

## Módulo 2 – Constitución Genética de una Población

# Equilibrio Hardy-Weinberg y Apareamientos Aleatorios

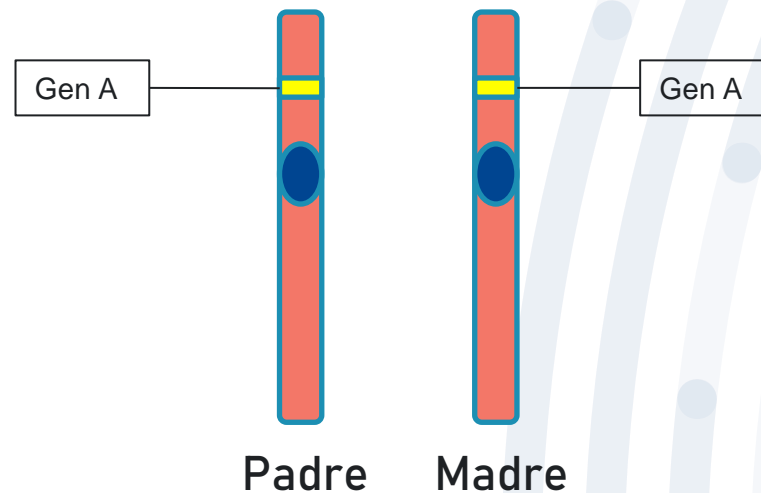
Tutor: Bastián Fernández S.

# Algunas definiciones

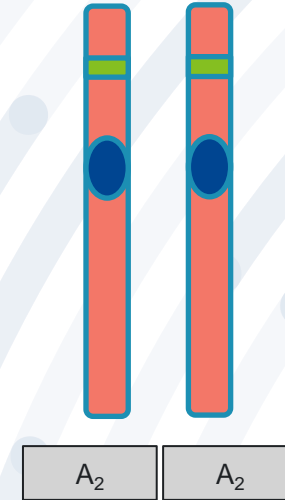
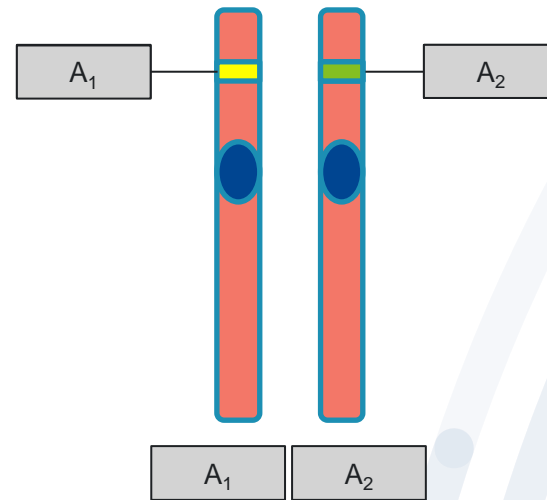
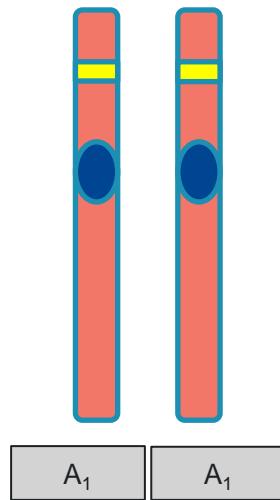
The background features a series of concentric, semi-circular arcs in various shades of blue, ranging from light to dark. Small, solid blue dots are scattered across the arcs, creating a pattern reminiscent of a fingerprint or a stylized globe. The overall aesthetic is clean and modern.

## ¿Qué es un gen?

“Un gen es una **unidad de información** en un **locus** de **ácido desoxirribonucleico (ADN)** que **codifica un producto génico**, ya sea **proteínas** o **ARN**. Es la **unidad molecular de la herencia genética**, pues almacena la información genética y permite **transmitirla a la descendencia**”

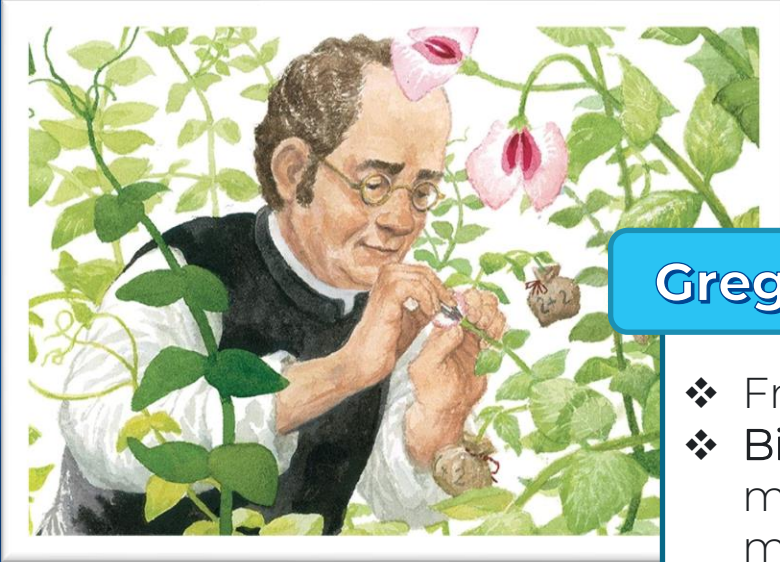


# Cigalidad



Genotipo	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Cigoto	Homocigoto	Heterocigoto	Homocigoto

# Genética Mendeliana



## Gregor Mendel

- ❖ Fraile agustino
- ❖ Biólogo naturalista, meteorólogo y matemático
- ❖ Considerado el “padre de la genética”



Realizó distintos experimentos con guisantes/arvejas (*Pisum sativum*), desprendiéndose de ellos distintas leyes que definieron la herencia simple (Leyes de Mendel)



## Leyes de Mendel



Primera Ley

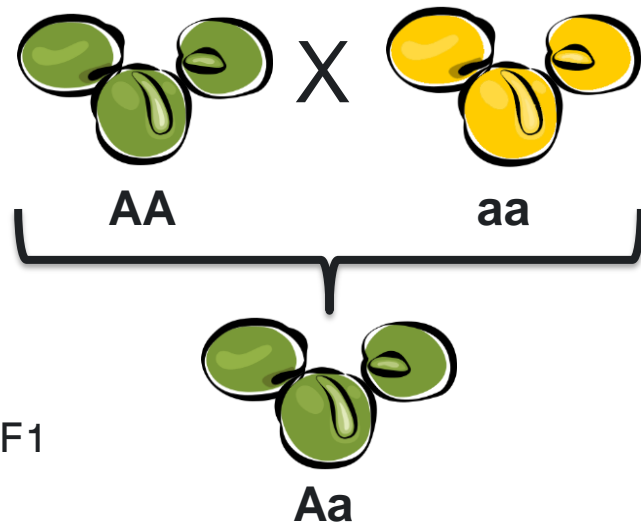
Segunda Ley

Tercera Ley

# Genética Mendeliana

## Primera Ley

### Principio de uniformidad



Indica que si se cruzan dos razas puras (homocigotos) para un determinado carácter, los descendientes de la primera generación son todos iguales entre sí (igual fenotipo e igual genotipo) e iguales (en fenotipo) a uno de los progenitores (aquel que tenga el gen dominante).



## Leyes de Mendel



Segunda Ley

Tercera Ley

# Genética Mendeliana

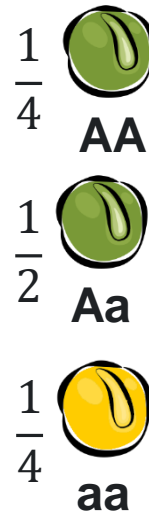
## Segunda Ley

### Principio de segregación



	A	a
A	 AA	 Aa
a	 Aa	 aa

F2



“Resulta ahora claro que los **híbridos** (*heterocigotos*) forman semillas que tienen el uno o el otro de los dos caracteres diferenciales, y de estos la **mitad** vuelven a **desarrollar** la forma híbrida, mientras que la **otra mitad** produce plantas que permanecen constantes y reciben el carácter dominante o el recesivo en igual número.”



## Leyes de Mendel



Primera Ley

Tercera Ley

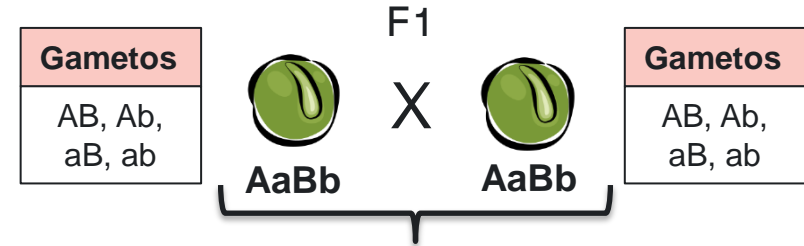
# Genética Mendeliana

















## Tercera Ley

### Principio de transmisión independiente

Cada uno de los caracteres hereditarios se transmite a la progenie con total independencia de los restantes, por lo que el patrón de herencia de un rasgo no afectará al patrón de herencia de otro. Así, cada uno de los caracteres se expresa en la descendencia en base a la probabilidad de las distintas combinaciones existentes.

Alelos de dos (o más) genes diferentes se reparten en los gametos de forma independiente



F2	AB	Ab	aB	ab
AB	 AABB	 AABb	 AaBB	 AaBb
Ab	 AABb	 AAbb	 AaBb	 Aabb
aB	 AaBB	 AaBb	 aaBB	 aaBb
ab	 AaBb	 Aabb	 aaBb	 aabb

Gen A = Color verde (A) o amarillo (a)  
Gen B = Textura lisa (B) o rugosa (b)










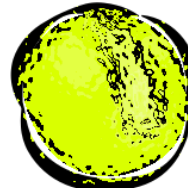





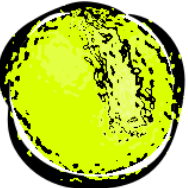


## Leyes de Mendel

Primera Ley

Segunda Ley

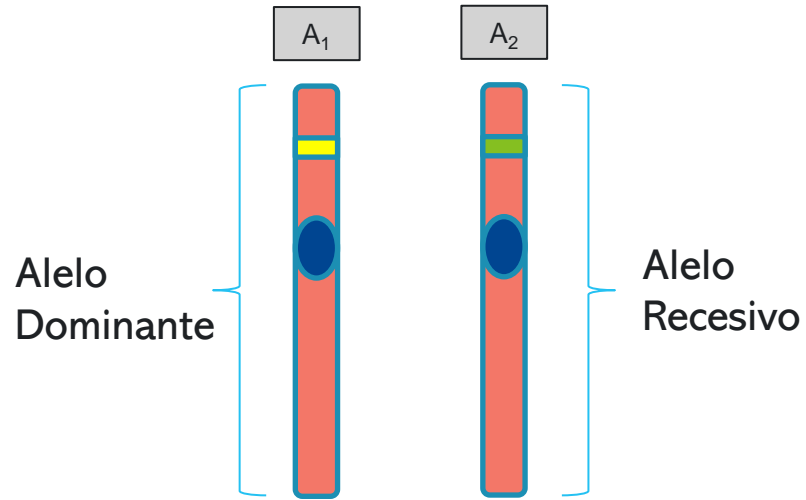


# ¿Qué ley no se cumple en el siguiente ejemplo?

	AB	Ab	aB	ab
AB	 AABB	 AABb	 AaBB	 AaBB
Ab	 AABb	 AAbb	 AaBb	 Aabb
aB	 AaBB	 AaBb	 aaBB	 aaBb
ab	 AaBB	 Aabb	 aaBb	 aabb

Gen A = Color verde (A) o amarillo (a)  
Gen B = Textura lisa (B) o rugosa (b)

## Ejemplo 1



Considerando una especie de aves donde el gen A determina el color de plumaje, para el cual además se ha determinado que existen dos alelos, uno dominante ( $A_1$ ), el cual se asocia a la presentación de plumaje azul, y uno recesivo ( $A_2$ ), el cual se asocia a la presentación de plumaje rojo.

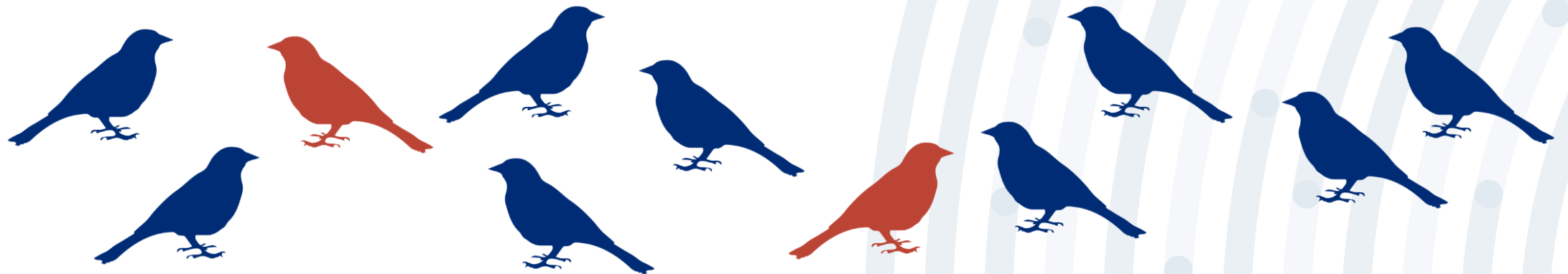
Genotipo	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Cigoto	Homocigoto dominante	Heterocigoto	Homocigoto recesivo



# Genética de poblaciones

		$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$	Total
Número de individuos		45	50	5	100
Número de genes	$A_1$	90	50	0	140
	$A_2$	0	50	10	60

} 200



# Genética de poblaciones

		A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	Total
Número de individuos		45	50	5	100
Número de genes	A <sub>1</sub>	90	50	0	140
	A <sub>2</sub>	0	50	10	60

} 200

Frecuencias genotípicas

A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	$P = \left(\frac{45}{100}\right) = 0,45$
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	$H = \left(\frac{50}{100}\right) = 0,5$
A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	$Q = \left(\frac{5}{100}\right) = 0,05$

Frecuencias génicas o alélicas

A <sub>1</sub>	$p = \left(\frac{140}{200}\right) = 0,7$
A <sub>2</sub>	$q = \left(\frac{60}{200}\right) = 0,3$

Relación entre ambas

$$p = P + \frac{1}{2}H$$


---


$$q = Q + \frac{1}{2}H$$

# Equilibrio Hardy-Weinberg

Bajo **equilibrio**, las **frecuencias génicas y genotípicas** se mantendrán **constantes de generación en generación**, siendo las **frecuencias genotípicas una expresión binomial de las frecuencias génicas**, manteniéndose de esta forma la composición genotípica y la variabilidad genética de la población.

$$\begin{aligned} & p^2 + 2pq + q^2 = 1 \\ & \underbrace{\quad}_{P} \quad \underbrace{\quad}_{H} \quad \underbrace{\quad}_{Q} \end{aligned}$$

Cuadrado del Binomio  
 $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$

# Equilibrio Hardy-Weinberg

Condiciones o supuestos para que tanto las frecuencias génicas como genotípicas se mantengan en la relación de Equilibrio de Hardy-Weinberg

Paso	Deducción de: $a$	Condiciones
1a	Frecuencia génica de los padres	(1) Segregación génica normal
		(2) Igual fecundidad de los padres
1b	Frecuencia génica de todos los gametos	(3) Igual capacidad fecundadora de los gametos
		(4) Población grande
2	Frecuencia génica de los gametos que forman los cigotos	(5) Apareamiento aleatorio
		(6) Igual frecuencia génica en progenitores machos y hembras
3	Frecuencias genotípicas de los cigotos	(7) Igual viabilidad
4	Frecuencia genotípicas de los hijos	
	Frecuencia génica de los hijos	

+  
Sin mutación, migración  
o selección natural

=

“Población ideal” en términos genéticos

## Ejemplo 2

Consideremos que la población de aves nombrada anteriormente se compone de **20 machos** y **80 hembras**. Además, ésta se encuentra en equilibrio Hardy-Weinberg.

Tanto para machos como hembras calcule la cantidad (número o frecuencia absoluta) de **homocigotos (para cada alelo)** y **heterocigotos**.

$$\begin{aligned} P &= 0,45 \\ H &= 0,5 \\ Q &= 0,05 \end{aligned}$$

Progenitores	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Machos			
Hembras			

## Ejemplo 2

Consideremos que la población de aves nombrada anteriormente se compone de **20 machos** y **80 hembras**. Además, ésta se encuentra en equilibrio Hardy-Weinberg.

Tanto para machos como hembras calcule la cantidad (número o frecuencia absoluta) de homocigotos (para cada alelo) y heterocigotos.

$$\begin{aligned} P &= 0,45 \\ H &= 0,5 \\ Q &= 0,05 \end{aligned}$$

Progenitores	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Machos	$20 \cdot P$	$20 \cdot H$	$20 \cdot Q$
Hembras	$80 \cdot P$	$80 \cdot H$	$80 \cdot Q$



## Ejemplo 2

Consideremos que la población de aves nombrada anteriormente se compone de **20 machos** y **80 hembras**. Además, ésta se encuentra en equilibrio Hardy-Weinberg.

Tanto para machos como hembras calcule la cantidad (número o frecuencia absoluta) de homocigotos (para cada alelo) y heterocigotos.

$$\begin{aligned} P &= 0,45 \\ H &= 0,5 \\ Q &= 0,05 \end{aligned}$$

Progenitores	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Machos	$20 \cdot 0,45$	$20 \cdot 0,5$	$20 \cdot 0,05$
Hembras	$80 \cdot 0,45$	$80 \cdot 0,5$	$80 \cdot 0,05$

## Ejemplo 2

Consideremos que la población de aves nombrada anteriormente se compone de **20 machos** y **80 hembras**. Además, ésta se encuentra en equilibrio Hardy-Weinberg.

Tanto para machos como hembras calcule la cantidad (número o frecuencia absoluta) de **homocigotos (para cada alelo)** y **heterocigotos**.

$$\begin{aligned} P &= 0,45 \\ H &= 0,5 \\ Q &= 0,05 \end{aligned}$$

Progenitores	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Machos	9	10	1
Hembras	36	40	4

# Apareamientos Aleatorios

Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Hembras			P	H	Q
	$A_1A_1$	P	$p^2$	PH	PQ
	$A_1A_2$	H	PH	$H^2$	HQ
	$A_2A_2$	Q	PQ	HQ	$Q^2$

# Apareamientos Aleatorios

Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
			P	H	Q
Hembras	$A_1A_1$	P	$P^2$	PH	PQ
	$A_1A_2$	H	PH	$H^2$	HQ
	$A_2A_2$	Q	PQ	HQ	$Q^2$

$P = 0,45$   
 $H = 0,5$   
 $Q = 0,05$

# Apareamientos Aleatorios

Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
			P	H	Q
Hembras	$A_1A_1$	P	$(0,45)^2$	$(0,45)(0,5)$	$(0,45)(0,05)$
	$A_1A_2$	H	$(0,45)(0,5)$	$(0,5)^2$	$(0,5)(0,05)$
	$A_2A_2$	Q	$(0,45)(0,05)$	$(0,5)(0,05)$	$(0,05)^2$

P = 0,45  
H = 0,5  
Q = 0,05

## Apareamientos Aleatorios

Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
			P	H	Q
Hembras	$A_1A_1$	P	0,2025	0,225	0,0225
	$A_1A_2$	H	0,225	0,25	0,025
	$A_2A_2$	Q	0,0225	0,025	0,0025

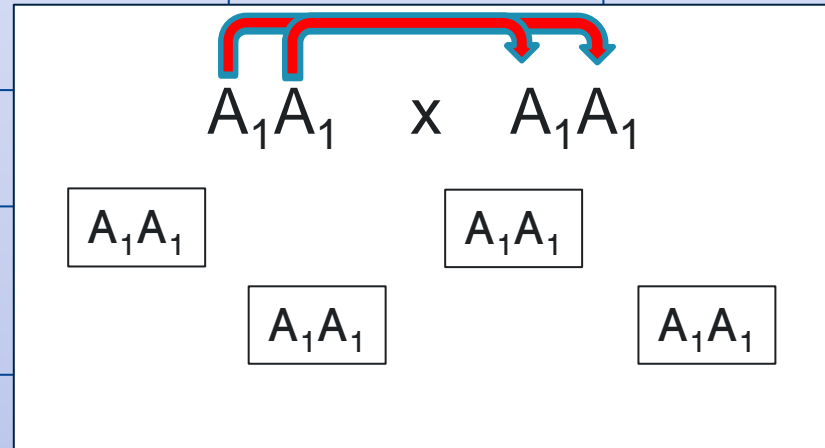
P = 0,45  
H = 0,5  
Q = 0,05

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$			
$A_1A_1 \times A_1A_2$	2PH			
$A_1A_1 \times A_2A_2$	2PQ			
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$			
$A_1A_2 \times A_2A_2$	2HQ			
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$			
Suma				
=				

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$			
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2PH$			
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2PQ$			
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$			
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2HQ$			
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$			
Suma				
=				



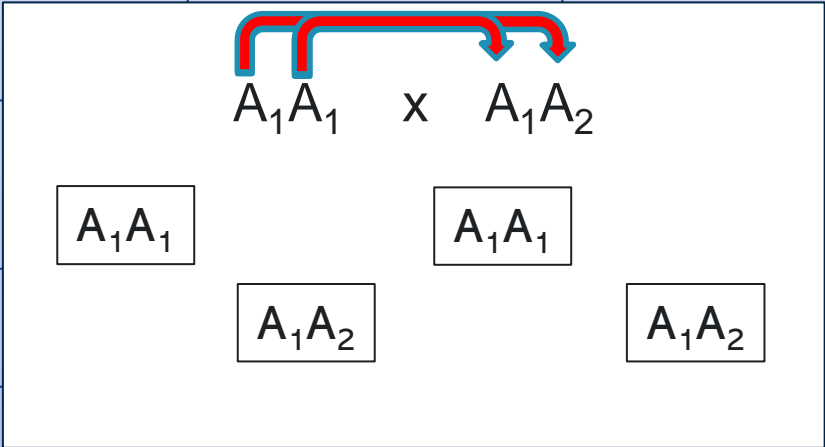


## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	2PH			
$A_1A_1 \times A_2A_2$	2PQ			
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$			
$A_1A_2 \times A_2A_2$	2HQ			
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$			
Suma				
=				

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2PH$			
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2PQ$			
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$			
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2HQ$			
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$			
Suma				
=				



## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	2PH	PH	PH	---
$A_1A_1 \times A_2A_2$	2PQ			
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$			
$A_1A_2 \times A_2A_2$	2HQ			
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$			
Suma				
=				

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2PH$	$PH$	$PH$	---
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2PQ$	---	$2PQ$	---
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$			
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2HQ$			
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$			
<b>Suma</b>				
<b>=</b>				

$A_1A_2 \times A_1A_2$

$A_1A_1$ 
 $A_1A_2$

$A_1A_2$ 
 $A_2A_2$

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	2PH	PH	PH	---
$A_1A_1 \times A_2A_2$	2PQ	---	2PQ	---
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$	$\frac{1}{4} H^2$	$\frac{1}{2} H^2$	$\frac{1}{4} H^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$	2HQ			
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$			
Suma				
=				

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2PH$	$PH$	$PH$	---
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2PQ$	---	$2PQ$	---
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$	$\frac{1}{4} H^2$	$\frac{1}{2} H^2$	$\frac{1}{4} H^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2HQ$	---	$HQ$	$HQ$
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$	---	---	$Q^2$
Suma =				

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2PH$	$PH$	$PH$	---
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2PQ$	---	$2PQ$	---
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$	$\frac{1}{4} H^2$	$\frac{1}{2} H^2$	$\frac{1}{4} H^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2HQ$	---	$HQ$	$HQ$
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$	---	---	$Q^2$
<b>Suma</b>		$(P + \frac{1}{2}H)^2$	$= P^2 + PH + \frac{1}{4}H^2$	
=				

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$= PH + 2PQ + \frac{1}{2}H^2 + HQ$ $= P(H + 2Q) + H\left(\frac{1}{2}H + Q\right)$ $= 2P\left(\frac{1}{2}H + Q\right) + H\left(\frac{1}{2}H + Q\right)$ $= (2P + H)\left(Q + \frac{1}{2}H\right)$ $= 2\left(P + \frac{1}{2}H\right)\left(Q + \frac{1}{2}H\right)$		---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$			PH	---
$A_1A_1 \times A_2A_2$			2PQ	---
$A_1A_2 \times A_1A_2$			$\frac{1}{2}H^2$	$\frac{1}{4}H^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$			HQ	HQ
$A_2A_2 \times A_2A_2$			---	$Q^2$
<b>Suma</b>		$\left(P + \frac{1}{2}H\right)^2$	$2\left(P + \frac{1}{2}H\right)\left(Q + \frac{1}{2}H\right)$	
<b>=</b>				



## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2PH$	$PH$	$PH$	---
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2PQ$	---	$2PQ$	---
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$	$\frac{1}{4} H^2$	$\frac{1}{2} H^2$	$\frac{1}{4} H^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2HQ$	---	$HQ$	$HQ$
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$	---	---	$Q^2$
<b>Suma</b>				
<b>=</b>		$= Q^2 + QH + \frac{1}{4} H^2$		
		$(Q + \frac{1}{2} H)^2$		

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2PH$	$PH$	$PH$	---
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2PQ$	---	$2PQ$	---
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$	$\frac{1}{4} H^2$	$\frac{1}{2} H^2$	$\frac{1}{4} H^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2HQ$	---	$HQ$	$HQ$
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$	---	---	$Q^2$
<b>Suma</b>		$(P + \frac{1}{2}H)^2$	$2(P + \frac{1}{2}H)(Q + \frac{1}{2}H)$	$(Q + \frac{1}{2}H)^2$
<b>=</b>				

$$p = P + \frac{1}{2}H$$

$$q = Q + \frac{1}{2}H$$

## Distribución de frecuencias de la progenie

Apareamiento		Genotipo y frecuencia de la descendencia		
Tipo	Frecuencia	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
$A_1A_1 \times A_1A_1$	$P^2$	$P^2$	---	---
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2PH$	$PH$	$PH$	---
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2PQ$	---	$2PQ$	---
$A_1A_2 \times A_1A_2$	$H^2$	$\frac{1}{4} H^2$	$\frac{1}{2} H^2$	$\frac{1}{4} H^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2HQ$	---	$HQ$	$HQ$
$A_2A_2 \times A_2A_2$	$Q^2$	---	---	$Q^2$
<b>Suma</b>		$(P + \frac{1}{2}H)^2$	$2(P + \frac{1}{2}H)(Q + \frac{1}{2}H)$	$(Q + \frac{1}{2}H)^2$
<b>=</b>		$p^2$	$2pq$	$q^2$

$$p = P + \frac{1}{2}H$$

$$q = Q + \frac{1}{2}H$$

# *Equilibrio Hardy-Weinberg*

Por lo tanto, en una población cuyas frecuencias genotípicas y genéticas se encuentran en relación de Equilibrio Hardy-Weinberg:

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

$$P = p^2$$

$$H = 2pq$$

$$Q = q^2$$

## Ejercicio 1

Le envían datos genéticos de una población de vicuñas. En estos encuentra que se han calculado las frecuencias alélicas para el gen X, el cual determina el tamaño del pelaje. Este gen posee dos alelos, cuyas frecuencias son  $X_1 = 0,26$  y  $X_2 = 0,74$ . Suponiendo que la población se encuentra bajo equilibrio H-W, calcule las frecuencias genotípicas y las frecuencias de apareamientos al azar.

Cálculo de frecuencias genotípicas

$$P = p^2$$
$$P = (0,26)^2$$

$$P = 0,07$$

$$H = 2pq$$
$$H = 2 * 0,26 * 0,74$$

$$H = 0,38$$

$$Q = q^2$$
$$Q = (0,74)^2$$

$$Q = 0,55$$



## Ejercicio 1

Le envían datos genéticos de una población de vicuñas. En estos encuentra que se han calculado las frecuencias alélicas para el gen X, el cual determina el tamaño del pelaje. Este gen posee dos alelos, cuyas frecuencias son  $X_1 = 0,26$  y  $X_2 = 0,74$ . Suponiendo que la población se encuentra bajo equilibrio H-W, calcule las frecuencias genotípicas y las frecuencias de apareamientos al azar.

Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Hembras			P	H	Q
	$A_1A_1$	P			
	$A_1A_2$	H			
	$A_2A_2$	Q			



## Ejercicio 1

Le envían datos genéticos de una población de vicuñas. En estos encuentra que se han calculado las frecuencias alélicas para el gen X, el cual determina el tamaño del pelaje. Este gen posee dos alelos, cuyas frecuencias son  $X_1 = 0,26$  y  $X_2 = 0,74$ . Suponiendo que la población se encuentra bajo equilibrio H-W, calcule las frecuencias genotípicas y las frecuencias de apareamientos al azar.

Frecuencia de apareamientos al azar				
	Machos	$A_1A_1$ P	$A_1A_2$ H	$A_2A_2$ Q
Hembras				
$A_1A_1$	P	$P^2$	PH	PQ
$A_1A_2$	H	PH	$H^2$	HQ
$A_2A_2$	Q	PQ	HQ	$Q^2$

$$P = 0,07$$

$$H = 0,38$$

$$Q = 0,55$$



## Ejercicio 1

Le envían datos genéticos de una población de vicuñas. En estos encuentra que se han calculado las frecuencias alélicas para el gen X, el cual determina el tamaño del pelaje. Este gen posee dos alelos, cuyas frecuencias son  $X_1 = 0,26$  y  $X_2 = 0,74$ . Suponiendo que la población se encuentra bajo equilibrio H-W, calcule las frecuencias genotípicas y las frecuencias de apareamientos al azar.

Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Hembras			P	H	Q
$A_1A_1$	P		$(0,07)^2$	$(0,07)*(0,38)$	$(0,07)*(0,55)$
$A_1A_2$	H		$(0,07)*(0,38)$	$(0,38)^2$	$(0,38)*(0,55)$
$A_2A_2$	Q		$(0,07)*(0,55)$	$(0,38)*(0,55)$	$(0,55)^2$

$$P = 0,07$$

$$H = 0,38$$

$$Q = 0,55$$





## Ejercicio 1

Le envían datos genéticos de una población de vicuñas. En estos encuentra que se han calculado las frecuencias alélicas para el gen X, el cual determina el tamaño del pelaje. Este gen posee dos alelos, cuyas frecuencias son  $X_1 = 0,26$  y  $X_2 = 0,74$ . Suponiendo que la población se encuentra bajo equilibrio H-W, calcule las frecuencias genotípicas y las frecuencias de apareamientos al azar.

Frecuencia de apareamientos al azar				
	Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Hembras		P	H	Q
$A_1A_1$	P	0,005	0,027	0,039
$A_1A_2$	H	0,027	0,144	0,209
$A_2A_2$	Q	0,039	0,209	0,303

$$\begin{aligned}P &= 0,07 \\H &= 0,38 \\Q &= 0,55\end{aligned}$$



## Ejercicio 2

Se tiene una especie de aves donde el gen A determina el color del plumaje, para el cual además se ha determinado que existen dos alelos, uno dominante ( $A_1$ ), el cual se asocia a la presentación de plumaje naranja, y uno recesivo ( $A_2$ ), el cual se asocia a la presentación de plumaje verde. Se tiene una muestra de 2.000 individuos, donde 320 tienen el plumaje verde y 1.680 tienen el plumaje anaranjado. Calcule las frecuencias genéticas.

**Frecuencia relativa plumaje verde**

$$fr = \frac{320}{2000} = 0,16$$

$$Q = fr \text{ plumaje verde}$$
$$Q = q^2$$

**Cálculo de frecuencias genéticas**

$$q^2 = fr \text{ plumaje verde}$$

$$q^2 = 0,16$$

$$q = \sqrt{0,16}$$

$$p + q = 1$$
$$p + 0,4 = 1$$

$$q = 0,4$$

$$p = 0,6$$

## Ejercicio 2

Se tiene una especie de aves donde el gen A determina el color del plumaje, para el cual además se ha determinado que existen dos alelos, uno dominante ( $A_1$ ), el cual se asocia a la presentación de plumaje naranja, y uno recesivo ( $A_2$ ), el cual se asocia a la presentación de plumaje verde. Se tiene una muestra de 2.000 individuos, donde 320 tienen el plumaje verde y 1.680 tienen el plumaje anaranjado. Calcule las frecuencias genéticas.

**Suponiendo que esta población se encuentra bajo equilibrio H-W, calcule las frecuencias genotípicas.**

$$p = 0,6$$
$$q = 0,4$$

**Cálculo de frecuencias genotípicas**

$$P = p^2$$
$$P = (0,6)^2$$

$$P = 0,36$$

$$H = 2pq$$
$$H = 2 * 0,6 * 0,4$$

$$H = 0,48$$

$$Q = q^2$$
$$Q = (0,4)^2$$

$$Q = 0,16$$

## Ejercicio 3

Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.



## Ejercicio 3



Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.

Cálculo de frecuencias genéticas

$$p = P + \frac{1}{2}H$$
$$p = 0,28 + \frac{1}{2}(0,63)$$

$$q = Q + \frac{1}{2}H$$
$$q = 0,09 + \frac{1}{2}(0,63)$$

$$p = 0,6$$

$$q = 0,4$$

# Prueba de Chi-Cuadrado ( $\chi^2$ )

En este caso se utiliza para comparar la distribución de los datos pertenecientes a distintos sets (como lo pueden ser dos poblaciones distintas o los valores esperados y observados de una misma población).

**$H_0 =$  Ambas distribuciones son iguales**

Para confirmar la hipótesis nula se espera que  $X^2 \leq 3,841$ , siendo  $p > 0,05$

En este caso, eso significa que la población se encuentra bajo equilibrio H-W

**$H_1 =$  Ambas distribuciones NO son iguales**

Para confirmar la hipótesis alternativa se espera que  $X^2 > 3,841$ , siendo  $p \leq 0,05$

En este caso, eso significa que la población NO se encuentra bajo equilibrio H-W

Se trabajará con  $p = 0,05$  y  $df = 1$

**Table 3-1** Critical Values of the  $\chi^2$  Distribution

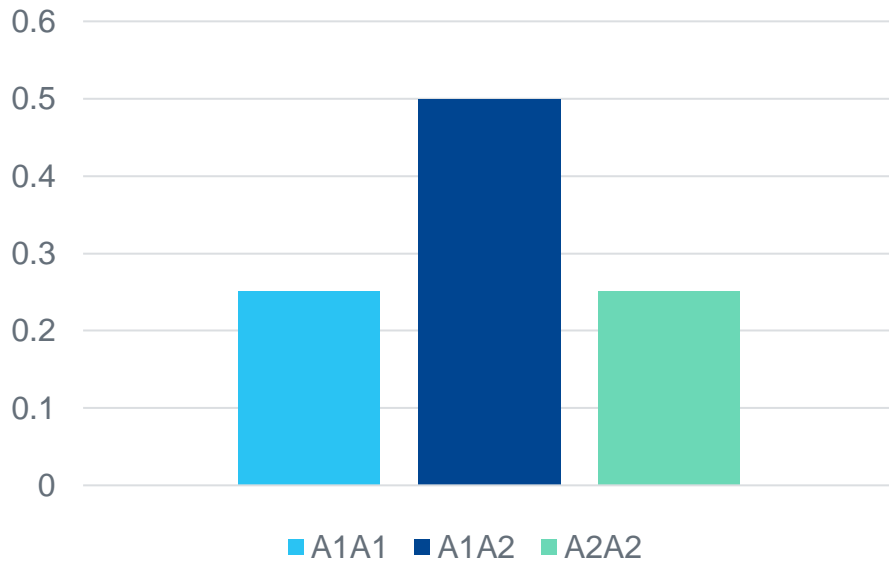
df	P					
	0.995	0.975	0.9	0.5	0.1	0.05
1	.000	.000	0.016	0.455	2.706	3.841
2	0.010	0.051	0.211	1.386	4.605	5.991
3	0.072	0.216	0.584	2.366	6.251	7.815

**Valor crítico = 3,841**

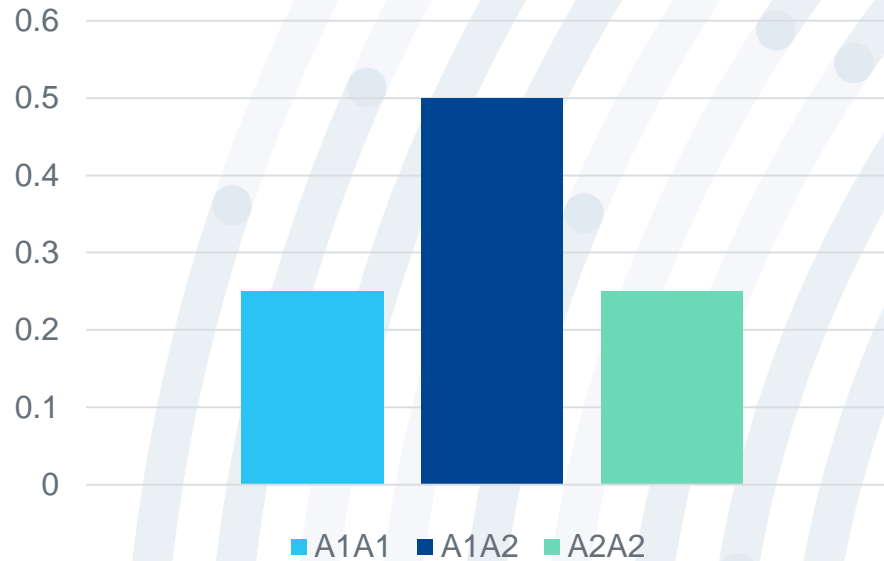
# Prueba de Chi-Cuadrado ( $\chi^2$ )

En este caso se utiliza para comparar la distribución de los datos pertenecientes a distintos sets (como lo pueden ser dos poblaciones distintas o los valores esperados y observados de una misma población).

Distribución Equilibrio H-W



Distribución Real

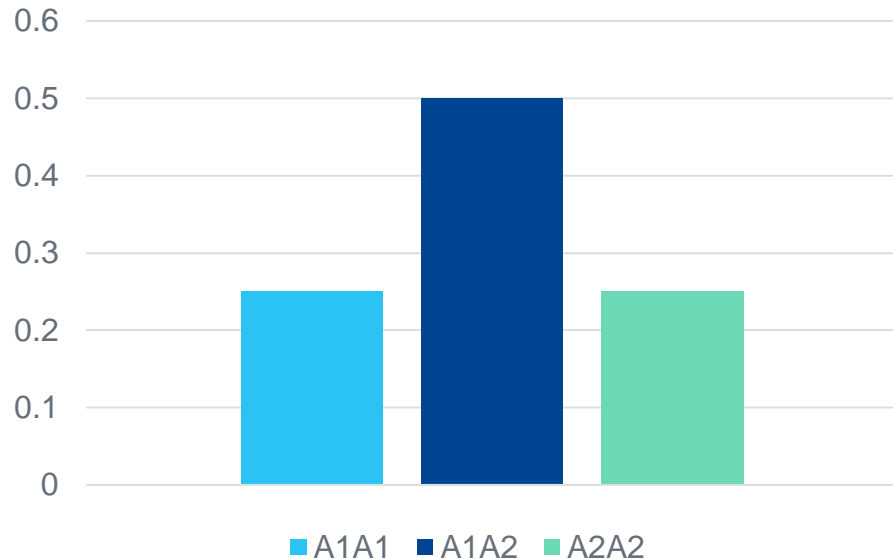


$$\chi^2 \leq 3,841$$
$$p > 0,05$$

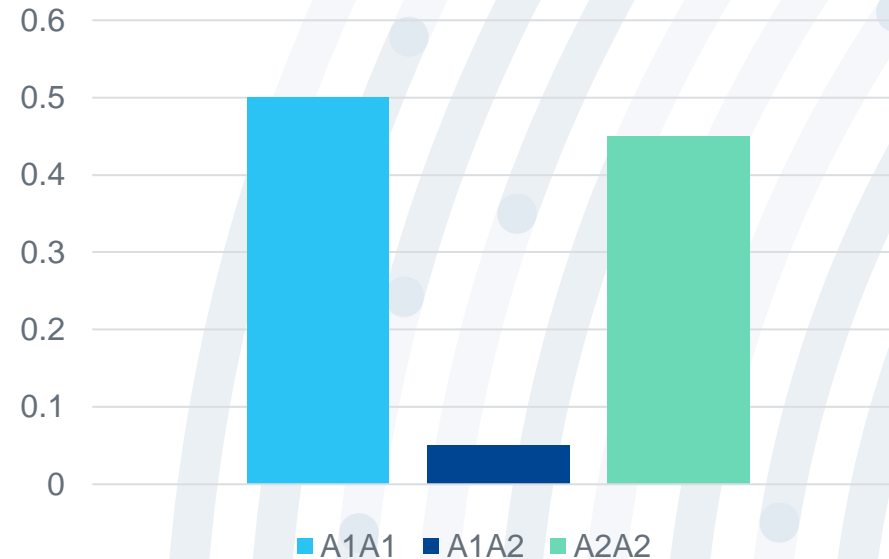
# Prueba de Chi-Cuadrado ( $\chi^2$ )

En este caso se utiliza para comparar la distribución de los datos pertenecientes a distintos sets (como lo pueden ser dos poblaciones distintas o los valores esperados y observados de una misma población).

Distribución Equilibrio H-W



Distribución Real



$\chi^2 > 3,841$   
 $p \leq 0,05$



## Ejercicio 3

Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.

Frecuencia	P	H	Q
Observada			
Esperada (H-W)			

$$p = 0,6$$
$$q = 0,4$$



## Ejercicio 3

Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,28	0,63	0,09
Esperada (H-W)			

$$p = 0,6$$
$$q = 0,4$$



## Ejercicio 3

Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,28	0,63	0,09
Esperada (H-W)	0,36	0,48	0,16

$$p = 0,6$$
$$q = 0,4$$



## Ejercicio 3



Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,28	0,63	0,09
Esperada (H-W)	0,36	0,48	0,16

Frecuencia	$Z_1Z_1$	$Z_1Z_2$	$Z_2Z_2$	$X^2$
Observada				
Esperada (H-W)				
$(O-E)^2/E$				

## Ejercicio 3



Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,28	0,63	0,09
Esperada (H-W)	0,36	0,48	0,16

Frecuencia	$Z_1Z_1$	$Z_1Z_2$	$Z_2Z_2$	$X^2$
Observada	840	1.890	270	
Esperada (H-W)				
$(O-E)^2/E$				

## Ejercicio 3



Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,28	0,63	0,09
Esperada (H-W)	0,36	0,48	0,16

Frecuencia	$Z_1Z_1$	$Z_1Z_2$	$Z_2Z_2$	$X^2$
Observada	840	1.890	270	
Esperada (H-W)	1.080	1.440	480	
$(O-E)^2/E$				

## Ejercicio 3



Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,28	0,63	0,09
Esperada (H-W)	0,36	0,48	0,16

Frecuencia	Z <sub>1</sub> Z <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>2</sub> Z <sub>2</sub>	X <sup>2</sup>
Observada	840	1.890	270	
Esperada (H-W)	1.080	1.440	480	
(O-E) <sup>2</sup> /E	53,33	140,63	91,88	

## Ejercicio 3



Para una población de 3.000 monitos del monte (*Dromiciops gliroides*) se han calculado las frecuencias genotípicas del gen Z. Éstas son:

$$P=0,28 \quad H=0,63 \quad Q=0,09$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg.

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,28	0,63	0,09
Esperada (H-W)	0,36	0,48	0,16

Frecuencia	$Z_1Z_1$	$Z_1Z_2$	$Z_2Z_2$	$\chi^2$
Observada	840	1.890	270	285,83
Esperada (H-W)	1.080	1.440	480	
$(O-E)^2/E$	53,33	140,63	91,88	

$$\chi^2 > 3,841$$

$$p \leq 0,05$$



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Calcule la cantidad de pumas con melanismo:

$$N^{\circ} \text{ de pumas con melanismo} = Q * \text{Total de pumas}$$

$$N^{\circ} \text{ de pumas con melanismo} = 0,02 * 200 \text{ pumas}$$

$$N^{\circ} \text{ de pumas con melanismo} = 4 \text{ pumas}$$



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Considerando que en esta población los apareamientos son aleatorios, calcule para una pareja de pumas heterocigotos la cantidad de cachorros con melanismo que generará este cruzamiento si es que la descendencia total generada fuesen 6 cachorros:





## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Considerando que en esta población los apareamientos son aleatorios, calcule para una pareja de pumas heterocigotos la cantidad de cachorros con melanismo que generará este cruzamiento si es que la descendencia total generada fuesen 6 cachorros:

Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Hembras			P	H	Q
	$A_1A_1$	P			
	$A_1A_2$	H			
	$A_2A_2$	Q			



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Considerando que en esta población los apareamientos son aleatorios, calcule para una pareja de pumas heterocigotos la cantidad de cachorros con melanismo que generará este cruzamiento si es que la descendencia total generada fuesen 6 cachorros:

Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Hembras			P	H	Q
	$A_1A_1$	P	$P^2$	PH	PQ
	$A_1A_2$	H	PH	$H^2$	HQ
	$A_2A_2$	Q	PQ	HQ	$Q^2$



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Considerando que en esta población los apareamientos son aleatorios, calcule para una pareja de pumas heterocigotos la cantidad de cachorros con melanismo que generará este cruzamiento si es que la descendencia total generada fuesen 6 cachorros:

Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Hembras			P	H	Q
	$A_1A_1$	P	$(0,68)^2$	$(0,68)*(0,3)$	$(0,68)*(0,02)$
	$A_1A_2$	H	$(0,68)*(0,3)$	$(0,3)^2$	$(0,3)*(0,02)$
	$A_2A_2$	Q	$(0,68)*(0,02)$	$(0,3)*(0,02)$	$(0,02)^2$



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Considerando que en esta población los apareamientos son aleatorios, calcule para una pareja de pumas heterocigotos la cantidad de cachorros con melanismo que generará este cruzamiento si es que la descendencia total generada fuesen 6 cachorros:

Frecuencia de apareamientos al azar						
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$	
Hembras		P	H	Q		
	$A_1A_1$	P	0,46	0,2	0,01	
	$A_1A_2$	H	0,2	0,09	0,01	
	$A_2A_2$	Q	0,01	0,01	0,0004	

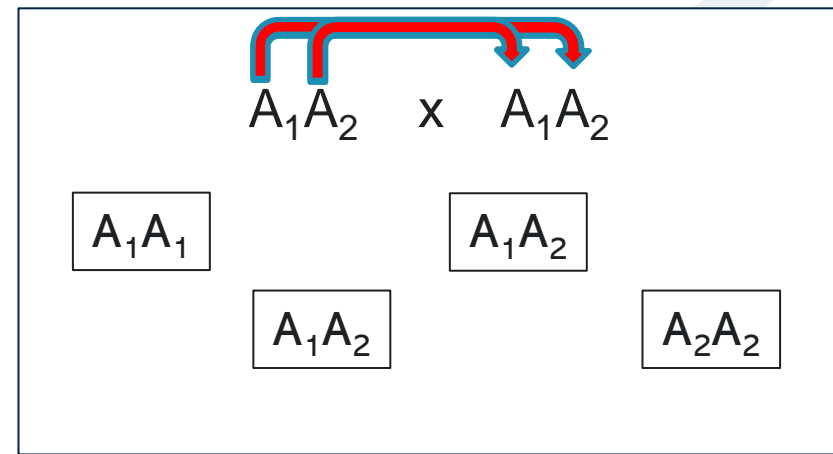


## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Considerando que en esta población los apareamientos son aleatorios, calcule para una pareja de pumas heterocigotos la cantidad de cachorros con melanismo que generará este cruzamiento si es que la descendencia total generada fuesen 6 cachorros:



Frecuencia de apareamientos al azar					
		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Hembras			P	H	Q
	$A_1A_1$	P	0,46	0,2	0,01
$A_1A_2$	H	0,2	0,09	0,01	
$A_2A_2$	Q	0,01	0,01	0,0004	

$$Prob_{\text{gatos melánicos}} = \frac{1}{4} H^2 = 0,25 * 0,09 = 0,0225$$



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Considerando que en esta población los apareamientos son aleatorios, calcule para una pareja de pumas heterocigotos la cantidad de cachorros con melanismo que generará este cruzamiento si es que la descendencia total generada fuesen 6 cachorros:

### Frecuencia de apareamientos al azar

		Machos	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_2A_2$
Hembras		P	H	Q	
	$A_1A_1$	P	0,46	0,2	0,01
	$A_1A_2$	H	0,2	0,09	0,01
	$A_2A_2$	Q	0,01	0,01	0,0004

$$Prob_{gatos\ melánicos} = \frac{1}{4}H^2 = 0,25 * 0,09 = 0,0225$$

$$\begin{aligned} N^{\circ} \text{ cachorros melánico} &= 6 * Prob_{gatos\ melánicos} \\ &= 6 * 0,0225 \\ &= 0,14 \text{ cachorros} \end{aligned}$$





## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:

Cálculo de frecuencias genéticas

$$p = P + \frac{1}{2}H$$
$$p = 0,68 + \frac{1}{2}(0,3)$$

$$p = 0,83$$

$$q = Q + \frac{1}{2}H$$
$$q = 0,02 + \frac{1}{2}(0,3)$$

$$q = 0,17$$



$$P = p^2 ; H = 2pq ; Q = q^2$$

## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:

Frecuencia	P	H	Q
Observada			
Esperada (H-W)			

$$p = 0,83$$
$$q = 0,17$$



$$P = p^2 ; H = 2pq ; Q = q^2$$

## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,68	0,3	0,02
Esperada (H-W)			

$$p = 0,83$$
$$q = 0,17$$



$$P = p^2 ; H = 2pq ; Q = q^2$$

## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,68	0,3	0,02
Esperada (H-W)	0,69	0,28	0,03

$$p = 0,83$$
$$q = 0,17$$



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,68	0,3	0,02
Esperada (H-W)	0,69	0,28	0,03

Frecuencia	SS	Ss	ss	$\chi^2$
Observada				
Esperada (H-W)				
$(O-E)^2/E$				



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,68	0,3	0,02
Esperada (H-W)	0,69	0,28	0,03

Frecuencia	SS	Ss	ss	X <sup>2</sup>
Observada	136	60	4	
Esperada (H-W)				
(O-E) <sup>2</sup> /E				



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,68	0,3	0,02
Esperada (H-W)	0,69	0,28	0,03

Frecuencia	SS	Ss	ss	X <sup>2</sup>
Observada	136	60	4	
Esperada (H-W)	138	56	6	
(O-E) <sup>2</sup> /E				





## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,68	0,3	0,02
Esperada (H-W)	0,69	0,28	0,03

Frecuencia	SS	Ss	ss	X <sup>2</sup>
Observada	136	60	4	
Esperada (H-W)	138	56	6	
(O-E) <sup>2</sup> /E	0,029	0,286	0,667	



## Ejercicio 4

Considere una población de 200 pumas (*Puma concolor*), para los cuales se han calculado las frecuencias genotípicas del gen S, el cual en su forma recesiva se ha asociado a la presentación de melanismo en esta especie. Las frecuencias genotípicas son:

$$P=0,68 \quad H=0,3 \quad Q=0,02$$

Determine si esta población se encuentra bajo Equilibrio Hardy-Weinberg:

Frecuencia	P	H	Q
Observada	0,68	0,3	0,02
Esperada (H-W)	0,69	0,28	0,03

Población está en equilibrio

Frecuencia	SS	Ss	ss	$\chi^2$
Observada	136	60	4	0,982
Esperada (H-W)	138	56	6	
$(O-E)^2/E$	0,029	0,286	0,667	

$$\chi^2 < 3,841$$
$$p > 0,05$$

# Ecuaciones importantes

## Relaciones entre frecuencias

$$p + q = 1$$
$$P + H + Q = 1$$

$$p = P + \frac{1}{2}H$$
$$q = Q + \frac{1}{2}H$$

## Equilibrio Hardy-Weinberg

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

$$P = p^2$$
$$H = 2pq$$
$$Q = q^2$$

