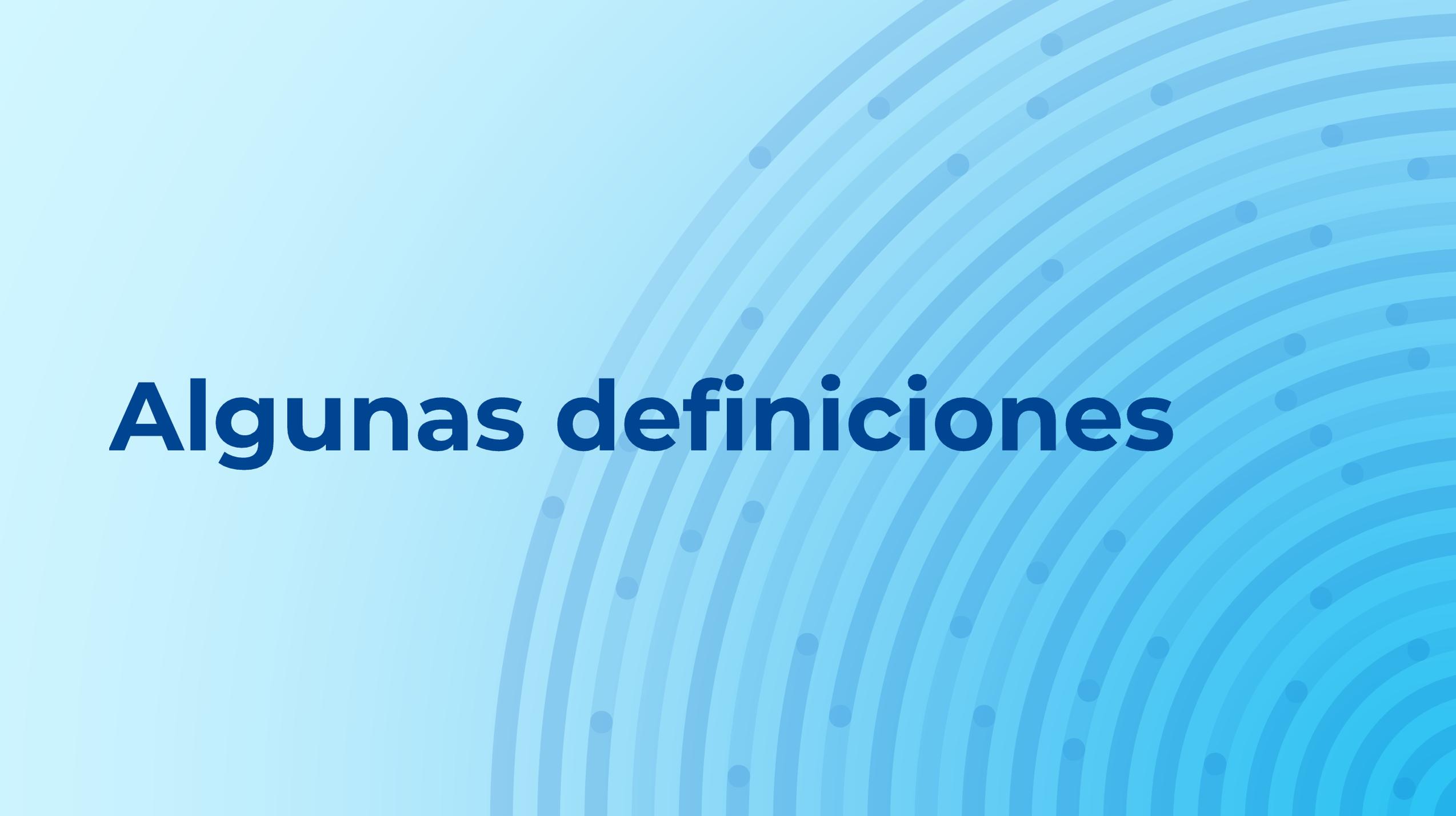


## Módulo 4 – Genética Cuantitativa

# Respuesta a la selección

Tutor: Bastián Fernández S.

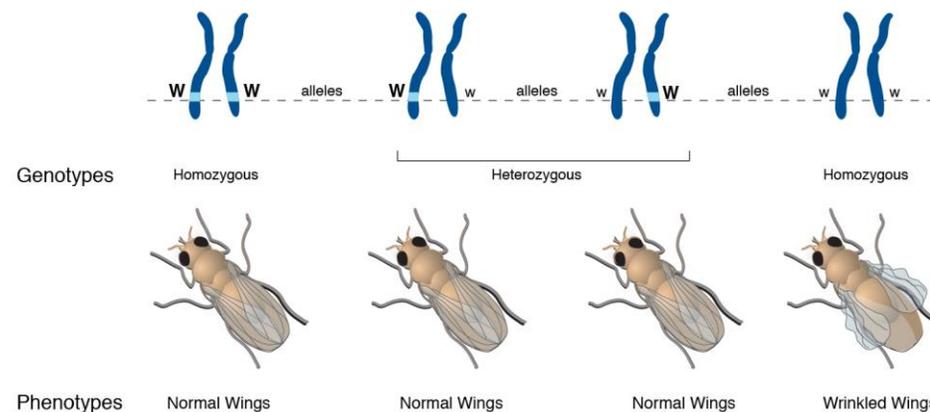
# Algunas definiciones

The background features a series of concentric, semi-circular arcs in various shades of blue, ranging from light to dark. Small, solid blue dots are scattered across the arcs, creating a pattern reminiscent of a fingerprint or a stylized globe. The overall aesthetic is clean and modern.

# Varianza de un carácter cuantitativo

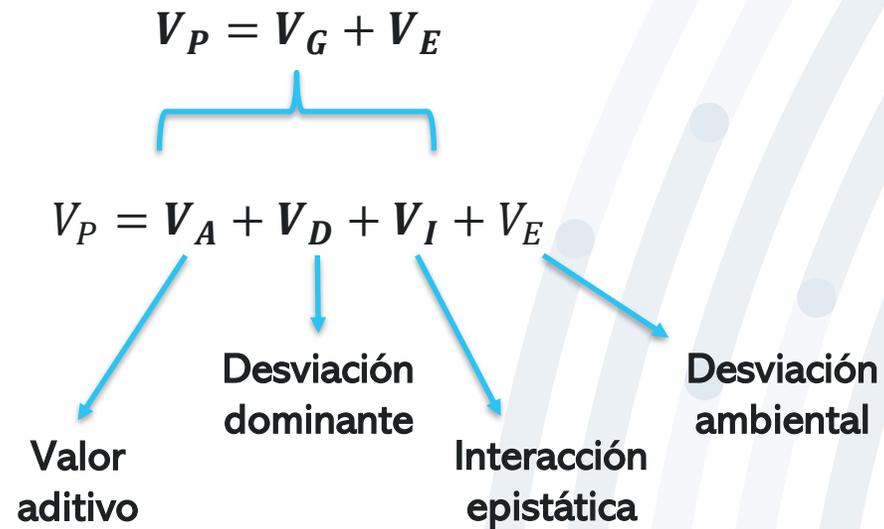
- La varianza total de un carácter cuantitativo se puede expresar en los siguientes componentes:

$$V_P = V_G + V_E$$



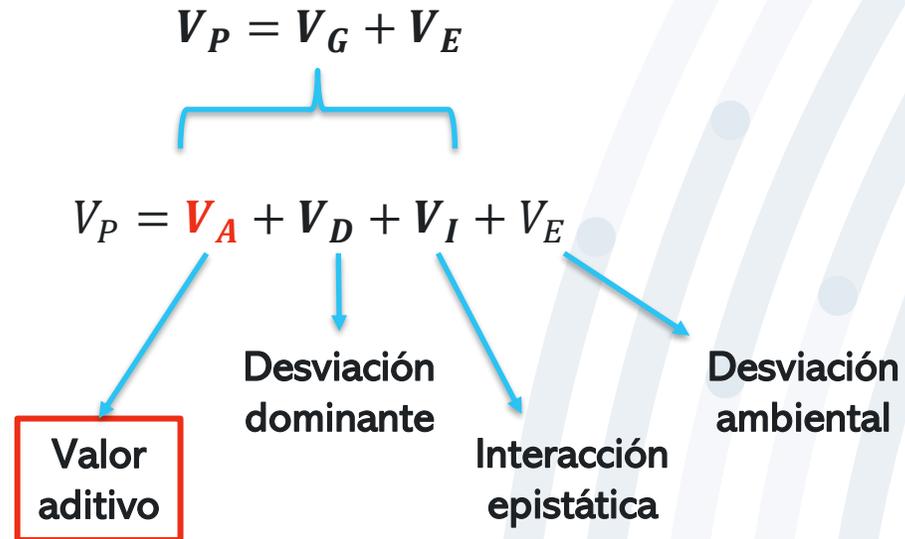
# Varianza de un carácter cuantitativo

- La varianza total de un carácter cuantitativo se puede expresar en los siguientes componentes:



# Varianza de un carácter cuantitativo

- La varianza total de un carácter cuantitativo se puede expresar en los siguientes componentes:



# Heredabilidad

- “Proporción de la varianza fenotípica que es explicada por la **varianza genética aditiva** de la población”.
- “Regresión de los valores genéticos aditivos sobre el valor fenotípico”.

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

ES UN VALOR POBLACIONAL  
(VARÍA ENTRE POBLACIONES,  
AUNQUE SE ESTUDIE EL  
MISMO CARACTER)

Si en la población todos los individuos son iguales genotípicamente

$$V_G = 0 ; h^2 = 0$$

Si en la población hay distintos genotipos y el ambiente no tiene efecto sobre el carácter

$$V_G = V_P ; h^2 = 1$$



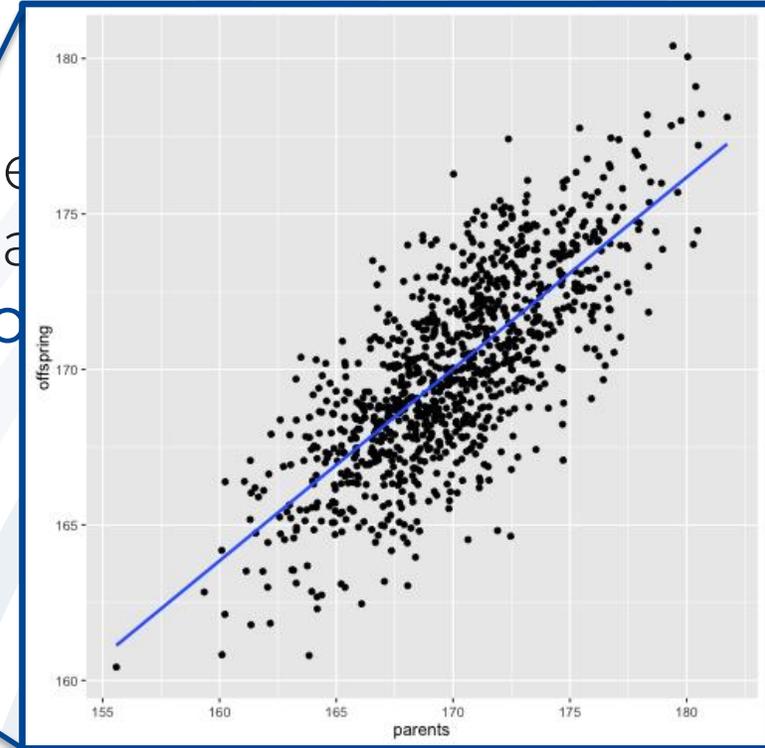
# Heredabilidad

- “Proporción de la varianza fenotípica que es por la **varianza genética aditiva** de la población”
- “Regresión de los valores genéticos aditivos sobre el valor fenotípico”.

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = b_{AP}$$

Componentes de varianza

Parecido entre padres e hijos



**Rol predictivo**

→ Predicción de valores genéticos a partir de información fenotípica

“Capacidad” o “valor” de la predicción dependerá del valor de  $h^2$

= Valores de  $h^2$  van entre 0 y 1



# Respuesta a la selección



# Índice de selección

“El índice de selección es un **método de puntaje total** en el cual se desarrolla una **ecuación de regresión múltiple** que da **valores óptimos a la importancia económica de cada característica**, la **heredabilidad de cada característica** y a las **correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características**, de manera que **permite separar genotipos con base en la evaluación simultánea de varios caracteres y ordenar los animales basándose en el valor obtenido**”.

El valor predicho de A ( $\hat{A}$ ) es el mejor predictor lineal que se puede construir en base a la heredabilidad del carácter para predecir el valor genético dado el valor fenotípico de ese animal.

$$\hat{A} = h^2(P - \mu)$$

## Respuesta a la selección

De todos los cambios producidos por la selección el que más nos interesa es el de la **media poblacional**, denominado “**respuesta a la selección**” y representado por ***R***.

$$R = \overline{X}_P \text{ de hijos de padres seleccionados} - \overline{X}_P \text{ de población parental antes de la selección}$$

Además, la magnitud de la presión selectiva se expresa como:

**Diferencial de selección (S)**



“Superioridad promedio de los padres seleccionados”.

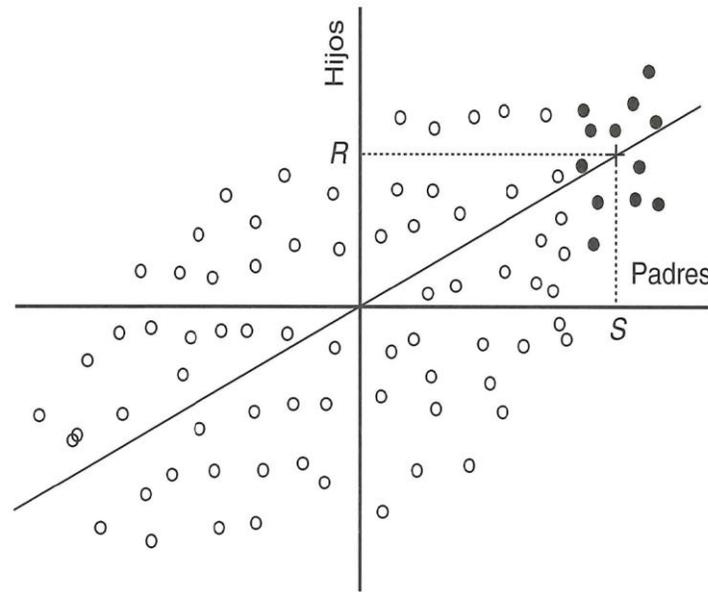
$$= \overline{X}_P \text{ de individuos seleccionados}$$



Expresado como **desviación del promedio poblacional**

## Respuesta a la selección

De todos los cambios producidos por la selección el que más nos interesa es el de la media poblacional, denominado “respuesta a la selección” y representado por  $R$ .

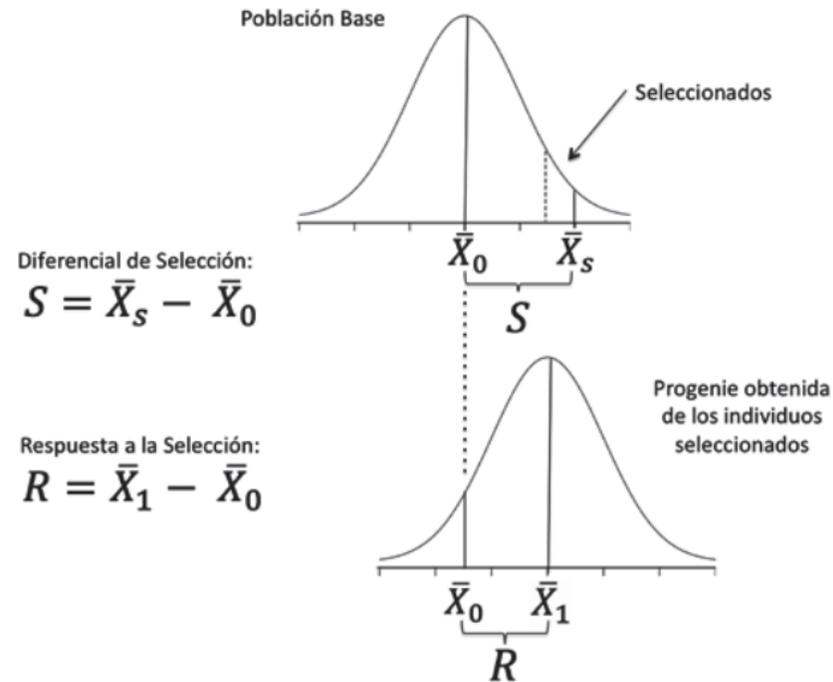


$$R = h^2 S$$

**Fig. 11.1.** Representación diagramática de los valores medios de los hijos frente a las medias parentales, para ilustrar la respuesta a la selección siguiendo la explicación del texto.

## Respuesta a la selección

De todos los cambios producidos por la selección el que más nos interesa es el de la media poblacional, denominado “respuesta a la selección” y representado por ***R***.



# Respuesta a la selección

## Predicción del diferencial de selección

El **diferencial de selección** puede **predecirse** antes de que se produzca la **selección**, para lo cual se **requiere** que se cumplan las siguientes **condiciones**:

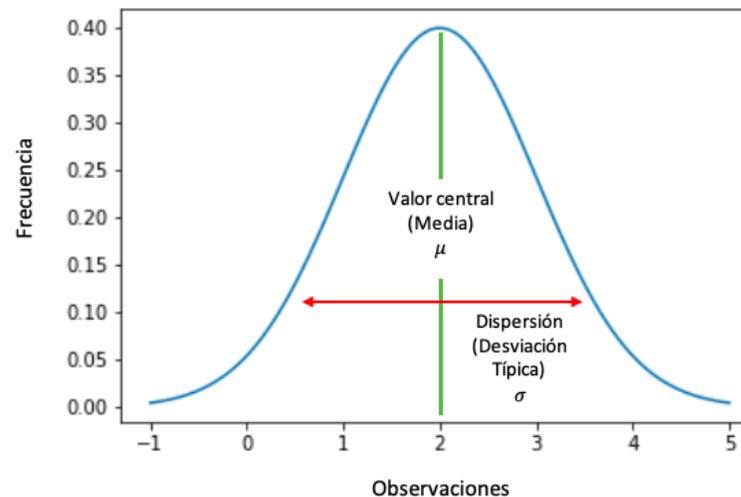
- 1) La distribución de valores fenotípicos del carácter seleccionado sea normal
- 2) La selección tenga lugar por truncamiento

# Respuesta a la selección

## Predicción del diferencial de selección

El diferencial de selección puede predecirse antes de que se produzca la selección, para lo cual se requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- 1) La **distribución de valores fenotípicos** del **carácter seleccionado** sea **normal**
- 2) La selección tenga lugar por truncamiento

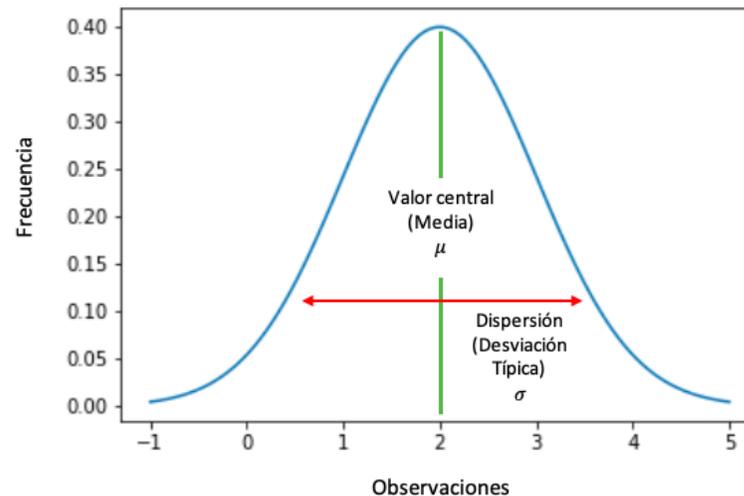


# Respuesta a la selección

## Predicción del diferencial de selección

El diferencial de selección puede predecirse antes de que se produzca la selección, para lo cual se requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- 1) La distribución de valores fenotípicos del carácter seleccionado sea normal
- 2) La selección tenga lugar por truncamiento

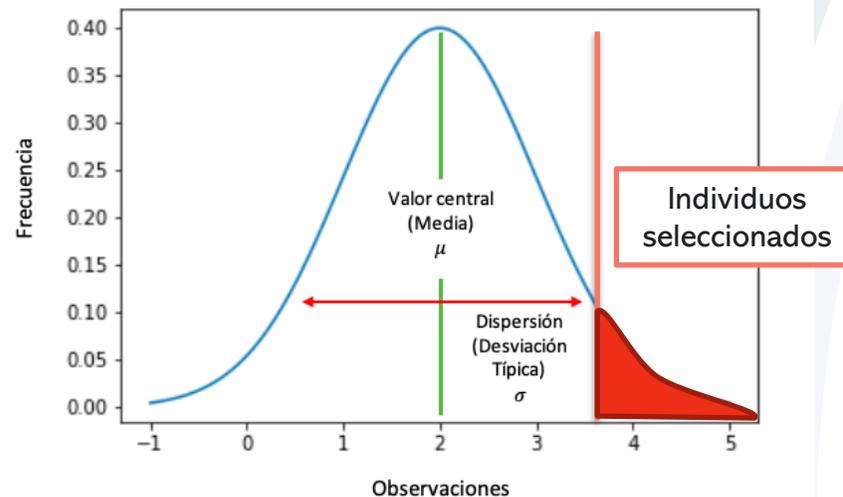


# Respuesta a la selección

## Predicción del diferencial de selección

El diferencial de selección puede predecirse antes de que se produzca la selección, para lo cual se requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- 1) La distribución de valores fenotípicos del carácter seleccionado sea normal
- 2) La selección tenga lugar por truncamiento



Individuos se escogen estrictamente de acuerdo con sus valores fenotípicos, de manera que un individuo seleccionado no puede ser inferior a otro que no lo sea

# Respuesta a la selección

## Predicción del diferencial de selección

El diferencial de selección puede predecirse antes de que se produzca la selección, para lo cual se requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- 1) La distribución de valores fenotípicos del carácter seleccionado sea normal
- 2) La selección tenga lugar por truncamiento

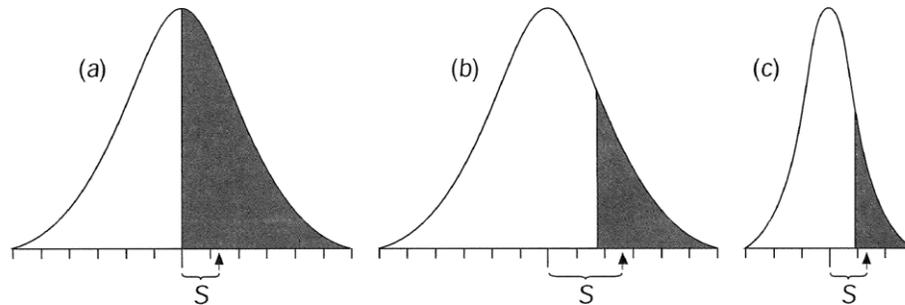
Bajo estas condiciones,  $S$  sólo depende de la proporción de la población que es seleccionada ( $p$ ) y de la desviación estándar ( $\sigma_p$ )

# Respuesta a la selección

## Predicción del diferencial de selección

- 1) La distribución de valores fenotípicos del carácter seleccionado sea normal
- 2) La selección tenga lugar por truncamiento

Bajo estas condiciones,  $S$  sólo depende de la proporción de la población que es seleccionada ( $p$ ) y de la desviación estándar ( $\sigma_P$ )



**Fig. 11.2.** Diagrama que muestra cómo depende el diferencial de selección  $S$  de la proporción seleccionada de la población y de la variación del carácter (distribuido normalmente). Se seleccionan todos los individuos situados en las áreas oscuras, cuyos valores exceden al del punto de truncamiento. Los ejes están graduados en unidades de medida hipotéticas.

(a) selección del 50%; desviación típica 2 unidades:  $S = 1,6$  unidades.

(b) selección del 20%; desviación típica 2 unidades:  $S = 2,8$  unidades.

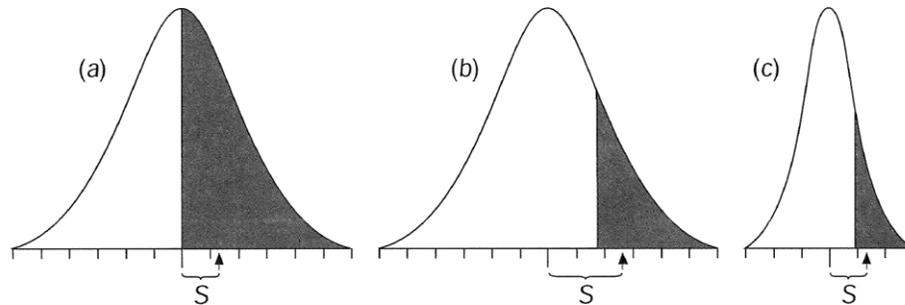
(c) selección del 20%; desviación típica 1 unidad:  $S = 1,4$  unidades.

# Respuesta a la selección

## Predicción del diferencial de selección

- 1) La distribución de valores fenotípicos del carácter seleccionado sea normal
- 2) La selección tenga lugar por truncamiento

Bajo estas condiciones,  $S$  sólo depende de la proporción de la población que es seleccionada ( $p$ ) y de la desviación estándar ( $\sigma_P$ )



**Fig. 11.2.** Diagrama que muestra cómo depende el diferencial de selección  $S$  de la proporción seleccionada de la población y de la variación del carácter (distribuido normalmente). Se seleccionan todos los individuos situados en las áreas oscuras, cuyos valores exceden al del punto de truncamiento. Los ejes están graduados en unidades de medida hipotéticas.

(a) selección del 50%; desviación típica 2 unidades:  $S = 1,6$  unidades.

(b) selección del 20%; desviación típica 2 unidades:  $S = 2,8$  unidades.

(c) selección del 20%; desviación típica 1 unidad:  $S = 1,4$  unidades.

A mayor  $p$ , menor  $S$   
A mayor  $\sigma_P$ , mayor  $S$

# Respuesta a la selección

## Predicción del diferencial de selección

- 1) La distribución de valores fenotípicos del carácter seleccionado sea normal
- 2) La selección tenga lugar por truncamiento

Bajo estas condiciones,  $S$  sólo depende de la proporción de la población que es seleccionada ( $p$ ) y de la desviación estándar ( $\sigma_P$ )

Si expresamos el **diferencial de selección en función de la desviación estándar fenotípica** llegamos a la ecuación:

$$S = i\sigma_P$$

Intensidad de selección

# Respuesta a la selección

## Intensidad de selección

“Cantidad de desviaciones estándar en las que la media de los individuos seleccionados excede a la media poblacional”.

La intensidad de selección ( $i$ ) depende únicamente de la proporción de la población incluida en el grupo seleccionado y, si la distribución de valores fenotípicos es normal, puede calcularse utilizando las tablas de esta distribución.

$$S\sigma_p = i = z/p$$

Valor de la  
ordenada en el  
punto de  
truncamiento

Proporción  
seleccionada



# Respuesta a la selección

## Intensidad de selección

“Cantidad de desviaciones estándar en las que la media de los individuos seleccionados excede a la media poblacional”.

La intensidad de selección ( $i$ ) depende únicamente de la proporción de la población incluida en el grupo seleccionado y, si la distribución de valores fenotípicos es normal, puede calcularse utilizando las tablas de esta distribución.

$$S\sigma_p = i = z/p$$

Además,

$$R = ih^2\sigma_p$$



# Respuesta a la selección

## Intensidad de selección

“Cantidad de desviaciones estándar en las que la media de los individuos seleccionados excede a la media poblacional”.

La intensidad de selección ( $i$ ) depende únicamente de la proporción de la población incluida en el grupo seleccionado y, si la distribución de valores fenotípicos es normal, puede calcularse utilizando las tablas de esta distribución.

$$S\sigma_p = i = z/p$$

Además,

Si la comparamos con:

$$R = ih^2\sigma_p$$

$$R = h^2S$$

# Respuesta a la selección



¿Qué pasa cuando el esquema de selección es distinto para machos y hembras?

Las ecuaciones que hemos visto hasta aquí para el diferencial de selección ( $S$ ) y la intensidad de selección ( $i$ ) se refieren a la **superioridad media de todos los padres**, aunque la **presión selectiva que se impone a machos y hembras puede ser distinta**. Un **ejemplo** de ello son aquellos **caracteres que sólo pueden evaluarse en un sexo**.

Si la selección a machos y hembras es distinta, deben utilizarse los valores promedio de ambos sexos sin ponderar, es decir:

$$S = \frac{1}{2}(S_m + S_h)$$

$$i = \frac{1}{2}(i_m + i_h)$$

$$R = h^2 S$$

$$R = ih^2 \sigma_p$$

# Respuesta a la selección



¿Qué pasa cuando el esquema de selección es distinto para machos y hembras?

Las ecuaciones que hemos visto hasta aquí para el diferencial de selección ( $S$ ) y la intensidad de selección ( $i$ ) se refieren a la **superioridad media de todos los padres**, aunque la **presión selectiva que se impone a machos y hembras puede ser distinta**. Un **ejemplo** de ello son aquellos **caracteres que sólo pueden evaluarse en un sexo**.

Si la selección a machos y hembras es distinta, deben utilizarse los valores promedio de ambos sexos sin ponderar, es decir:

$$S = \frac{1}{2}(S_m + S_h)$$

$$i = \frac{1}{2}(i_m + i_h)$$

$$R = h^2 * \frac{1}{2}(S_m + S_h)$$

$$R = h^2 \sigma_P * \frac{1}{2}(i_m + i_h)$$

# Respuesta a la selección



¿Qué pasa cuando el esquema de selección es distinto para machos y hembras?

Las ecuaciones que hemos visto hasta aquí para el diferencial de selección ( $S$ ) y la intensidad de selección ( $i$ ) se refieren a la **superioridad media de todos los padres**, aunque la **presión selectiva que se impone a machos y hembras puede ser distinta**. Un **ejemplo** de ello son aquellos **caracteres que sólo pueden evaluarse en un sexo**.

Si la selección a machos y hembras es distinta, deben utilizarse los valores promedio de ambos sexos sin ponderar, es decir:

$$S = \frac{1}{2}(S_m + S_h)$$

$$i = \frac{1}{2}(i_m + i_h)$$

**Si sólo se seleccionan las hembras**

**( $S_m = 0$  ;  $i_m = 0$ ):**

$$S = \frac{1}{2}S_h$$

$$i = \frac{1}{2}i_h$$

$$R = \frac{1}{2}h^2S_h$$

# Respuesta a la selección



¿Qué pasa cuando el esquema de selección es distinto para machos y hembras?

Las ecuaciones que hemos visto hasta aquí para el diferencial de selección ( $S$ ) y la intensidad de selección ( $i$ ) se refieren a la **superioridad media de todos los padres**, aunque la **presión selectiva que se impone a machos y hembras puede ser distinta**. Un **ejemplo** de ello son aquellos **caracteres que sólo pueden evaluarse en un sexo**.

Si la selección a machos y hembras es distinta, deben utilizarse los valores promedio de ambos sexos sin ponderar, es decir:

$$S = \frac{1}{2}(S_m + S_h)$$

$$i = \frac{1}{2}(i_m + i_h)$$

**Si sólo se seleccionan los machos**

**( $S_h = 0$  ;  $i_h = 0$ ):**

$$S = \frac{1}{2}S_m$$

$$i = \frac{1}{2}i_m$$

$$R = \frac{1}{2}h^2S_m$$

# Ejercicios



## Ejercicio 1

¿Cuál sería la tasa de mejora esperada por generación si los caracteres relacionados en la tabla se seleccionaran utilizando el valor fenotípico individual como criterio?

Carácter	Heredabilidad	Varianza fenotípica	Proporción seleccionada (%)
Peso del ratón (g)	0,37	10,7	(a) 25 (b) 55 (c) 75
Velocidad de desarrollo del <i>Tribolium</i> (días)	0,18	1,7	10
Fecundidad de la hembra del ratón (número de hijos por camada)	0,22	4,3	30

# Ejercicio 1



¿Cuál sería la tasa de mejora esperada por generación si los caracteres relacionados en la tabla se seleccionaran utilizando el valor fenotípico individual como criterio?

Carácter	Heredabilidad	Varianza fenotípica	Proporción seleccionada (%)
Peso del ratón (g)	0,37	10,7	(a) 25 (b) 55 (c) 75

(a)  $R = ih^2\sigma_p$

$$R = 1,271 * 0,37 * \sqrt{10,7}$$

$$R = 1,271 * 0,37 * 3,271$$

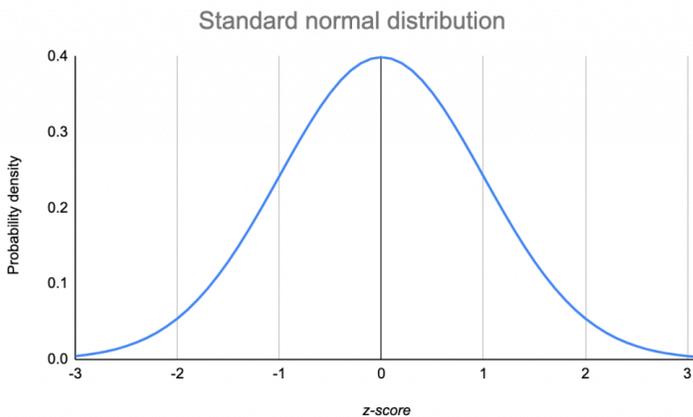
$$R = 1,54 \text{ g.}$$

# Ejercicio 1



¿Cuál sería la tasa de mejora esperada por generación si los caracteres relacionados en la tabla se seleccionaran utilizando el valor fenotípico individual como criterio?

Carácter	Heredabilidad	Varianza fenotípica	Proporción seleccionada (%)
Peso del ratón (g)	0,37	10,7	(a) 25 (b) 55 (c) 75



(b)

$$R = ih^2\sigma_P$$

$$R = 0,72 * 0,37 * \sqrt{10,7}$$

$$R = 0,72 * 0,37 * 3,271$$

$$R = 0,87 \text{ g.}$$

$$i = 0,88 * \frac{45}{55}$$

$$i = 0,72$$

# Ejercicio 1



¿Cuál sería la tasa de mejora esperada por generación si los caracteres relacionados en la tabla se seleccionaran utilizando el valor fenotípico individual como criterio?

Carácter	Heredabilidad	Varianza fenotípica	Proporción seleccionada (%)
Peso del ratón (g)	0,37	10,7	(a) 25 (b) 55 (c) 75

(c)

$$R = ih^2\sigma_p$$

$$R = 0,424 * 0,37 * \sqrt{10,7}$$

$$R = 0,424 * 0,37 * 3,271$$

$$R = 0,51 \text{ g.}$$

$$i = 1,271 * \frac{25}{75}$$

$$i = 0,424$$

# Ejercicio 1



¿Cuál sería la tasa de mejora esperada por generación si los caracteres relacionados en la tabla se seleccionaran utilizando el valor fenotípico individual como criterio?

Carácter	Heredabilidad	Varianza fenotípica	Proporción seleccionada (%)
Velocidad de desarrollo del <i>Tribolium</i> (días)	0,18	1,7	10

$$R = ih^2\sigma_p$$

$$R = 1,755 * 0,18 * \sqrt{1,7}$$
$$R = 1,755 * 0,18 * 1,304$$

$$R = 0,41 \text{ días}$$

# Ejercicio 1

¿Cuál sería la tasa de mejora esperada por generación si los caracteres relacionados en la tabla se seleccionaran utilizando el valor fenotípico individual como criterio?



Carácter	Heredabilidad	Varianza fenotípica	Proporción seleccionada (%)
Fecundidad de la hembra del ratón (número de hijos por camada)	0,22	4,3	30

$$R = ih^2\sigma_p$$

$$R = 0,5795 * 0,22 * \sqrt{4,3}$$
$$R = 0,5795 * 0,22 * 2,074$$

$$R = 0,26 \text{ hijos por camada}$$

$$i = \frac{1}{2}(i_m + i_h)$$

$$i = \frac{1}{2}(0 + 1,159)$$

$$i = 0,5795$$

# Ejercicio 1

¿Cuál sería la tasa de mejora esperada por generación si los caracteres relacionados en la tabla se seleccionaran utilizando el valor fenotípico individual como criterio?



Carácter	Heredabilidad	Varianza fenotípica	Proporción seleccionada (%)
Fecundidad de la hembra del ratón (número de hijos por camada)	0,22	4,3	30

$$R = ih^2\sigma_p$$

$$R = 1,159 * \frac{1}{2} (0,22) * \sqrt{4,3}$$

$$R = 1,159 * 0,11 * 2,074$$

$$R = 0,26 \text{ hijos por camada}$$

## Ejercicio 2



Supongamos que se pretende seleccionar una población de gallinas con objeto de incrementar la ganancia de peso entre las 5 y 9 semanas de edad. Predíggase la ganancia promedio después de 5 generaciones de selección a partir de los siguientes datos. En cada generación se seleccionan 4 machos y 8 hembras de 60 individuos por sexo y los parámetros de la población base son: *media* = 738 g., *desviación estándar* = 111 g., *heredabilidad* = 0,81 (estimada por el análisis de datos de hermanos).

### Cálculo de intensidad de selección por sexo

Machos:

$$n = 4 ; N = 60$$

$$i_m = 1,882$$

Hembras:

$$n = 8 ; N = 60$$

$$i_h = 1,582$$

## Ejercicio 2



Supongamos que se pretende seleccionar una población de gallinas con objeto de incrementar la ganancia de peso entre las 5 y 9 semanas de edad. Predígame la ganancia promedio después de 5 generaciones de selección a partir de los siguientes datos. En cada generación se seleccionan 4 machos y 8 hembras de 60 individuos por sexo y los parámetros de la población base son: *media* = 738 g., *desviación estándar* = 111 g., *heredabilidad* = 0,81 (estimada por el análisis de datos de hermanos).

### Cálculo de intensidad de selección por sexo

Machos:

$$n = 4 ; N = 60$$

$$i_m = 1,882$$

Hembras:

$$n = 8 ; N = 60$$

$$i_h = 1,582$$

$$i = \frac{1}{2} (i_m + i_h)$$

$$i = \frac{1}{2} (1,882 + 1,582)$$

$$i = 1,732$$

## Ejercicio 2



Supongamos que se pretende seleccionar una población de gallinas con objeto de incrementar la ganancia de peso entre las 5 y 9 semanas de edad. Predígame la ganancia promedio después de 5 generaciones de selección a partir de los siguientes datos. En cada generación se seleccionan 4 machos y 8 hembras de 60 individuos por sexo y los parámetros de la población base son: *media* = 738 g., *desviación estándar* = 111 g., *heredabilidad* = 0,81 (estimada por el análisis de datos de hermanos).

### Cálculo de respuesta de selección

$$R = ih^2\sigma_p$$

$$R = 1,732 * 0,81 * 111$$

$$R = 155,7 \text{ g.}$$

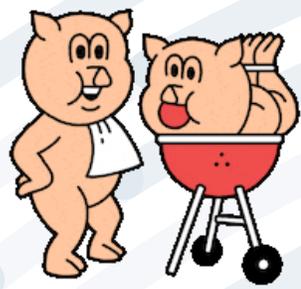
$$\bar{X}_{P_5} = \bar{X}_{P_0} + R * 5$$

$$\bar{X}_{P_5} = 738 \text{ g.} + 155,7 \text{ g.} * 5$$

$$\bar{X}_{P_5} = 738 \text{ g.} + 778,5 \text{ g.}$$

$$\bar{X}_{P_5} = 1.517 \text{ g.}$$

La ganancia de peso promedio después de 5 generaciones de selección será de 1.517 g.

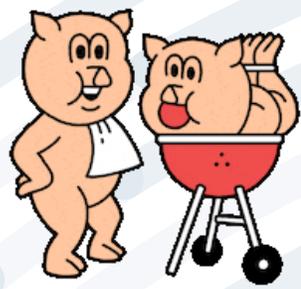


## Ejercicio 3

En una población de cerdos se observó que el promedio para el peso corporal cambió de una generación a la siguiente, desde 15.000g. a 17.000g. Para lograr esos resultados, se seleccionó el 20% de los padres, cuyo promedio para la característica fue igual a 20.000g. ¿Cuál sería el valor de la heredabilidad en este caso para obtener esa respuesta frente a la selección?

$$R = ih^2\sigma_p$$

$$R = h^2S$$

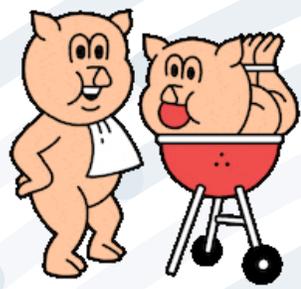


## Ejercicio 3

En una población de cerdos se observó que el promedio para el peso corporal cambió de una generación a la siguiente, desde 15.000g. a 17.000g. Para lograr esos resultados, se seleccionó el 20% de los padres, cuyo promedio para la característica fue igual a 20.000g. ¿Cuál sería el valor de la heredabilidad en este caso para obtener esa respuesta frente a la selección?

$$R = ih^2\sigma_p$$

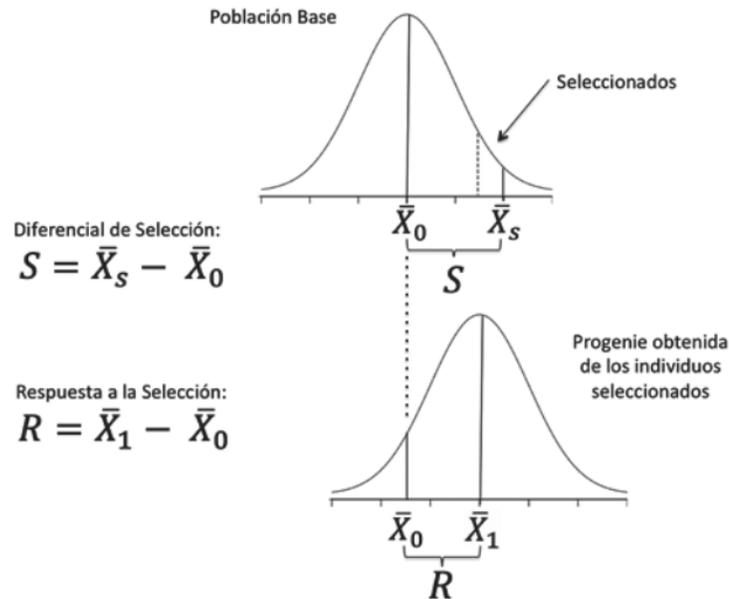
$$R = h^2S$$



## Ejercicio 3

En una población de cerdos se observó que el promedio para el peso corporal cambió de una generación a la siguiente, desde 15.000g. a 17.000g. Para lograr esos resultados, se seleccionó el 20% de los padres, cuyo promedio para la característica fue igual a 20.000g. ¿Cuál sería el valor de la heredabilidad en este caso para obtener esa respuesta frente a la selección?

$$R = h^2 S$$

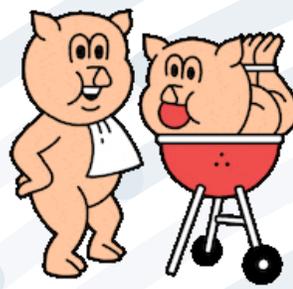


$$\bar{X}_0 = 15.000g$$

$$\bar{X}_1 = 17.000g$$

$$\bar{X}_s = 20.000g$$

## Ejercicio 3



En una población de cerdos se observó que el promedio para el peso corporal cambió de una generación a la siguiente, desde 15.000g. a 17.000g. Para lograr esos resultados, se seleccionó el 20% de los padres, cuyo promedio para la característica fue igual a 20.000g. ¿Cuál sería el valor de la heredabilidad en este caso para obtener esa respuesta frente a la selección?

$$R = h^2 S$$

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_0) = h^2 * (\bar{X}_S - \bar{X}_0)$$

$$(17.000g - 15.000g) = h^2 * (20.000g - 15.000g)$$

$$2.000g = h^2 * 5.000g$$

$$h^2 = \frac{2.000}{5.000}$$

$$h^2 = 0,4$$

$$\bar{X}_0 = 15.000g$$

$$\bar{X}_1 = 17.000g$$

$$\bar{X}_S = 20.000g$$

La heredabilidad ( $h^2$ )  
en este caso es de 0,4

# Ecuaciones importantes

## Heredabilidad

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = b_{AP}$$

## Estimador lineal

$$\hat{A} = h^2(P - \mu)$$



## Respuesta a la selección

$$R = h^2 S$$

$$R = ih^2 \sigma_P$$

## Diferencial de selección

$$S = i \sigma_P$$

## Intensidad de selección

$$i = z/p$$

VALOR DE  $i$  SE CONSIGUE DESDE TABLAS ENTREGADAS (una para población grande y otra para pequeña)

## Diferencial e intensidad de selección separados por sexo (distinto esquema o número seleccionado por sexo)

$$S = \frac{1}{2}(S_m + S_h)$$

$$i = \frac{1}{2}(i_m + i_h)$$

+

Cuando  $p$  es mayor que el 50%, se toma el valor de  $i$  correspondiente a  $(1 - p)$  y se multiplica por  $\frac{1-p}{p}$