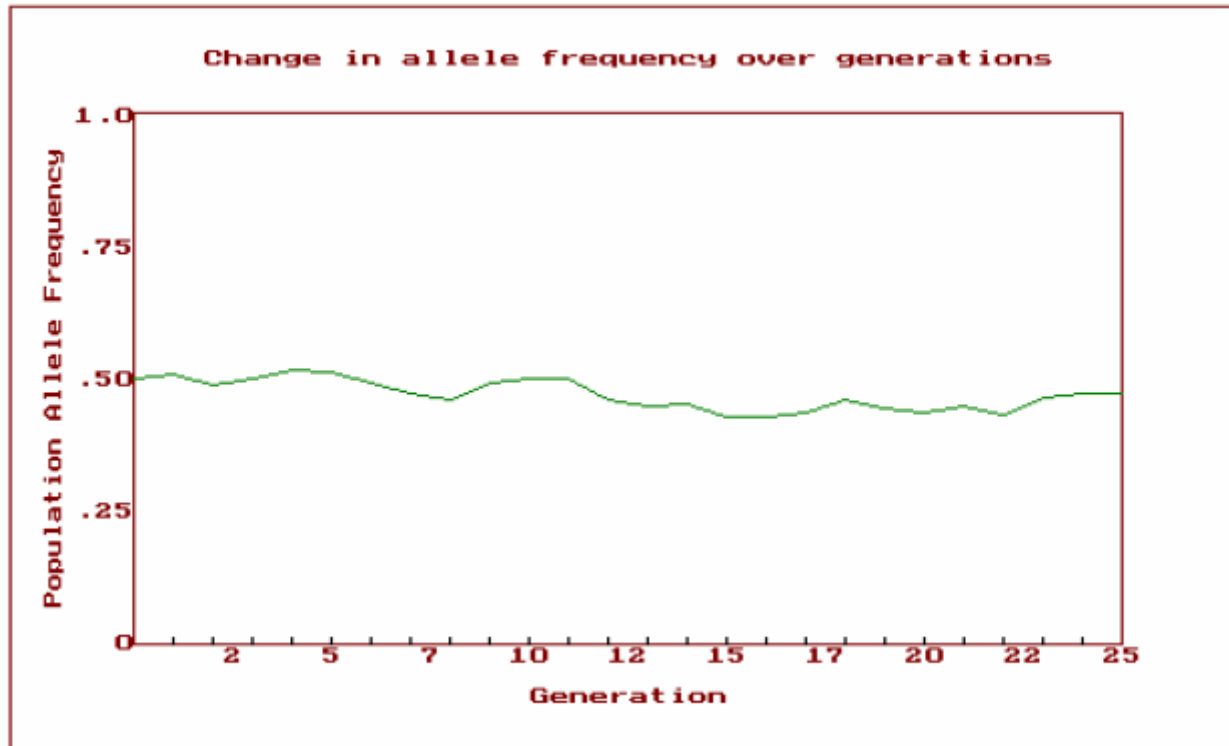


El efecto de la DERIVA GENÉTICA, es decir la probabilidad de perder características genéticas, depende del tamaño de población:

10 animales:



1000 animales:



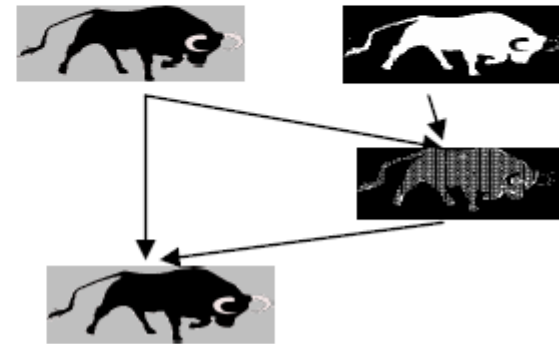
Recordando el equilibrio Hardy-Weinberg, se incumple si:

- el **TAMAÑO DE POBLACIÓN ES PEQUEÑO**
- los **APAREAMIENTOS NO SON AL AZAR**
- existe **MIGRACIÓN, SELECCIÓN y/o MUTACIÓN**

## - los **APAREAMIENTOS NO SON AL AZAR**

### Ejemplo : Apareamiento entre parientes

Al apareamiento entre parientes se le conoce como *endogamia* o *consanguinidad*.



## **CONSECUENCIAS:**

Implica un aumento de la Homocigosis:

- 1 - Fijación características
- 2 - Pérdida variabilidad genética
- 3 - Aparición de características no deseables (ej. alelos letales)
- 4 - Disminución de las producciones (**DEPRESIÓN CONSANGUÍNEA**):

#### 4 - Disminución de las producciones (**DEPRESIÓN CONSANGUÍNEA**):

¿Por qué?

Sólo se manifiesta el efecto individual de los alelos (genes), no el de sus interacciones.

valor genético (G) =

$\Sigma$  efecto alelos loci determinan el carácter (valor aditivo, A) +  
 ~~$\Sigma$  interacciones entre los alelos de un locus (dominancia, D) +~~  
 ~~$\Sigma$  interacciones entre los alelos de distintos loci (epistasia, I)~~

$$P = A + D \times I + E$$

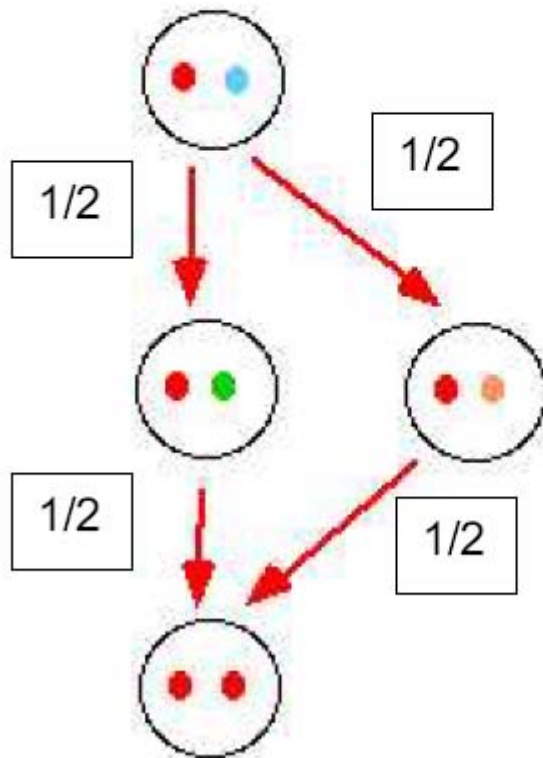
DERIVA Y CONSANGUINIDAD PRODUCEN UN AUMENTO DE LA HOMOCIGOSIS, PUDIENDO IMPLICAR DEPRESIÓN CONSANGUÍNEA

EJERCICIO - EJEMPLO

# CONSANGUINIDAD

Se mide a través del Coeficiente de consanguinidad:

- Se representa por la letra F.
- Probabilidad de que un individuo sea portador, en un determinado locus, de dos copias de un mismo alelo procedentes de un único ascendiente.



$$\text{Prob(rojo,rojo)} = (1/2)^*(1/2)^*(1/2)^*(1/2)=0.0625$$

$$\text{Prob(azul,azul)} = (1/2)^*(1/2)^*(1/2)^*(1/2)=0.0625$$

$$F = \text{Prob(rojo,rojo)} + \text{Prob(rojo,rojo)} = 0.125$$

¿Se puede predecir el Coeficiente de Consanguinidad de un individuo?

Sí, analizando el "parentesco" entre sus padres:

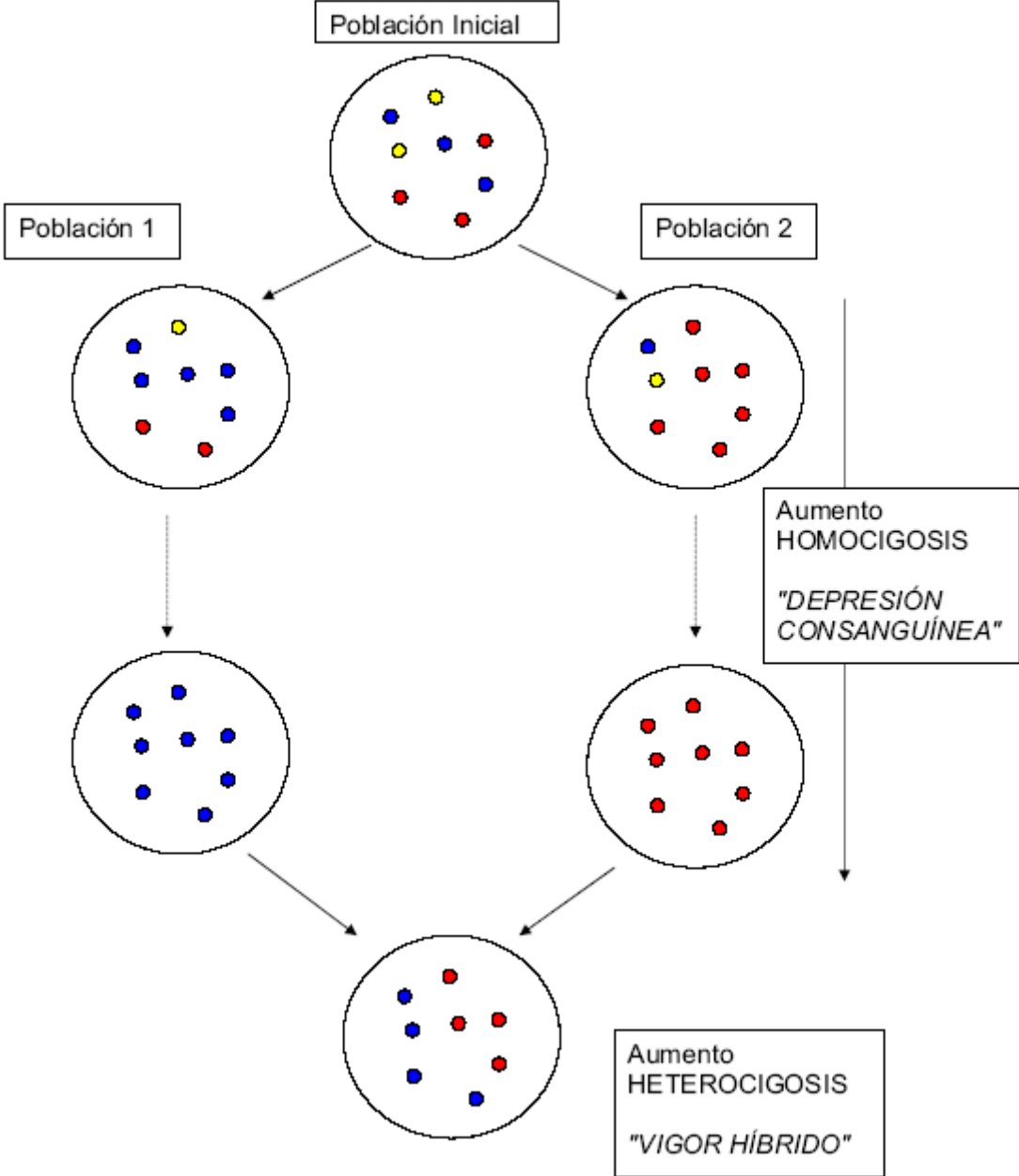
Se llama **coeficiente de parentesco entre dos individuos al coeficiente de consanguinidad que tendrían sus descendientes**

(Sirve para evaluar el interés de determinados apareamientos)

### **ALGUNOS VALORES:**

<u>Animales apareados</u>	<u>Coef. parentesco = F descendientes</u>
Padre - hijo	0.25
Hermanos completos	0.25
Medios hermanos	0.125
Hermanos gemelos	0.5
Abuelo - nieto	0.125
Bisabuelo - bisnieto	0.0625
Tio completo - sobrino	0.125
Medios primos	0.03125

Ejemplo : Apareamiento entre animales sin ninguna relación (animales de distintas poblaciones).



# EFFECTOS DE LA CONSANGUINIDAD Y LA HETEROSIS

Valores medios del efecto de un 10% de aumento en el coeficiente de consanguinidad de la camada y la madre sobre caracteres reproductivos, según Johnson (1990).

<b>Carácter</b>	<b>Camada</b>	<b>Madre</b>
Tasa de ovulación		-1,13
Supervivencia embrionaria	-3,3	-5,62
Nacidos totales	-0,29	-0,40
Nacidos vivos	0,01	-0,30
Tamaño camada a 21 días	-0,53	-0,22
Peso camada al nacimiento	-0,15	-0,46
Peso camada a 21 días	-1,72	-2,18

Valores medios de heterosis expresados en unidades físicas del carácter (a) y en porcentaje de la media parental (b), según Sellier (1976).

Carácter	$h^I$		$h^M$	
	(a)	(b)	(a)	(b)
Nacidos vivos	+0,3	3	+0,75	8
Lechones destetados	+0,45	6	+0,85	11
Peso lechón al destete	+0,5	5	0	0
Peso camada al destete	+9	12	-8	10
GMD	-0,04	6	0	0
Edad al sacrificio	-10	5	0	0
Índice de conversión	-0,08	3	0	0
Calidad canal	0	0	0	0

Recordando el equilibrio Hardy-Weinberg, se incumple si:

- el TAMAÑO DE POBLACIÓN ES PEQUEÑO
- los APAREAMIENTOS NO SON AL AZAR
- existe MIGRACIÓN, SELECCIÓN y/o MUTACIÓN

- existe **MIGRACIÓN, MUTACIÓN y/o SELECCIÓN**

## **Migración**

Vía muy eficaz para producir cambios genéticos  
(Extremo SUBSTITUCIÓN)

## Migración

Ejemplo:

Población con una proporción de  $m$  individuos nuevos inmigrantes cada generación ( $1-m$  individuos de la población original).

Si la frecuencia de un determinado gen es  $q_m$  en la población de inmigrantes y  $q_0$  en la de nativos, la frecuencia en la población resultante tras la inmigración será:

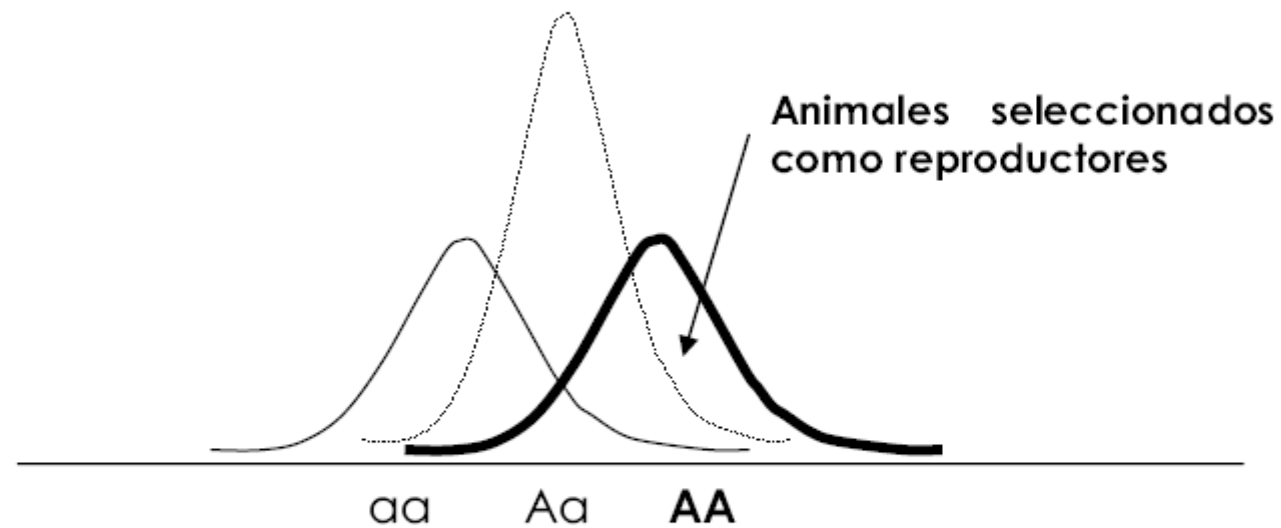
$$q_1 = m q_m + (1 - m)q_0 = m (q_m - q_0) + q_0$$

El cambio de la frecuencia génica depende por lo tanto del porcentaje de animales inmigrantes y de la diferencia entre las frecuencias génicas de las poblaciones que se mezclan.

## Mutación

- Las tasas de mutación que se han observado son muy bajas (entre  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$  por generación para la mayor parte de organismos).
- Para que las mutaciones puedan producir cambios importantes en las frecuencias alélicas, las tasas de mutación deben ser altas
- La mutación por si sola no permite por tanto explicar los cambios en las frecuencias alélicas observados en poblaciones naturales.
- Esos cambios deben atribuirse al efecto combinado con la selección.

## Selección



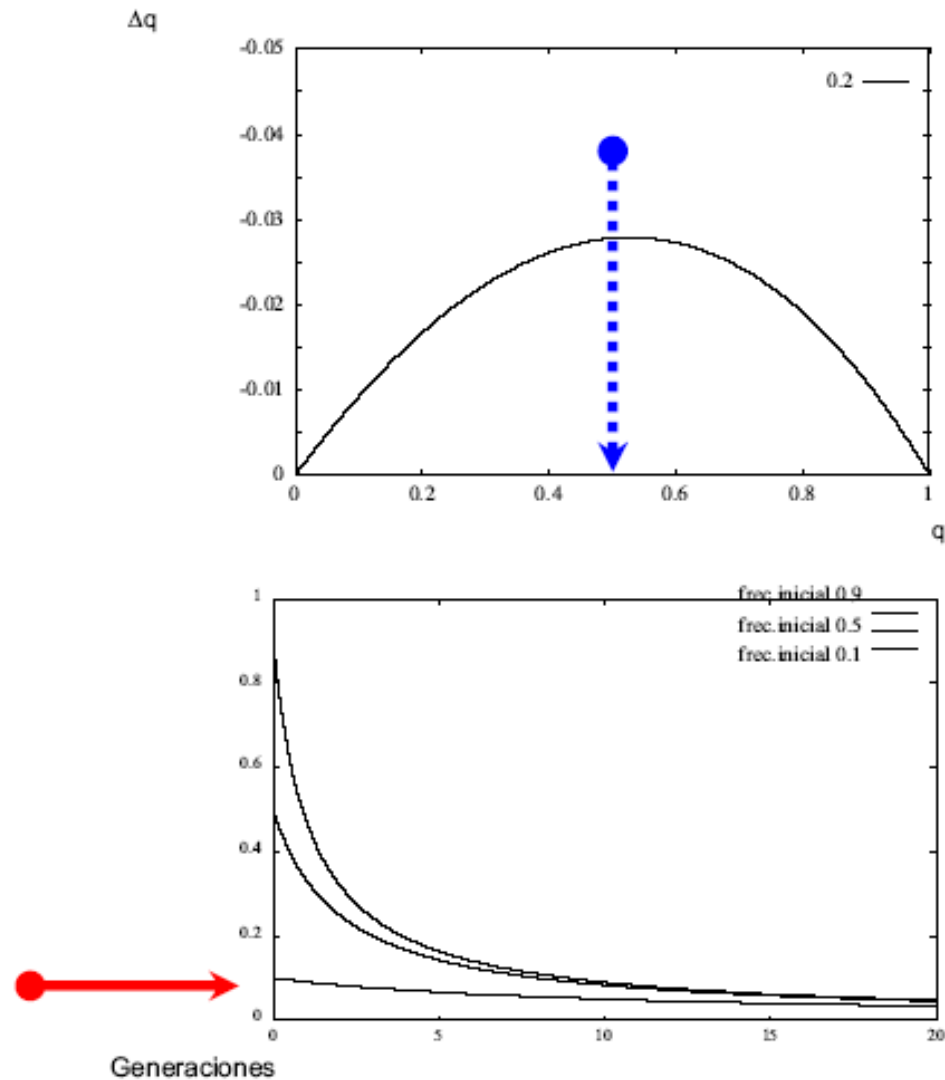
- el efecto de la selección depende del modelo genético, del coeficiente de selección y de las frecuencias génicas iniciales.

## Selección fenotípica

La selección por fenotipo a favor de un determinado alelo es más efectiva (requiere menos generaciones de selección) cuanto menos dominante sea ese alelo.

La existencia de dominancia enmascara el efecto del otro alelo en los animales heterocigotos: los animales **AA** y **Aa** tienen el mismo fenotipo, de modo que artificialmente no podemos escoger sólo los animales portadores del alelo favorable (**A**) sino que inevitablemente (a no ser que tengamos no sólo información del fenotipo) cogemos animales **Aa**, de modo que el alelo **a** sólo podrá desaparecer lentamente a lo largo de bastantes generaciones

- la selección es más efectiva (induce mayores cambios) cuando las frecuencias génicas iniciales son intermedias.
- hacer selección contra un gen que tiene una frecuencia muy baja es absolutamente inefectivo.



**En resumen, los procesos que pueden producir cambios genéticos en una población se pueden agrupar en:**

- apareamientos dirigidos
- procesos dispersivos, que producen cambios predecibles en magnitud pero no en dirección. Son producto de los efectos de muestreo en poblaciones pequeñas (DERIVA GENÉTICA)
- procesos sistemáticos, que producen cambios predecibles tanto en su dirección como en su magnitud. Hay tres procesos sistemáticos que, bien aislada o conjuntamente, tienden a variar las frecuencias génicas hacia la fijación o extinción de alelos o a situaciones de equilibrio en las que persisten simultáneamente varios alelos. (MIGRACIÓN, SELECCIÓN Y MUTACIÓN).

**Sólo podemos controlar los apareamientos dirigidos y los procesos sistemáticos de modo que las VÍAS de Mejora Genética Animal son:**

**SUSTITUCIÓN/MIGRACIÓN**

**SELECCIÓN**

**APAREAMIENTO**