

Curso sobre mitigación de los efectos adversos del Cambio Climático mediante programas de reforestación  
Cartagena de Indias(Colombia), 12-16 septiembre 2016

# Genética Cuantitativa

Eduardo Notivol

Unidad de Recursos Forestales

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

[enotivol@cita-aragon.es](mailto:enotivol@cita-aragon.es)





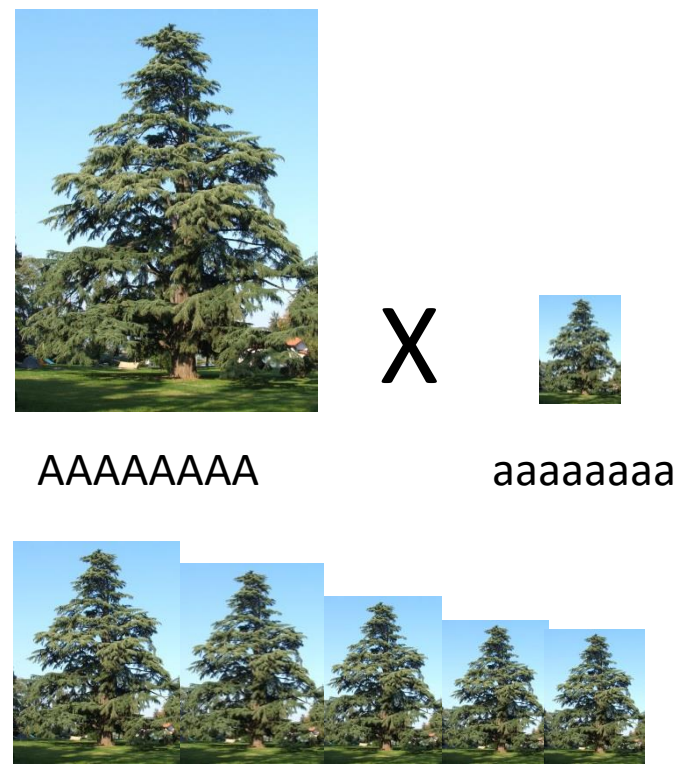
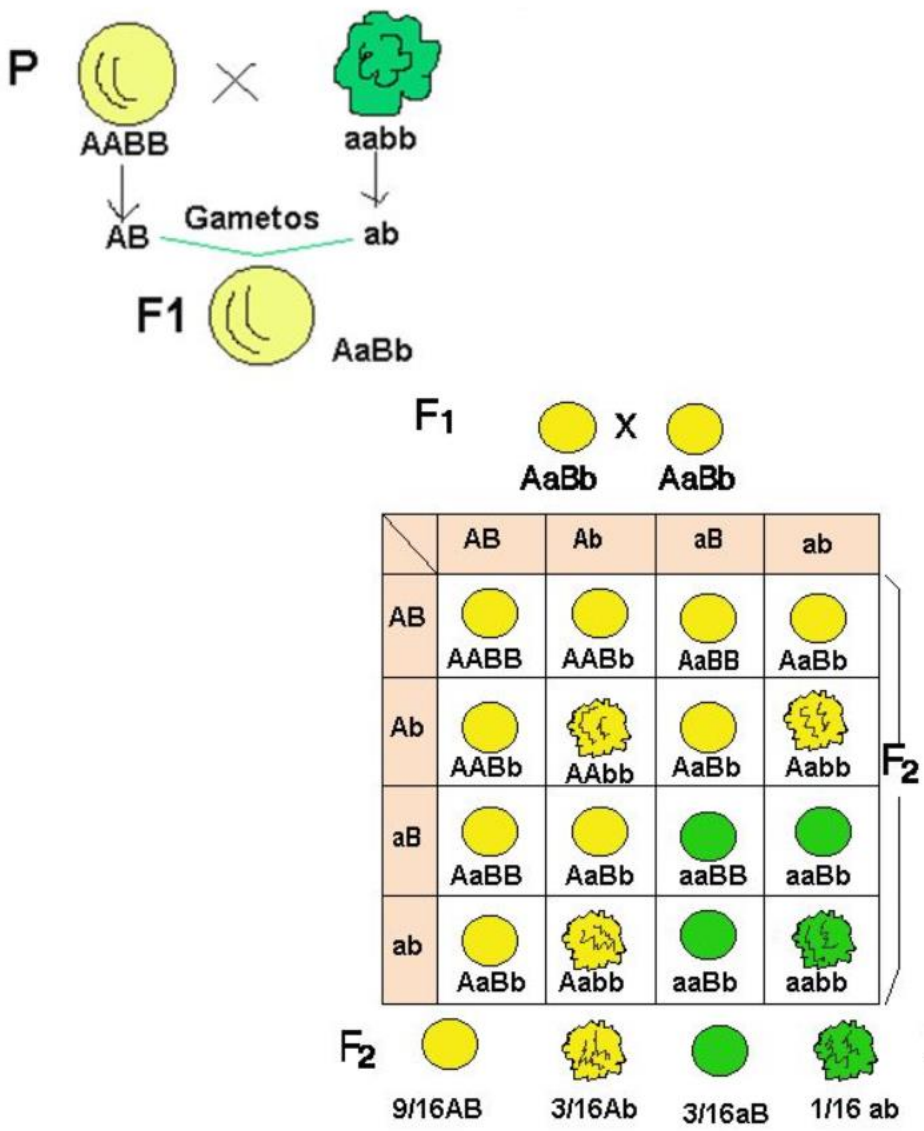
# Genética: Fuerzas Evolucion

- **Deriva genética:** Cambio no direccional freq. gen. entre generaciones / azar / peq pobl.
- **Selección (natural):** Contribución diferencial de genotipos de una población a la siguiente generación.
- **Migración:** Intercambio genes poblaciones
- **Sistemas de reproducción** Control recombinación y disposicion genes entre generaciones sucesivas
- **Mutación:** no relación ni periodos de actuación









**Genética cuantitativa:**  
**NO** Relación directa  
entre Fenotipo y Genotipo  
Distribución continua de genotipos

**Leyes de Mendel:** Relación directa entre Fenotipo y Genotipo  
Caracteres discretos



# Relación entre fenotipo /genotipo

⇒ Valor fenotípico/ genotípico:

*Nivel individual*

$$P = G + E + G \times E$$

$$G = A + D + I$$

*Nivel poblacional*

$$\sigma^2_p = \sigma^2_G + \sigma^2_A + \sigma^2_{G \times E}$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I$$

⇒ Relaciones de parentesco: covarianza genética

- ⇒ Parámetros genéticos:
- ⇒ heredabilidad
- ⇒ correlación genética
- ⇒ repetibilidad
- ⇒ coeficiente de predicción genética
- ⇒ CCG, CCE



# La estimación del valor genotípico se basa en el grado de parentesco de los árboles que se están evaluando

Parentesco	Covarianza	Regresión (b) Correlación (t)
<i>Poblaciones</i>	$\sigma^2_P$	-
Progenie y su progenitor	$1/2 \sigma^2_A$	$b = 1/2 h^2$
Progenie y su progenitor medio	$\sigma^2_A$	$b = h^2$
Medios hermanos	$1/4 \sigma^2_A$	$t = 1/4 h^2$
Hermanos	$1/2 \sigma^2_A + 1/4 \sigma^2_D + 1/16 \sigma^2_{EC}$	$t > 1/2 h^2$
Clones	$\sigma^2_G$	$t = H^2$









Policruzamiento (9x9 mezcla de polos)		Cruzamientos con evaluadores						Dialelo parcial										
♀	♂	♀	♂						♀	♂								
	M		A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	x	1	x	x	x	x	x	x	1		x	x	x	x				
2	x	2	x	x	x	x	x	x	2			x	x	x	x			
3	x	3	x	x	x	x	x	x	3			x	x	x	x			
4	x	4	x	x	x	x	x	x	4					x	x	x	x	
5	x	5	x	x	x	x	x	x	5						x	x	x	x
6	x	6	x	x	x	x	x	x	6	x						x	x	x
7	x	7	x	x	x	x	x	x	7	x	x						x	x
8	x	8	x	x	x	x	x	x	8	x	x	x						x
9	x	9	x	x	x	x	x	x	9	x	x	x	x					



# Selección natural:

## Los cuatro postulados de Darwin

- Los individuos dentro de las especies son variables
- Parte de esa variación se transmite a la descendencia
- En cada generación se producen más descendientes de los que sobreviven
- La supervivencia y reproducción de los individuos no es aleatoria: Los individuos que sobreviven y se reproducen, o que se reproducen más, con aquellos con las variaciones más favorables.

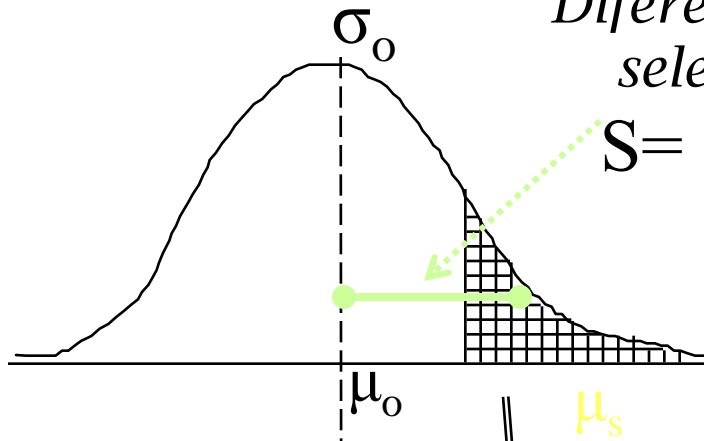
*Son seleccionados naturalmente*



1ª generación

Diferencial de selección

$$S = \mu_s - \mu_o$$



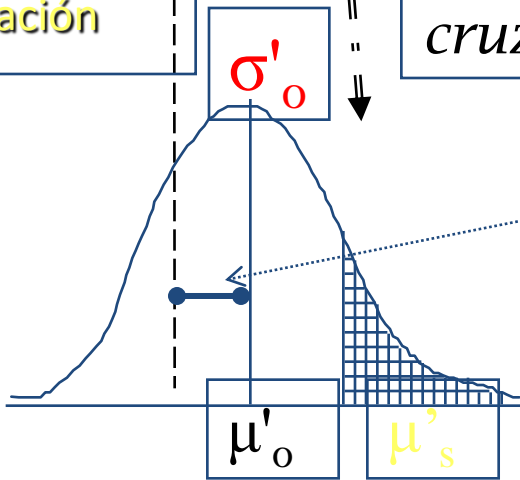
# Selección y Ganancia genética

$$\mu_o < \mu'_o$$

$$\sigma_o > \sigma'_o$$

2ª generación

Selección y cruzamientos



Ganancia genética

$$\Delta G = S * h^2$$

$$\Delta G = i * h^2 * \sigma_o$$



# Heredabilidad: Definición

⇒ Heredabilidad en sentido amplio:

$$H^2 = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P} = \frac{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA}}{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA} + \sigma^2_E}$$

⇒ Heredabilidad en sentido estricto

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA} + \sigma^2_E}$$

$$0 < h^2 < H^2 < 1$$





# Heredabilidad: concepto estadístico no biológico

1.- La heredabilidad de un carácter es una estimación específica de la **población** y del **ambiente** que uno está analizando.

2.-Esta estimación es un parámetro de una población y no de un individuo.

3.-La heredabilidad no indica en qué grado un carácter es genético, mide solamente la proporción de la Varianza Fenotípica que es el resultado de factores genéticos.





# Requisitos de un carácter para su uso en un programa de mejora

- ⇒ Tener un alto valor económico
- ⇒ Tener una heredabilidad alta
- ⇒ Ser fácilmente seleccionable a edades jóvenes
- ⇒ No estar correlacionados positivamente con caracteres no deseables
- ⇒ Estar correlacionados positivamente con rasgos de importancia económica



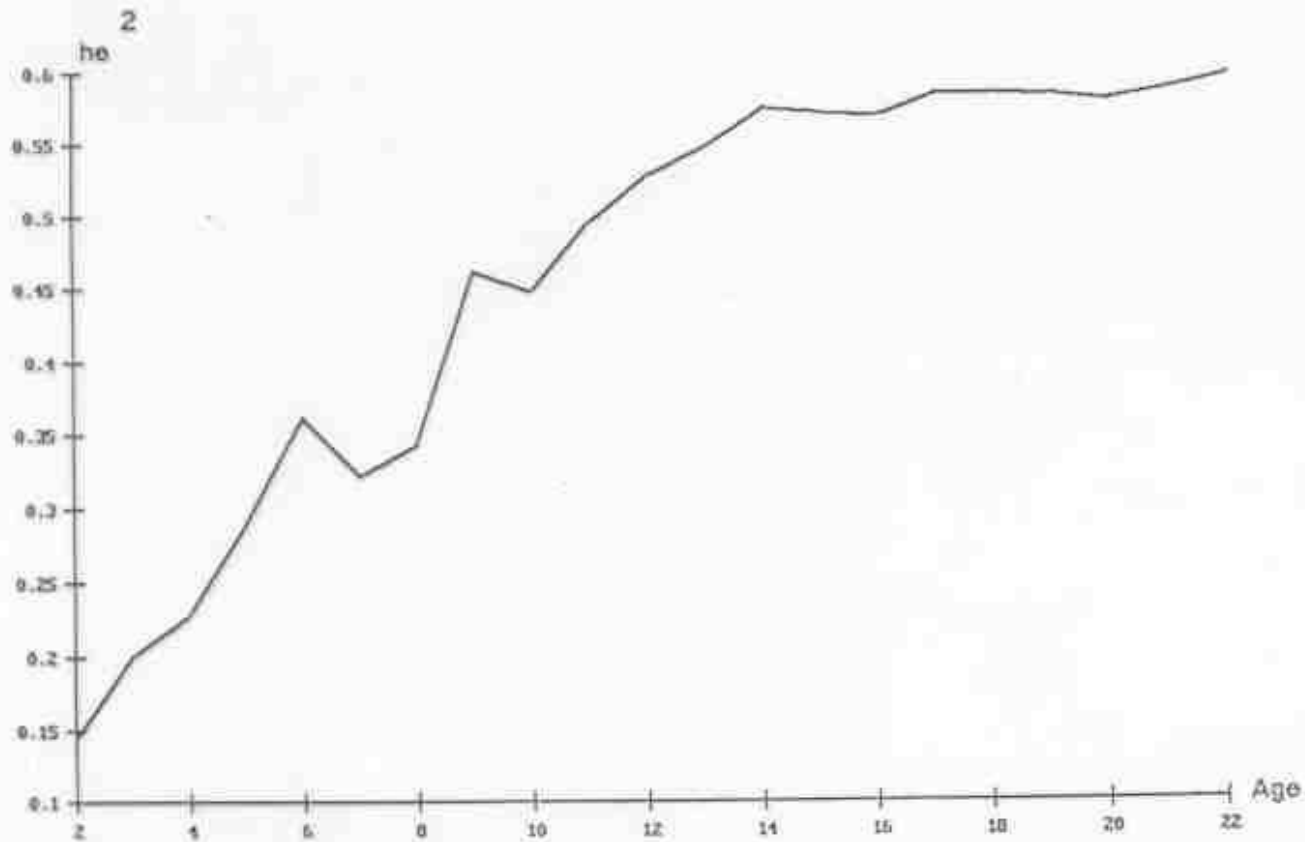
# Factores que influyen en el valor de la heredabilidad

- ⇒ Tipo de acción de los genes involucrados en la expresión del carácter
- ⇒ Estructura genética de la población
- ⇒ Condiciones ambientales
- ⇒ Definición del carácter



# Evolución de la heredabilidad con edad, y según definición del carácter

Evolución de la Heredabilidad del carácter altura en función de la edad.  
Ensayo de progenies de *P. pinaster* Ait. (Kremer, 1992)



Especie	Carácter	Heredabilidad	Autores	Edad	
<i>P. sylvestris</i>					
	Altura	0.14 ± 0.08	Velling y Tigerstedt (1984)	16	
		0.36 ± 0.11	Climent <i>et al.</i> (1997)	8	
	Ángulo ramas	0.22 ± 0.09	Velling y Tigerstedt (1984)	16	
	Densidad	0.46 - 0.56	Personn (1972)		
	Diámetro ramas:	0.05 ± 0.01	Velling y Tigerstedt (1984)	16	
	Diámetro	0.15 ± 0.09	Krusche <i>et al.</i> 1980	11	
		0.37 ± 0.23	Velling y Tigerstedt (1984)	16	
	Esbeltez	0.26 ± 0.13	Velling y Tigerstedt (1984)	16	
	Densidad (Pilodin):	0.81 ± 0.50	Velling y Tigerstedt (1984)	16	
<i>P. nigra (distintas subespecies)</i>					
	Altura	0.36	Alía y Durel (no publ).	16	
		0.35	Arbez y Miller (1972)	10	
	Diámetro	0.20	Arbez y Miller (1972)	10	
	Densidad madera	0.67	Arbez y Miller (1972)	10	
	Ángulo ramas	0.43	Alía y Durel (no publ).	16	
	Policiclismo	0.19	Alía y Durel (no publ).	16	
	Número de ramas	0.17	Arbez (1980)	10	
<i>P. pinaster</i>					
	Altura	0.19	Cotterill <i>et al.</i> (1987)	8.5	
		0.17 - 0.2	Kremer (1981)		
	Densidad	0.60	Destremau <i>et al.</i> (1984)		
	Diámetro	0.04	Cotterill <i>et al.</i> (1987)	8.5	
	Desviación a la vertical a 1.5 m	0.19	Conche (1978)	10	
	Forma del fuste; Escala 1-10	0.37	Mauge (1973)		
	Escala 1-8	0.03 ± 0.02	Cotterill <i>et al.</i> (1987)	8.5	
	Policiclismo	0.50	Destremau <i>et al.</i> (1984)		
	Rectitud	0.25	Destremau <i>et al.</i> (1984)		
	Verticalidad	0.20	Destremau <i>et al.</i> (1984)		
<i>P. halepensis</i>					
	Altura	0.45	Panetsos (1981)	8	
	( <i>P. brutia</i> )	Altura	0.17	Panetsos (1981)	8
		Diámetro	0.33	Panetsos (1981)	8



# Ensayo de progenies de medio hermanos

Fuente de variacion	Gl	Cuadrados medios esperados
Familia	f-1	$\sigma^2_W + n\sigma^2_{FB} + nb\sigma^2_F$
Bloque	b-1	$\sigma^2_W + n\sigma^2_{FB} + nf\sigma^2_B$
Fam x bloque	(f-1)(b-1)	$\sigma^2_W + n\sigma^2_{FB}$
Error	bf(n-1)	$\sigma^2_W$

$$\sigma^2_A = 4\sigma^2_F$$

1) heredabilidad individual

$$h^2 = 4\sigma^2_F / (\sigma^2_F + \sigma^2_{FB} + \sigma^2_W)$$

2) heredabilidad familiar

$$H^2_f = \sigma^2_F / (\sigma^2_F + \sigma^2_{FB}/n + \sigma^2_W/nb)$$





Fuente de variacion	Gl	Cuadrados medios esperados	CM
Proceden.	3	$\sigma^2_W + np\sigma^2_P$	85.33
Familia (Proc)	44	$\sigma^2_W + nf\sigma^2_F$	423.2
Error	2118	$\sigma^2_W$	40.2

## Heredabilidad

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A = 4\sigma^2_F}{\sigma^2_F + \sigma^2_W}$$



# Ensayo clonal

Fuente de variacion	Gl	Cuadrados medios esperados
Clones	c-1	$\sigma^2_W + n\sigma^2_{CB} + nb\sigma^2_C$
Bloque	b-1	$\sigma^2_W + n\sigma^2_{CB} + nc\sigma^2_B$
Clon x bloque	(c-1)(b-1)	$\sigma^2_W + n\sigma^2_{CB}$
Error	bc(n-1)	$\sigma^2_W$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_C$$

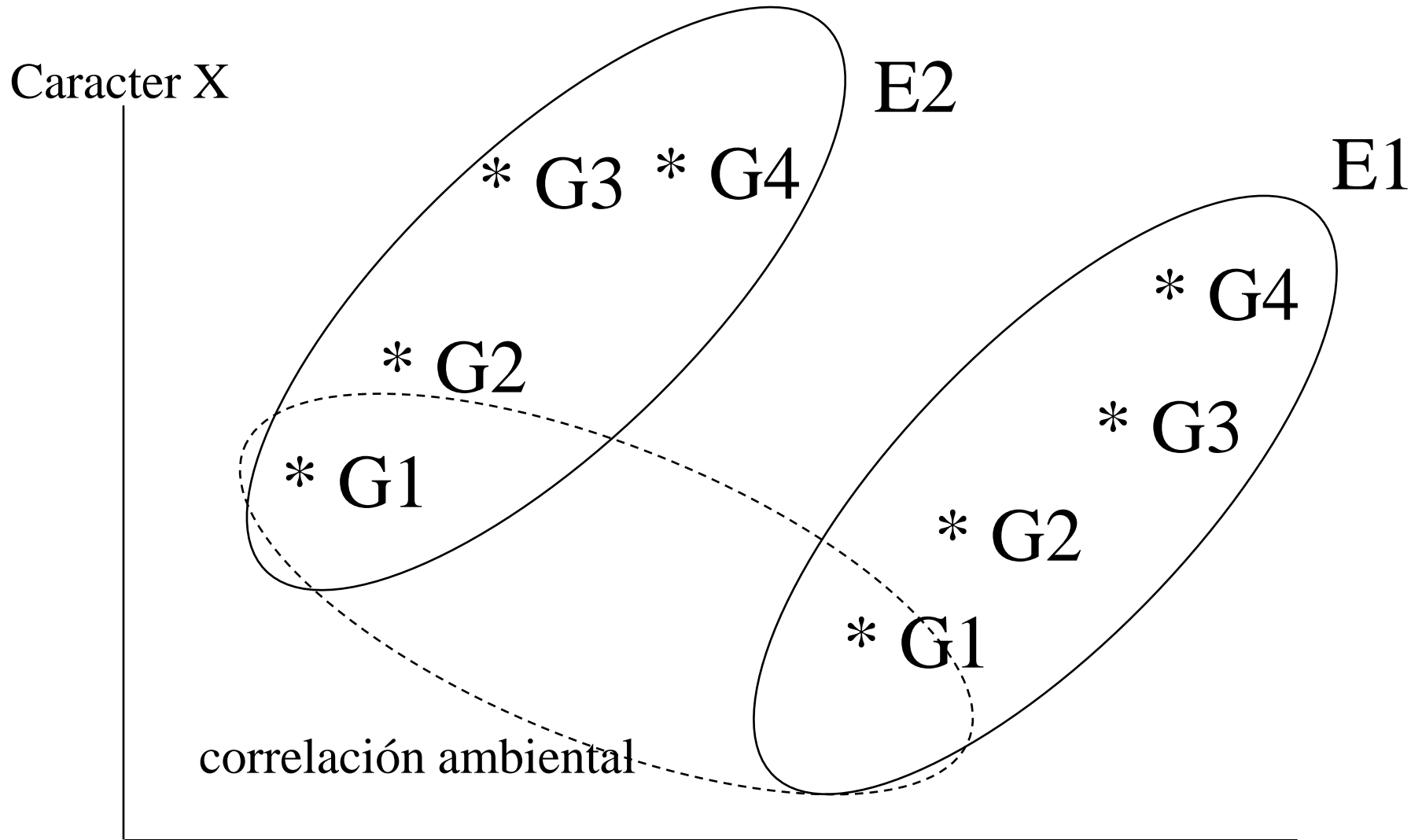
heredabilidad clonal

$$h^2 = \sigma^2_C / (\sigma^2_C + \sigma^2_{CB} + \sigma^2_W)$$





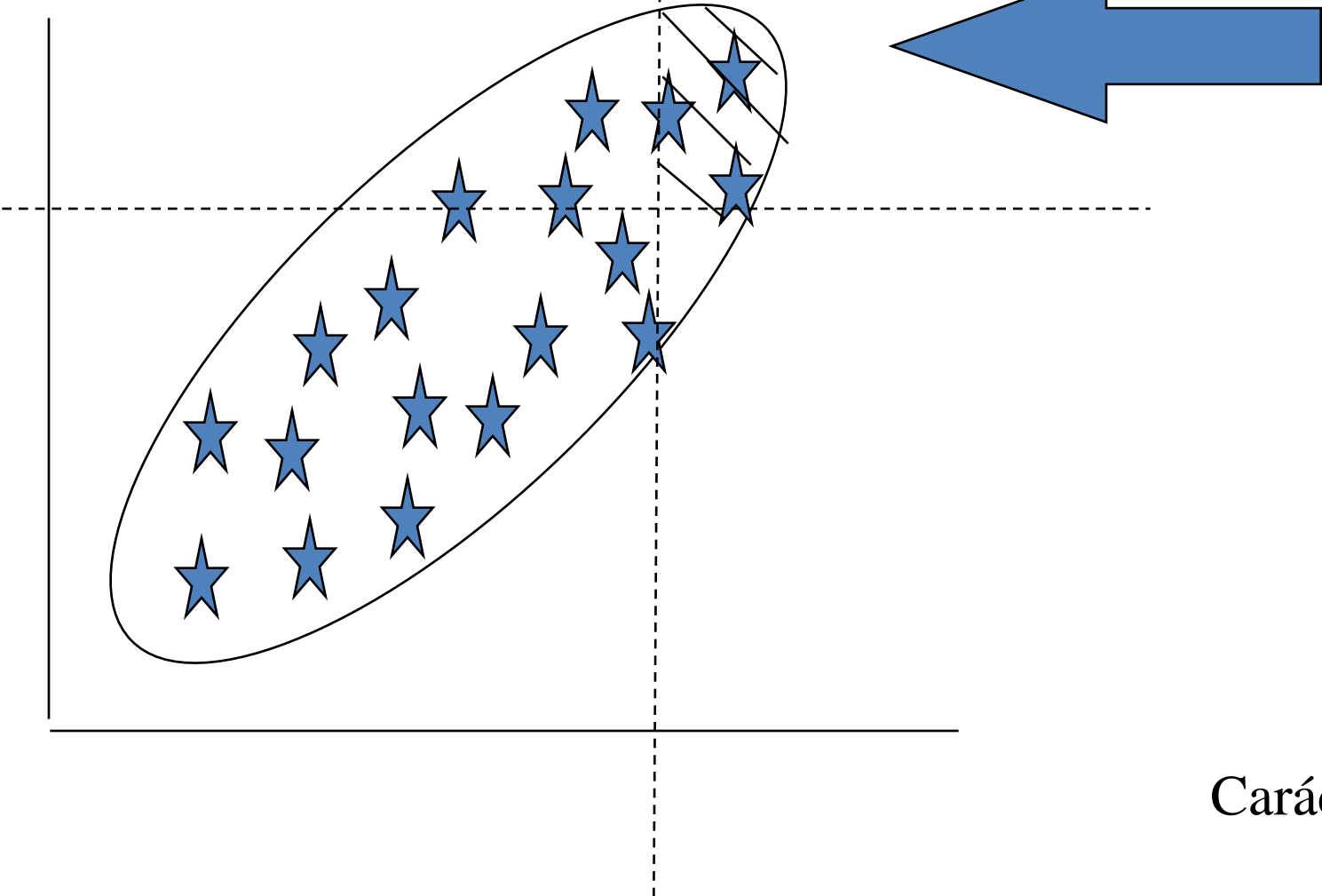
# Correlación entre caracteres



correlación genética  $> 0$

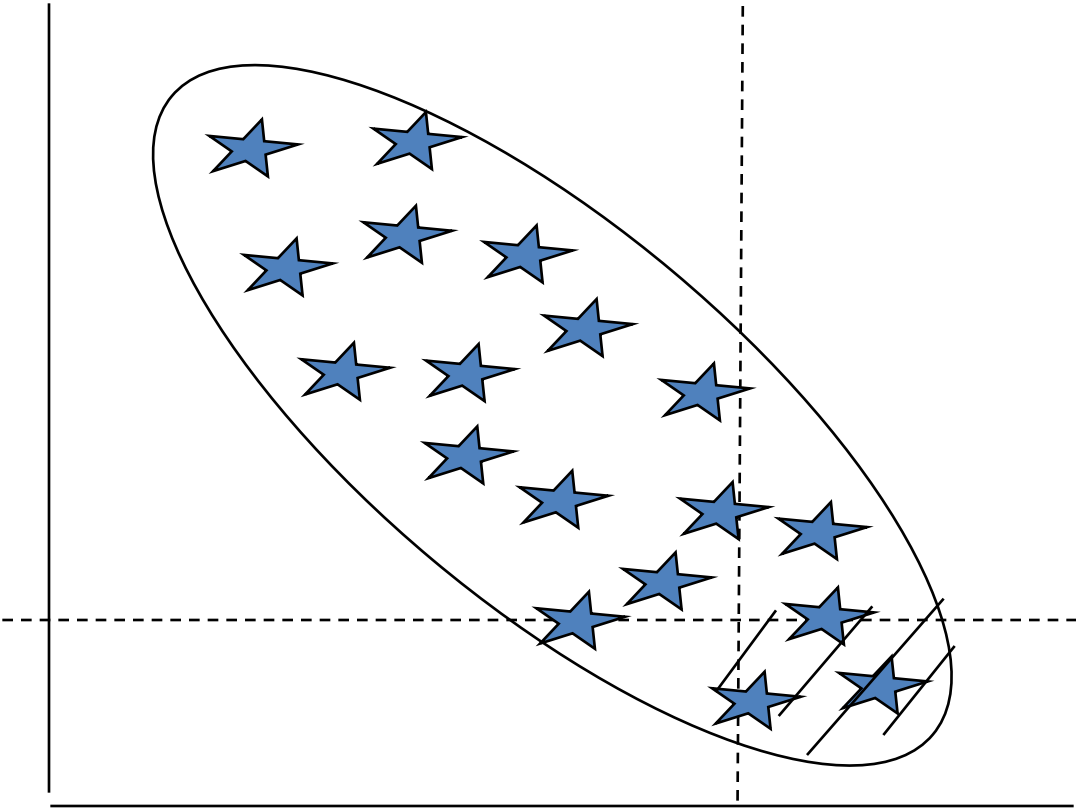
Caracter X

Carácter Y



correlación genética  $< 0$

Caracter X

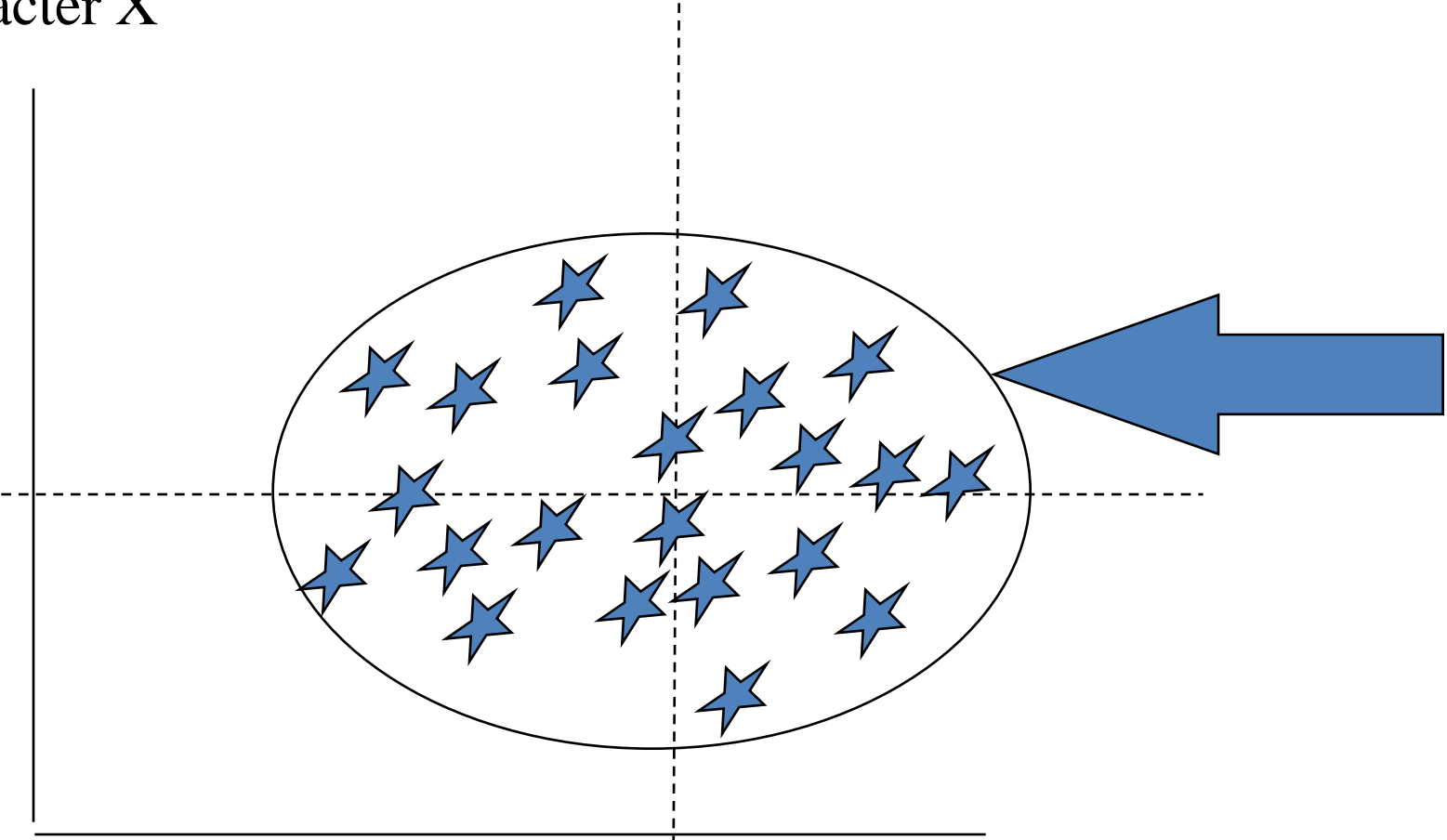


Carácter Y



correlación genética = 0

Caracter X



Carácter Y



