

**Módulo 3 – Cambios en las
frecuencias génicas y genotípicas**

**Poblaciones Pequeñas:
Consanguinidad y
Contribuciones Genéticas**

Tutor: Bastián Fernández S.

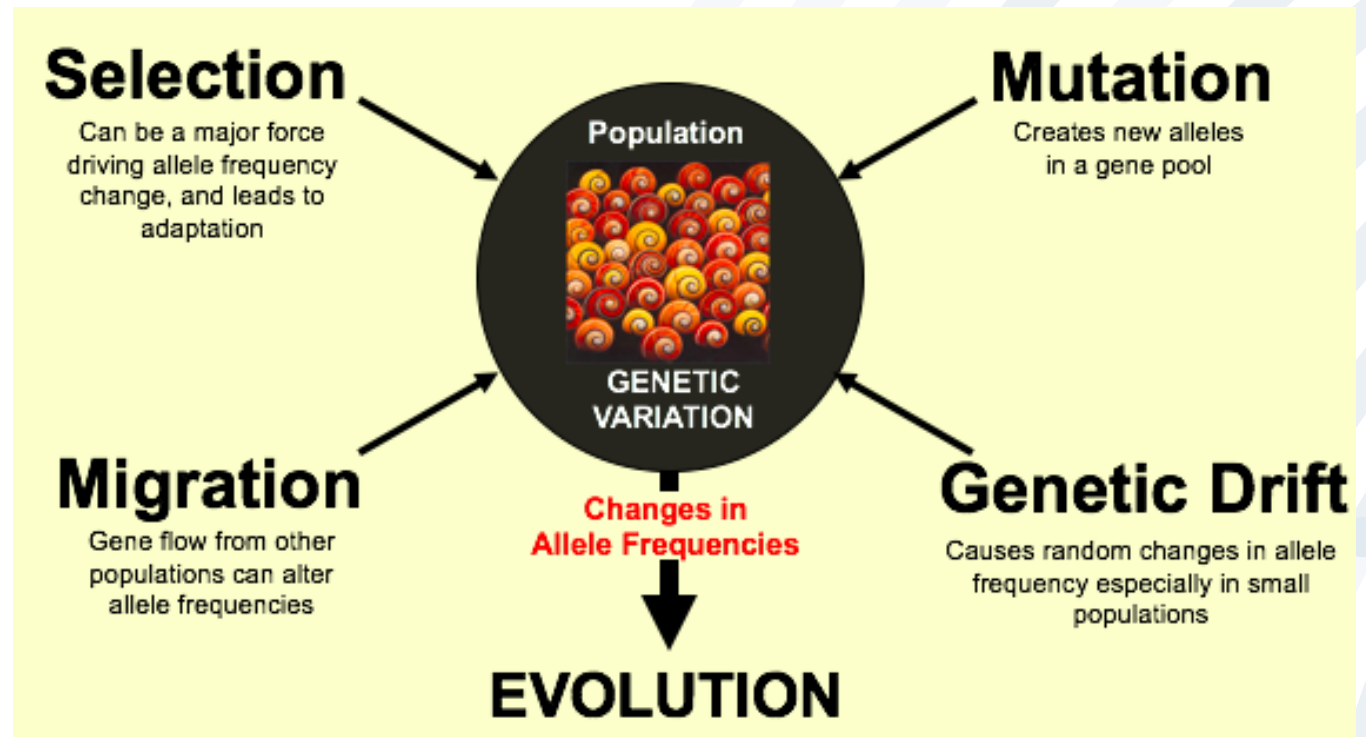
Cambios en las frecuencias génicas y genotípicas

Procesos sistemáticos

- Migración
- Mutación
- Selección

Proceso dispersivo

- Deriva génica



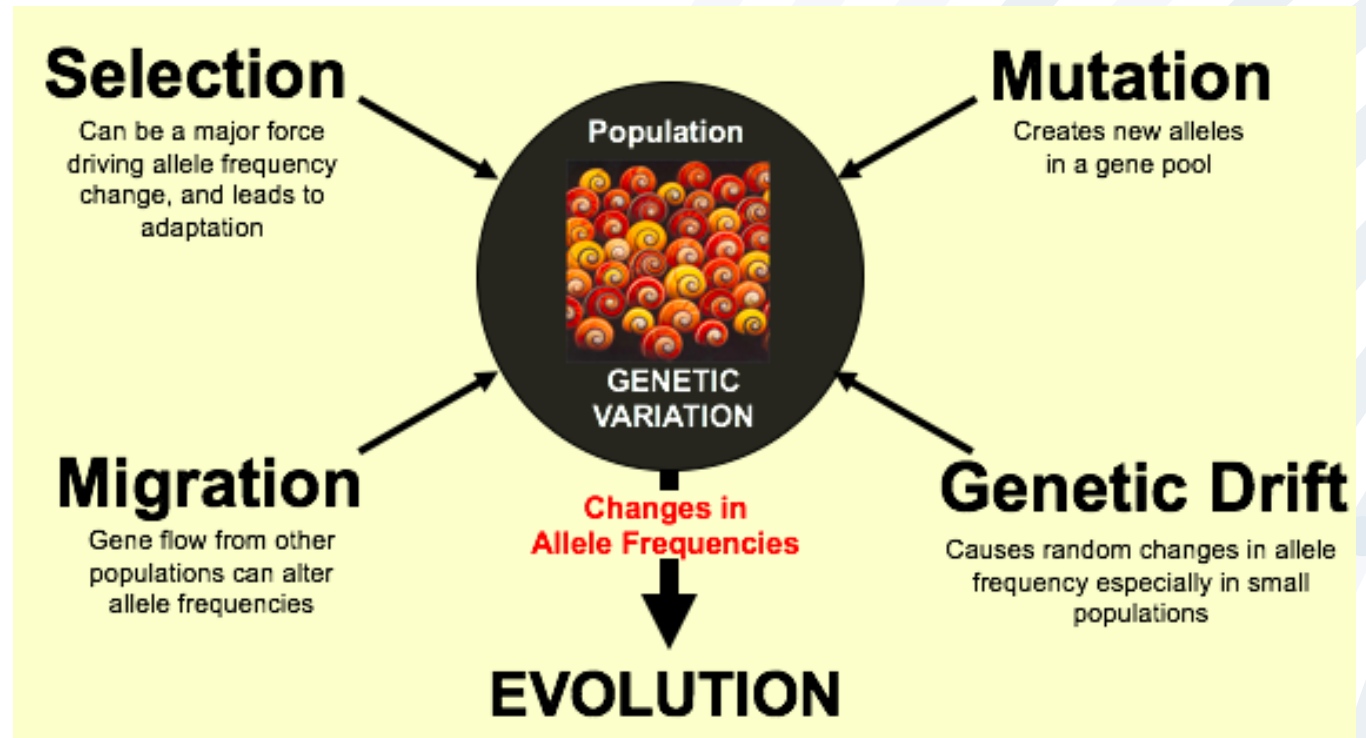
Cambios en las frecuencias génicas y genotípicas

Procesos sistemáticos

- Migración
- Mutación
- Selección

Proceso dispersivo

- Deriva génica



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.

Algunas definiciones

- Parentesco aditivo
- Coeficiente de coancestría
- Consanguinidad



“Probabilidad de que **dos individuos** compartan el mismo alelo, siendo éstos idénticos por descendencia”.

Algunas definiciones

- Parentesco aditivo
- Coeficiente de coancestría
- Consanguinidad



“Probabilidad de que **dos individuos** compartan el mismo alelo, siendo éstos idénticos por descendencia”.

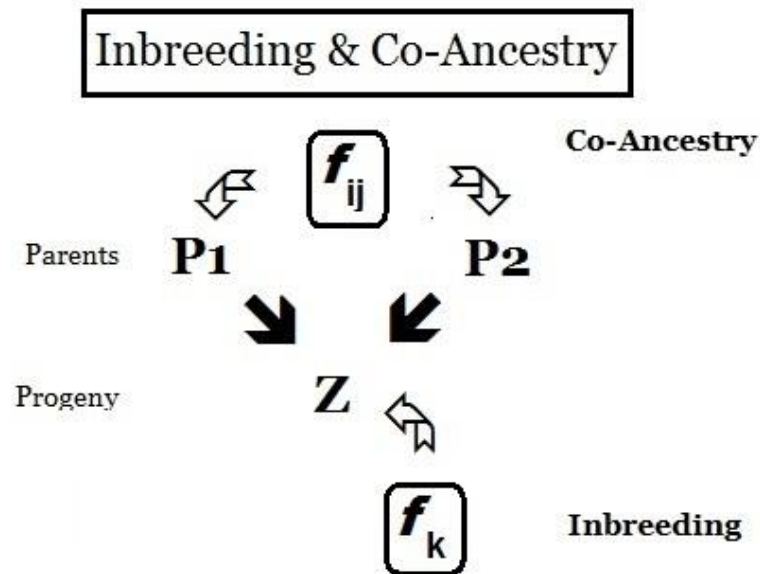
“Probabilidad que en un locus cualquiera **un individuo** presente alelos idénticos por descendencia”.

Algunas definiciones

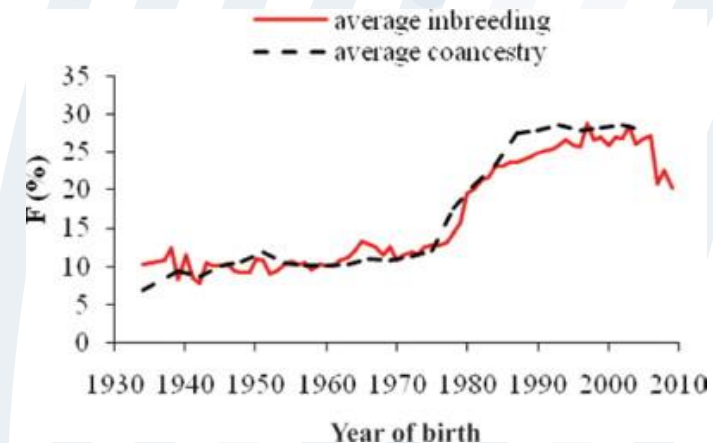
- Parentesco aditivo
- Coeficiente de coancestría
- Consanguinidad

“Probabilidad de que **dos individuos** compartan el mismo alelo, siendo éstos idénticos por descendencia”.

“Probabilidad que en un locus cualquiera **un individuo** presente alelos idénticos por descendencia”.



NO son valores poblacionales, aunque se puede calcular su promedio



Algunas definiciones

- **Relación** entre el **coeficiente de coancestría** (parentesco aditivo) y el **coeficiente de consanguinidad**
 - El valor mínimo de parentesco aditivo de un individuo consigo mismo es de 1, al que se le debe sumar el coeficiente de consanguinidad de éste en caso de que sea un individuo consanguíneo (debido a un aumento en la probabilidad de identidad).

$$a_{cc} = 1 + F_c$$

- **El coeficiente de consanguinidad de un individuo corresponde a la mitad del parentesco entre sus padres.**

$$F_c = \frac{1}{2} a_{ab}^*$$

Algunas definiciones

- Relación entre el coeficiente de coancestría (parentesco aditivo) y el coeficiente de consanguinidad

¿Cuál es el coeficiente de consanguinidad de los **hijos de hermanos**?

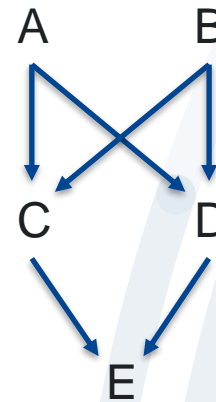
A	?-?
B	?-?
C	A-B
D	A-B
E	C-D

Algunas definiciones

- Relación entre el coeficiente de coancestría (parentesco aditivo) y el coeficiente de consanguinidad

¿Cuál es el coeficiente de consanguinidad de los **hijos de hermanos**?

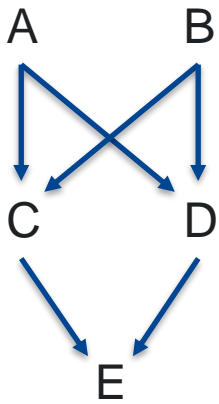
A	?-?
B	?-?
C	A-B
D	A-B
E	C-D



Algunas definiciones

- Relación entre el coeficiente de coancestría (parentesco aditivo) y el coeficiente de consanguinidad

¿Cuál es el coeficiente de consanguinidad de los hijos de hermanos?

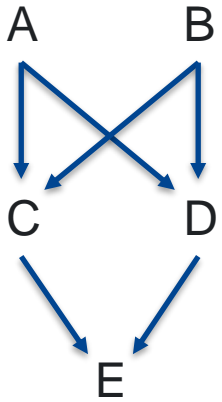


	---	---	A-B	A-B	C-D
	A	B	C	D	E
A		$a_{ee} = 1 + F_e$		0.5	0.5
B		$a_{ee} = 1 + \frac{1}{2}(a_{cd})$		0.5	0.5
C		$a_{ee} = 1 + \frac{1}{2}(0.5)$		0.5	0.75
D				1	0.75
E		$a_{ee} = 1.25$		0.75	

Algunas definiciones

- Relación entre el coeficiente de coancestría (parentesco aditivo) y el coeficiente de consanguinidad

¿Cuál es el coeficiente de consanguinidad de los hijos de hermanos?



	---	---	A-B	A-B	C-D
	A	B	C	D	E
A				0.5	0.5
B				0.5	0.5
C				0.5	0.75
D				1	0.75
E				0.75	1.25

$$a_{ee} = 1 + F_e$$

$$a_{ee} = 1 + \frac{1}{2}(a_{cd})$$

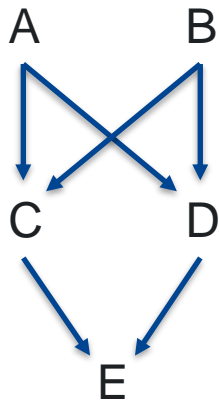
$$a_{ee} = 1 + \frac{1}{2}(0.5)$$

$$a_{ee} = 1.25$$

Algunas definiciones

- Relación entre el coeficiente de coancestría (parentesco aditivo) y el coeficiente de consanguinidad

¿Cuál es el coeficiente de consanguinidad de los **hijos de hermanos**?



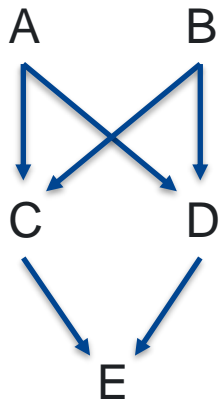
$$F_e = \frac{1}{2}(a_{cd})$$
$$F_e = \frac{1}{2}(0.5)$$

$$F_e = 0.25$$

Algunas definiciones

- Relación entre el coeficiente de coancestría (parentesco aditivo) y el coeficiente de consanguinidad

¿Cuál es el coeficiente de consanguinidad de los **hijos de hermanos**?



Tipo de cruzamiento	F
Hijos de hermanos	1/4
Hijos de medios hermanos	1/8
Hijos de primos 1°	1/16
Hijos de primos 2°	1/64

Consanguinidad



Consanguinidad

“Probabilidad que en un locus cualquiera **un individuo** presente alelos idénticos por descendencia”.

- **Matemáticamente (consanguinidad en la población ideal):**

Consanguinidad en la generación 1:

$$F_1 = \frac{1}{2N}$$

Consanguinidad en la generación t:

$$F_t = \frac{1}{2N} + \left(1 - \frac{1}{2N}\right)F_{t-1}$$

“Incremento” o “nueva consanguinidad”:

$$\Delta F = \frac{1}{2N}$$

Consanguinidad en la generación t:

$$F_t = \Delta F + (1 - \Delta F)F_{t-1}$$

Consanguinidad

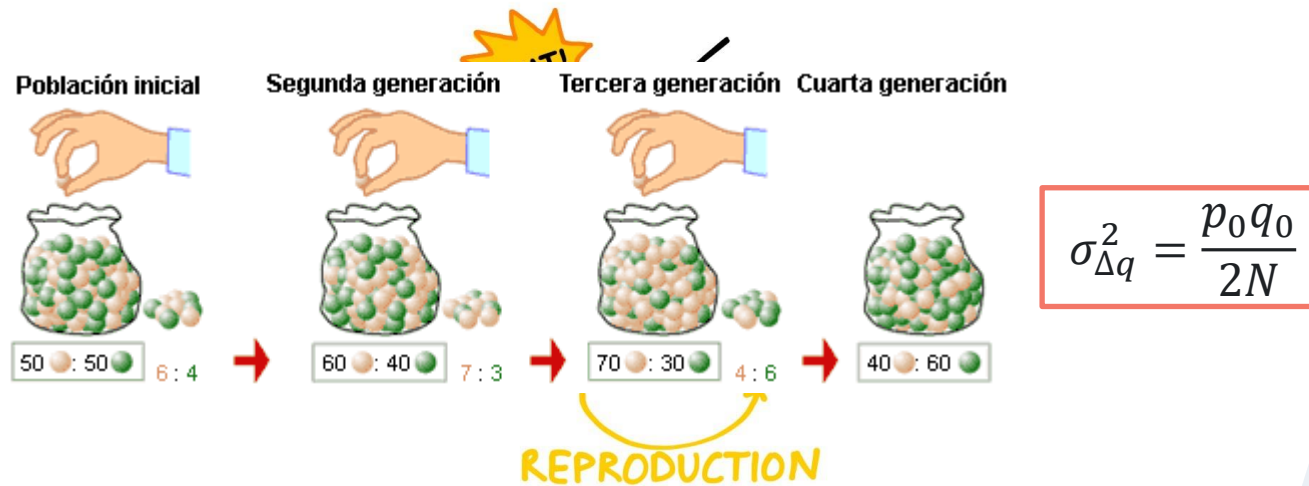
Para reducir el **proceso dispersivo a su versión más simple** se utiliza una **población ideal** que cumple con las siguientes condiciones:

1. El apareamiento está restringido a miembros de la misma línea. De esta forma, las líneas se encuentran aisladas, en el sentido de que ningún gen puede pasar de una línea a otra. En otras palabras, la migración está excluida/ **Ausencia de procesos sistemáticos**
2. Las generaciones están separadas y no se solapan/ **Generaciones discretas**
3. El número de individuos reproductores en cada línea es el mismo para todas las líneas y generaciones. Los individuos reproductores son aquellos que transmiten genes a la generación siguiente/ **Población de tamaño constante**
4. Dentro de cada línea el apareamiento es aleatorio, incluyendo la autofecundación al azar.
5. No hay selección en ninguna etapa.
6. No se considera la mutación/ **Ausencia de procesos sistemáticos**
7. Población base en equilibrio de Hardy-Weinberg.



Relación con la deriva génica

Cambio en las frecuencias génicas debido al **muestreo aleatorio** de organismos pertenecientes a una población.



Este fenómeno adquiere **mayor fuerza en poblaciones pequeñas**, donde los **alelos con menores frecuencias tienen una mayor probabilidad de perderse**.

Este proceso continúa que hasta finalmente provocar la fijación de alguno de los alelos en la población (mientras los otros se pierden).

- El **cambio en las frecuencias génicas es impredecible en dirección**
- La **magnitud es predecible** en términos de la varianza del cambio
- En cada línea (población o subpoblación) se fija finalmente uno de los alelos (frecuencia = 1), mientras que se pierde el otro (frecuencia = 0)
- Todos los **individuos de una misma línea son genéticamente idénticos** para el locus en estudio
- De las líneas (poblaciones o subpoblaciones), p_0 fijarán el alelo A_1 , mientras que q_0 fijarán el alelo A_2

Relación con la deriva génica



- Diferenciación entre sub-poblaciones
- Uniformidad dentro de sub-poblaciones
- **Mayor proporción de homocigotos**

F de fijación (fixation en inglés)

Consanguinidad

Ejemplo

Se tienen 2 poblaciones, una compuesta por 100 individuos y otra por 1.000 individuos. Asumiendo que ambas son poblaciones ideales, calcule la consanguinidad para las primeras 3 generaciones.

Población 100:

$$F_1 = \frac{1}{2N}$$
$$F_1 = \frac{1}{2 * 100}$$
$$F_1 = \frac{1}{200}$$

$$F_t = \frac{1}{2N} + (1 - \frac{1}{2N})F_{t-1}$$
$$F_2 = \frac{1}{2 * 100} + (1 - \frac{1}{2 * 100})F_1$$
$$F_2 = \frac{1}{200} + \left(1 - \frac{1}{200}\right) * 0,005$$
$$F_2 = 0,005 + (0,995) * 0,005$$
$$F_2 = 0,005 + 0,004975$$

$$F_t = \frac{1}{2N} + (1 - \frac{1}{2N})F_{t-1}$$
$$F_3 = \frac{1}{2 * 100} + (1 - \frac{1}{2 * 100})F_2$$
$$F_3 = 0,005 + (0,995) * 0,009975$$
$$F_3 = 0,005 + 0,009925$$

$$F_1 = 0,005$$

$$F_2 = 0,009975$$

$$F_3 = 0,014925$$

Consanguinidad

Ejemplo

Se tienen 2 poblaciones, una compuesta por 100 individuos y otra por 1.000 individuos. Asumiendo que ambas son poblaciones ideales, calcule la consanguinidad para las primeras 3 generaciones.

Población 1000:

$$F_1 = \frac{1}{2N}$$
$$F_1 = \frac{1}{2 * 1000}$$
$$F_1 = \frac{1}{2000}$$

$$F_t = \frac{1}{2N} + \left(1 - \frac{1}{2N}\right)F_{t-1}$$
$$F_2 = \frac{1}{2 * 1000} + \left(1 - \frac{1}{2 * 1000}\right)F_1$$
$$F_2 = \frac{1}{2000} + \left(1 - \frac{1}{2000}\right) * 0,0005$$
$$F_2 = 0,0005 + (0,9995) * 0,0005$$
$$F_2 = 0,0005 + 0,00049975$$

$$F_t = \frac{1}{2N} + \left(1 - \frac{1}{2N}\right)F_{t-1}$$
$$F_3 = \frac{1}{2 * 1000} + \left(1 - \frac{1}{2 * 1000}\right)F_2$$
$$F_3 = 0,0005 + (0,9995) * 0,00099975$$
$$F_3 = 0,0005 + 0,00099925$$

$$F_1 = 0,0005$$

$$F_2 = 0,00099975$$

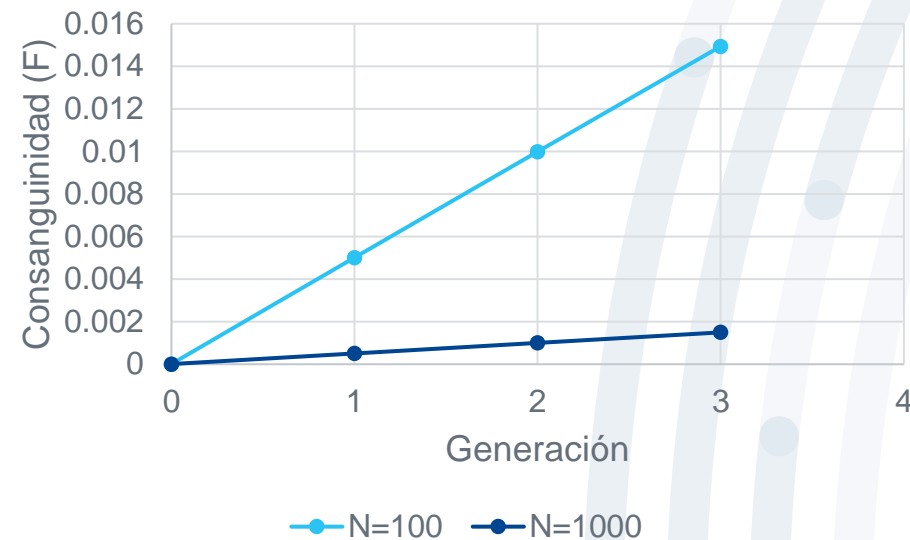
$$F_3 = 0,00099925$$

Consanguinidad

Ejemplo

Se tienen 2 poblaciones, una compuesta por 100 individuos y otra por 1.000 individuos. Asumiendo que ambas son poblaciones ideales, calcule la consanguinidad para las primeras 3 generaciones.

N	F ₁	F ₂	F ₃
100	0,005	0,009975	0,014925
1000	0,0005	0,0009975	0,0014925



Contribuciones Genéticas



Contribuciones genéticas

Bajo equilibrio genético y frecuencias genotípicas constantes de generación en generación, siendo una proporción binomial de las frecuencias genéticas, manteniéndose de esta forma la composición genotípica y la variación genética de la población.

Contribuciones genéticas

Frecuencias genotípicas (P, H y Q) en un *locus* con dos alelos, expresadas en términos del coeficiente de consanguinidad (F):

	Frecuencias originales	Cambio debido a la consanguinidad	Identidad: en estado	por descendencia (IBD)
A_1A_1	p^2	$+pqF$	$= p^2(1 - F)$	$+pF$
A_1A_2			$= p^2 + pqF$	
			$= p^2 + p(1 - p)F$	
			$= p^2 + pF - p^2F$	
A_2A_2			$= p^2 - p^2F + pF$	
			$= p^2(1 - F) + pF$	

Contribuciones genéticas

	Frecuencias originales	Cambio debido a la consanguinidad	Identidad:	
			en estado	por descendencia (IBD)
A_1A_1	p^2	$+pqF$	$= p^2(1 - F)$	$+pF$
A_1A_2	$2pq$	$-2pqF$	$= 2pq(1 - F)$	
A_2A_2	q^2	$+pqF$	$= q^2(1 - F)$	$+qF$

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Contribuciones genéticas

	Frecuencias originales	Cambio debido a la consanguinidad	Identidad:	
			en estado	por descendencia (IBD)
A_1A_1	p^2	$+pqF$	$= p^2(1 - F)$	$+pF$
A_1A_2	$2pq$	$-2pqF$	$= 2pq(1 - F)$	
A_2A_2	q^2	$+pqF$	$= q^2(1 - F)$	$+qF$

$F = 0$

Contribuciones genéticas

	Frecuencias originales	Cambio debido a la consanguinidad	Identidad:	
			en estado	por descendencia (IBD)
A_1A_1	p^2	$+pq(0)$	$= p^2(1 - 0)$	$+p(0)$
A_1A_2	$2pq$	$-2pq(0)$	$= 2pq(1 - 0)$	
A_2A_2	q^2	$+pq(0)$	$= q^2(1 - 0)$	$+q(0)$

$F = 0$

Contribuciones genéticas

	Frecuencias originales	Cambio debido a la consanguinidad	Identidad:	
			en estado	por descendencia (IBD)
A_1A_1	p^2	-	$= p^2$	-
A_1A_2	$2pq$	-	$= 2pq$	-
A_2A_2	q^2	-	$= q^2$	-

$$F = 0$$

Contribuciones genéticas

	Frecuencias originales	Cambio debido a la consanguinidad	Identidad:	
			en estado	por descendencia (IBD)
A_1A_1	p^2	$+pqF$	$= p^2(1 - F)$	$+pF$
A_1A_2	$2pq$	$-2pqF$	$= 2pq(1 - F)$	
A_2A_2	q^2	$+pqF$	$= q^2(1 - F)$	$+qF$

$$F = 1$$

Contribuciones genéticas

	Frecuencias originales	Cambio debido a la consanguinidad	Identidad:	
			en estado	por descendencia (IBD)
A_1A_1	p^2	$+pq(1)$	$= p^2(1 - 1)$	$+p(1)$
A_1A_2	$2pq$	$-2pq(1)$	$= 2pq(1 - 1)$	
A_2A_2	q^2	$+pq(1)$	$= q^2(1 - 1)$	$+q(1)$

$F = 1$

Contribuciones genéticas

	Frecuencias originales	Cambio debido a la consanguinidad	Identidad:	
			en estado	por descendencia (IBD)
A_1A_1	p^2	$+pq$	=	p
A_1A_2	$2pq$	$-2pq$	-	
A_2A_2	q^2	$+pq$	=	q

$F = 1$

Contribuciones genéticas

Ejemplo

Las frecuencias génicas dentro de un población para el gen A son $p = 0,6$ y $q = 0,4$. Calcule las frecuencias genotípicas para la población luego de una generación de apareamientos aleatorios, considerando que la población se encuentra bajo los efectos de la deriva génica y que el coeficiente de consanguinidad para la primera generación es de 0,5. Además, determine las contribuciones genéticas.

$$P = p^2 + pqF$$
$$P = (0,6)^2 + (0,6)(0,4)(0,5)$$
$$P = 0,36 + 0,12$$

$$H = 2pq - 2pqF$$
$$H = 2(0,6)(0,4) - 2(0,6)(0,4)(0,5)$$
$$H = 0,48 - 0,24$$

$$Q = q^2 + pqF$$
$$Q = (0,4)^2 + (0,6)(0,4)(0,5)$$
$$Q = 0,16 + 0,12$$

$$P = 0,48$$

$$H = 0,24$$

$$Q = 0,28$$

Contribuciones genéticas

Ejemplo

Las frecuencias génicas dentro de un población para el gen A son $p = 0,6$ y $q = 0,4$. Calcule las frecuencias genotípicas para la población luego de una generación de apareamientos aleatorios, considerando que la población se encuentra bajo los efectos de la deriva génica y que el coeficiente de consanguinidad para la primera generación es de 0,5. Además, determine las contribuciones genéticas.

$$P = 0,48$$

$$H = 0,24$$

$$Q = 0,28$$

$$P_{IBS} = p^2(1 - F)$$
$$P_{IBS} = (0,6)^2(1 - 0,5)$$
$$P_{IBS} = (0,36)(0,5)$$

$$P_{IBS} = 0,18$$

$$P_{IBD} = pF$$
$$P_{IBD} = (0,6)(0,5)$$

$$P_{IBD} = 0,3$$

Contribuciones genéticas

Ejemplo

Las frecuencias génicas dentro de un población para el gen A son $p = 0,6$ y $q = 0,4$. Calcule las frecuencias genotípicas para la población luego de una generación de apareamientos aleatorios, considerando que la población se encuentra bajo los efectos de la deriva génica y que el coeficiente de consanguinidad para la primera generación es de 0,5. Además, determine las contribuciones genéticas.

$$P = 0,48$$

$$H = 0,24$$

$$Q = 0,28$$

$$H_{IBS} = 2pq (1 - F)$$

$$H_{IBS} = 2(0,6)(0,4)(1 - 0,5)$$

$$H_{IBS} = 2(0,24) (0,5)$$

$$H_{IBS} = 0,24$$

Contribuciones genéticas

Ejemplo

Las frecuencias génicas dentro de un población para el gen A son $p = 0,6$ y $q = 0,4$. Calcule las frecuencias genotípicas para la población luego de una generación de apareamientos aleatorios, considerando que la población se encuentra bajo los efectos de la deriva génica y que el coeficiente de consanguinidad para la primera generación es de 0,5. Además, determine las contribuciones genéticas.

$$P = 0,48$$

$$H = 0,24$$

$$Q = 0,28$$

$$Q_{IBS} = q^2(1 - F)$$
$$Q_{IBS} = (0,4)^2(1 - 0,5)$$
$$Q_{IBS} = (0,16)(0,5)$$

$$Q_{IBS} = 0,08$$

$$Q_{IBD} = qF$$
$$Q_{IBD} = (0,4)(0,5)$$

$$Q_{IBD} = 0,2$$

Contribuciones genéticas

Ejemplo

Las frecuencias génicas dentro de un población para el gen A son $p = 0,6$ y $q = 0,4$. Calcule las frecuencias genotípicas para la población luego de una generación de apareamientos aleatorios, considerando que la población se encuentra bajo los efectos de la deriva génica y que el coeficiente de consanguinidad para la primera generación es de 0,5. Además, determine las contribuciones genéticas.

Frecuencias genotípicas	Identidad:	
	en estado	por descendencia (IBD)
A_1A_1	0,48	0,3
A_1A_2	0,24	-
A_2A_2	0,28	0,2

Ejercicios



Ejercicio 1

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Cálculo de coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = ?$$

$$F_2 = ?$$

$$F_3 = ?$$

Consanguinidad en la generación 1:

$$F_1 = \frac{1}{2N}$$

Consanguinidad en la generación t:

$$F_t = \frac{1}{2N} + \left(1 - \frac{1}{2N}\right)F_{t-1}$$



Ejercicio 1



Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Cálculo de coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = \frac{1}{2N}$$
$$F_1 = \frac{1}{2 * 10}$$
$$F_1 = \frac{1}{20}$$

$$F_t = \frac{1}{2N} + (1 - \frac{1}{2N})F_{t-1}$$
$$F_2 = \frac{1}{2 * 10} + (1 - \frac{1}{2 * 10})F_1$$
$$F_2 = \frac{1}{20} + \left(1 - \frac{1}{20}\right) * 0,05$$
$$F_2 = 0,05 + (0,95) * 0,05$$
$$F_2 = 0,05 + 0,0475$$

$$F_t = \frac{1}{2N} + (1 - \frac{1}{2N})F_{t-1}$$
$$F_3 = \frac{1}{2 * 10} + (1 - \frac{1}{2 * 10})F_2$$
$$F_3 = 0,05 + (0,95) * 0,0975$$
$$F_3 = 0,05 + 0,092625$$

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,0975$$

$$F_3 = 0,142625$$

Ejercicio 1

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Cálculo de coeficientes de consanguinidad

$$\begin{aligned}F_1 &= 0,05 \\F_2 &= 0,098 \\F_3 &= 0,143\end{aligned}$$

Consanguinidad en la generación 1:

$$F_1 = \frac{1}{2N}$$

Consanguinidad en la generación t:

$$F_t = \frac{1}{2N} + \left(1 - \frac{1}{2N}\right)F_{t-1}$$



Ejercicio 1

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,098$$

$$F_3 = 0,143$$

Cálculo de frecuencias genotípicas

Generación 1

$$P_1 = ?$$

$$H_1 = ?$$

$$Q_1 = ?$$

Generación 2

$$P_2 = ?$$

$$H_2 = ?$$

$$Q_2 = ?$$

Generación 3

$$P_3 = ?$$

$$H_3 = ?$$

$$Q_3 = ?$$



Ejercicio 1

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,098$$

$$F_3 = 0,143$$

Cálculo de frecuencias genotípicas

Generación 1

$$P_1 = ?$$

$$H_1 = ?$$

$$Q_1 = ?$$

$$P_1 = p^2(1 - F) + pF$$
$$P_1 = (0,7)^2(0,95) + (0,7)(0,05)$$
$$P_1 = 0,4655 + 0,035$$

$$P_1 = 0,5$$

$$H_1 = 2pq(1 - F)$$
$$H_1 = 2(0,7)(0,3)(0,95)$$

$$H_1 = 0,4$$

$$Q_1 = q^2(1 - F) + qF$$
$$Q_1 = (0,3)^2(0,95) + (0,3)(0,05)$$
$$Q_1 = 0,0855 + 0,015$$

$$Q_1 = 0,1$$



Ejercicio 1

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,098$$

$$F_3 = 0,143$$

Cálculo de frecuencias genotípicas

Generación 2

$$P_2 = ?$$

$$H_2 = ?$$

$$Q_2 = ?$$

$$P_2 = p^2(1 - F) + pF$$
$$P_2 = (0,7)^2(0,902) + (0,7)(0,098)$$
$$P_2 = 0,442 + 0,069$$

$$P_2 = 0,51$$

$$H_2 = 2pq(1 - F)$$
$$H_2 = 2(0,7)(0,3)(0,902)$$

$$H_2 = 0,38$$

$$Q_2 = q^2(1 - F) + qF$$
$$Q_2 = (0,3)^2(0,902) + (0,3)(0,098)$$
$$Q_2 = 0,081 + 0,029$$

$$Q_2 = 0,11$$



Ejercicio 1

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,098$$

$$F_3 = 0,143$$

Cálculo de frecuencias genotípicas

Generación 3

$$P_3 = ?$$

$$H_3 = ?$$

$$Q_3 = ?$$

$$P_3 = p^2(1 - F) + pF$$
$$P_3 = (0,7)^2(0,857) + (0,7)(0,143)$$
$$P_3 = 0,4199 + 0,1001$$

$$P_3 = 0,52$$

$$H_3 = 2pq(1 - F)$$
$$H_3 = 2(0,7)(0,3)(0,857)$$

$$H_3 = 0,36$$

$$Q_3 = q^2(1 - F) + qF$$
$$Q_3 = (0,3)^2(0,857) + (0,3)(0,143)$$
$$Q_3 = 0,07713 + 0,0429$$

$$Q_3 = 0,12$$



Ejercicio 1

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,098$$

$$F_3 = 0,143$$

Cálculo de frecuencias genotípicas

Generación 1

$$P_1 = 0,5$$

$$H_1 = 0,4$$

$$Q_1 = 0,1$$

Generación 2

$$P_2 = 0,51$$

$$H_2 = 0,38$$

$$Q_2 = 0,11$$

Generación 3

$$P_3 = 0,52$$

$$H_3 = 0,36$$

$$Q_3 = 0,12$$



Ejercicio 1

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Coeficientes de consanguinidad

$F_1 = 0,05$
$F_2 = 0,098$
$F_3 = 0,143$

Cálculo de contribuciones genéticas

Generación 1

$P_{IBS} = ?$	$P_{IBD} = ?$
---------------	---------------

$H_{IBS} = ?$

$Q_{IBS} = ?$	$Q_{IBD} = ?$
---------------	---------------

Generación 2

$P_{IBS} = ?$	$P_{IBD} = ?$
---------------	---------------

$H_{IBS} = ?$

$Q_{IBS} = ?$	$Q_{IBD} = ?$
---------------	---------------

Generación 3

$P_{IBS} = ?$	$P_{IBD} = ?$
---------------	---------------

$H_{IBS} = ?$

$Q_{IBS} = ?$	$Q_{IBD} = ?$
---------------	---------------

Frecuencias genotípicas

$P_1 = 0,5$	$P_2 = 0,51$	$P_3 = 0,52$
$H_1 = 0,4$	$H_2 = 0,38$	$H_3 = 0,36$
$Q_1 = 0,1$	$Q_2 = 0,11$	$Q_3 = 0,12$

Ejercicio 1

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,098$$

$$F_3 = 0,143$$

Cálculo de contribuciones genéticas

Generación 1

$$P_{IBS} = ? \quad P_{IBD} = ?$$

$$H_{IBS} = ?$$

$$Q_{IBS} = ? \quad Q_{IBD} = ?$$

$$P_1 = p^2(1 - F) + pF$$

$$P_1 = (0,7)^2(0,95) + (0,7)(0,05)$$

$$P_1 = 0,4655 + 0,035$$

$$P_1 = 0,5$$

$$H_1 = 2pq(1 - F)$$

$$H_1 = 2(0,7)(0,3)(0,95)$$

$$H_1 = 0,4$$

Frecuencias genotípicas

$P_1 = 0,5$	$P_2 = 0,51$	$P_3 = 0,52$
$H_1 = 0,4$	$H_2 = 0,38$	$H_3 = 0,36$
$Q_1 = 0,1$	$Q_2 = 0,11$	$Q_3 = 0,12$

$$Q_1 = q^2(1 - F) + qF$$

$$Q_1 = (0,3)^2(0,95) + (0,3)(0,05)$$

$$Q_1 = 0,0855 + 0,015$$

$$Q_1 = 0,1$$

Ejercicio 1

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,098$$

$$F_3 = 0,143$$

Cálculo de contribuciones genéticas

Generación 1

$$P_{IBS} = ? \quad P_{IBD} = ?$$

$$H_{IBS} = ?$$

$$Q_{IBS} = ? \quad Q_{IBD} = ?$$

$$P_1 = p^2(1 - F) + pF$$

$$P_1 = (0,7)^2(0,95) + (0,7)(0,05)$$

$$P_1 = 0,4655 + 0,035$$

$$P_{IBS} \quad P_{IBD}$$

$$H_1 = 2pq(1 - F)$$

$$H_1 = 2(0,7)(0,3)(0,95)$$

$$H_1 = 0,4$$

$$H_{IBS}$$

Frecuencias genotípicas

$P_1 = 0,5$	$P_2 = 0,51$	$P_3 = 0,52$
$H_1 = 0,4$	$H_2 = 0,38$	$H_3 = 0,36$
$Q_1 = 0,1$	$Q_2 = 0,11$	$Q_3 = 0,12$

$$Q_1 = q^2(1 - F) + qF$$

$$Q_1 = (0,3)^2(0,95) + (0,3)(0,05)$$

$$Q_1 = 0,0855 + 0,015$$

$$Q_{IBS} \quad Q_{IBD}$$

Ejercicio 1

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,098$$

$$F_3 = 0,143$$

Cálculo de contribuciones genéticas

Generación 2

$$P_{IBS} = ? \quad P_{IBD} = ?$$

$$H_{IBS} = ?$$

$$Q_{IBS} = ? \quad Q_{IBD} = ?$$

$$P_2 = p^2(1 - F) + pF$$

$$P_2 = (0,7)^2(0,902) + (0,7)(0,098)$$

$$P_2 = 0,442 + 0,069$$

$$P_{IBS} \quad P_{IBD}$$

$$H_2 = 2pq(1 - F)$$

$$H_2 = 2(0,7)(0,3)(0,902)$$

$$H_2 = 0,38$$

$$H_{IBS}$$

Frecuencias genotípicas

$P_1 = 0,5$	$P_2 = 0,51$	$P_3 = 0,52$
$H_1 = 0,4$	$H_2 = 0,38$	$H_3 = 0,36$
$Q_1 = 0,1$	$Q_2 = 0,11$	$Q_3 = 0,12$

$$Q_2 = q^2(1 - F) + qF$$

$$Q_2 = (0,3)^2(0,902) + (0,3)(0,098)$$

$$Q_2 = 0,081 + 0,029$$

$$Q_{IBS} \quad Q_{IBD}$$

Ejercicio 1

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Coeficientes de consanguinidad

$$F_1 = 0,05$$

$$F_2 = 0,098$$

$$F_3 = 0,143$$

Cálculo de contribuciones genéticas

Generación 3

$$P_{IBS} = ? \quad P_{IBD} = ?$$

$$H_{IBS} = ?$$

$$Q_{IBS} = ? \quad Q_{IBD} = ?$$

$$P_3 = p^2(1 - F) + pF$$

$$P_3 = (0,7)^2(0,857) + (0,7)(0,143)$$

$$P_3 = \boxed{0,4199} + \boxed{0,1001}$$

$$P_{IBS} \quad P_{IBD}$$

$$H_3 = 2pq(1 - F)$$

$$H_3 = 2(0,7)(0,3)(0,857)$$

$$H_3 = \boxed{0,36}$$

$$H_{IBS}$$

Frecuencias genotípicas

$P_1 = 0,5$	$P_2 = 0,51$	$P_3 = 0,52$
$H_1 = 0,4$	$H_2 = 0,38$	$H_3 = 0,36$
$Q_1 = 0,1$	$Q_2 = 0,11$	$Q_3 = 0,12$

$$Q_3 = q^2(1 - F) + qF$$

$$Q_3 = (0,3)^2(0,857) + (0,3)(0,143)$$

$$Q_3 = \boxed{0,07713} + \boxed{0,0429}$$

$$Q_{IBS} \quad Q_{IBD}$$

Ejercicio 1

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Se tiene una población de 10 individuos, donde las frecuencias alélicas para el gen A son $p = 0,7$ y $q = 0,3$. Considerando que es una población ideal, calcule las frecuencias genotípicas para este *locus* en las 3 generaciones siguientes. Además, determine las contribuciones genéticas para cada generación.

Coeficientes de consanguinidad

$F_1 = 0,05$
$F_2 = 0,098$
$F_3 = 0,143$

Cálculo de contribuciones genéticas

Generación 1

$$P_{IBS} = 0,466 \quad P_{IBD} = 0,035$$

$$H_{IBS} = 0,399$$

$$Q_{IBS} = 0,086 \quad Q_{IBD} = 0,015$$

Generación 2

$$P_{IBS} = 0,442 \quad P_{IBD} = 0,069$$

$$H_{IBS} = 0,379$$

$$Q_{IBS} = 0,081 \quad Q_{IBD} = 0,029$$

Generación 3

$$P_{IBS} = 0,42 \quad P_{IBD} = 0,1$$

$$H_{IBS} = 0,36$$

$$Q_{IBS} = 0,077 \quad Q_{IBD} = 0,043$$

Frecuencias genotípicas

$P_1 = 0,5$	$P_2 = 0,51$	$P_3 = 0,52$
$H_1 = 0,4$	$H_2 = 0,38$	$H_3 = 0,36$
$Q_1 = 0,1$	$Q_2 = 0,11$	$Q_3 = 0,12$



Ejercicio 2

Suponga que la frecuencia de una enfermedad recesiva autosómica en una población es $1/40.000$ (población base en equilibrio H-W). ¿Cuál es la frecuencia esperada para esta enfermedad en la descendencia generada por la cruce entre primos de primer grado?

Cálculo de frecuencias génicas

$$q^2 = \text{frecuencia}_{enf.rec.}$$

$$q^2 = \frac{1}{40.000}$$

$$q = \sqrt{\frac{1}{40.000}}$$

$$q = \frac{1}{200}$$

$$p = 1 - q$$

$$p = 1 - \frac{1}{200}$$

$$p = \frac{199}{200}$$

$$P = p^2 + pqF = p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF = 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Ejercicio 2

$$Q = q^2 + pqF = q^2(1 - F) + qF$$

Suponga que la frecuencia de una enfermedad recesiva autosómica en una población es $1/40.000$ (población base en equilibrio H-W). ¿Cuál es la frecuencia esperada para esta enfermedad en la descendencia generada por la cruce entre primos de primer grado?

Frecuencias génicas

$$p = \frac{199}{200}$$

$$q = \frac{1}{200}$$

Cálculo de frecuencia esperada

$$Q = q^2 + pqF$$

Tipo de cruzamiento	F
Hijos de hermanos	1/4
Hijos de medios hermanos	1/8
Hijos de primos 1°	1/16
Hijos de primos 2°	1/64

Ejercicio 2

Suponga que la frecuencia de una enfermedad recesiva autosómica en una población es $1/40.000$ (población base en equilibrio H-W). ¿Cuál es la frecuencia esperada para esta enfermedad en la descendencia generada por la cruce entre primos de primer grado?

Frecuencias génicas

$$p = \frac{199}{200}$$

$$q = \frac{1}{200}$$

La frecuencia esperada para esta enfermedad en la descendencia generada por la cruce entre primos de primer grado es de 1 en 2.977 (0,00034)

Frecuencia esperada

$$Q = q^2 + pqF$$

$$Q = \left(\frac{1}{200}\right)^2 + \left(\frac{1}{200}\right)\left(\frac{199}{200}\right)\left(\frac{1}{16}\right)$$

$$Q = \frac{1}{2.977}$$

Ecuaciones importantes

Consanguinidad

Consanguinidad en la generación 1:

$$F_1 = \frac{1}{2N}$$

Consanguinidad en la generación t:

$$F_t = \frac{1}{2N} + \left(1 - \frac{1}{2N}\right)F_{t-1}$$

“Incremento” o “nueva consanguinidad”:

$$\Delta F = \frac{1}{2N}$$

Consanguinidad en la generación t:

$$F_t = \Delta F + (1 - \Delta F)F_{t-1}$$

Tipo de cruzamiento	F
Hijos de hermanos	1/4
Hijos de medios hermanos	1/8
Hijos de primos 1°	1/16
Hijos de primos 2°	1/64



Ecuaciones importantes

Cambio en las frecuencias
por consanguinidad

$$P = p^2 + pqF$$
$$= p^2(1 - F) + pF$$

$$H = 2pq - 2pqF$$
$$= 2pq(1 - F)$$

$$Q = q^2 + pqF$$
$$= q^2(1 - F) + qF$$

Contribuciones genéticas

	Identidad:	
	en estado (IBS)	por descendencia (IBD)
A1A1	$p^2(1 - F)$	$+pF$
A1A2	$2pq(1 - F)$	
A2A2	$q^2(1 - F)$	$+qF$

