



**Guía del Maestro**

Preparado por: Dra. Yazmín Nieves-Jiménez

30 de abril de 2004

**Todos los derechos reservados © may 2004**

**Título de la actividad:** La Selección Natural decide los genes de la población.

**Tiempo de duración:** 240 minutos

**Propósito:**

Durante la actividad se provee del espacio de tiempo para que el estudiante pueda integrar los conceptos de Selección Natural (Evolución) y frecuencia alélica (Genética) dentro de una población.

**Objetivos:**

Al finalizar la actividad se espera que el estudiante pueda:

1. Explicar el impacto evolutivo de la selección natural y la adaptación en la frecuencia alélica de una población.
2. Describir los efectos de algunos determinantes poblacionales, como es la mortandad debido a enfermedades, sobre la selección natural y su impacto en el banco de datos.
3. Analizar y enjuiciar mediante datos estadísticos las diferencias encontradas en las frecuencias alélicas de las poblaciones afectadas por la selección natural.

**Materiales y equipo**

1. 1 regla pequeña
2. papeles impregnados con PTC
3. calculadora
4. 5 papeles de grafica regular

## **Trasfondo:**

La evolución en una población mayormente ocurre por selección natural seleccionando a los individuos más aptos para sobrevivir en el ambiente que le rodea en ese momento dado. Es decir, que unos genes son favorecidos mas que otros en algún momento dado bajo ciertas circunstancias, pero puede ocurrir que cambie las circunstancias y la selección natural favorezca entonces el gen que era rechazado y rechace el que era aceptado. Algunas circunstancias que pueden hacer eso por ejemplo son las epidemias, la migración de nuevos genes, entre otras. La selección natural puede influenciar el grupo de genes o banco genético de una población a tal punto que cambie su frecuencia alélica.

Para una población genéticamente estable la frecuencia alélica puede permanecer constante de generación a generación, lo que se conoce como una población en equilibrio Hardy-Weinberg. La distribución de genotipos en la población es descrita por la siguiente ecuación:

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

Donde  $p^2$  y  $q^2$  representan las frecuencias del genotipo homocigótico dominante y recesivo respectivamente,  $2pq$  representa las frecuencias del heterocigótico. Cuando observas diferencias significativas entre las frecuencias genotípicas observadas y las esperadas, puede ser indicativo de que la población no esta en equilibrio Hardy-Weinberg, entre otras cosas.

Sin embargo si la población sufriera una epidemia y provocase la muerte de individuos entonces las frecuencia alélicas poblacionales podrían variar y afectar el banco genético por Selección Natural. Existen diferentes tipos de selección natural, en este estudio trabajarás con la selección que favorece el alelo dominante sobre el recesivo (AA y Aa). Luego trabajarás con la selección que favorece solamente al heterocigótico (Aa).

## **Procedimiento:**

Esta actividad consiste de dos partes, en la primera estudiarás algunas características humanas que se heredan de forma mendeliana y determinarás si tu y el resto del grupo tienen estas características. Luego podrás analizar la frecuencia alélica de dos alelos de alguna de las características humanas estudiadas en clase. La segunda parte te da la oportunidad de dar un viaje imaginario a África y estudiar una situación hipotética con tu grupo.

### **Primera parte:**

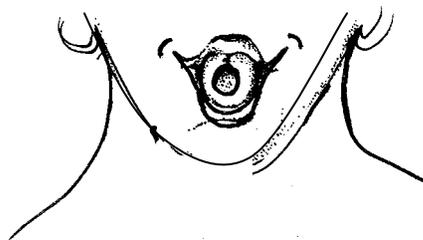
Trabajas en equipo de por lo menos tres estudiantes para que entre si puedan observar algunas características humanas de las que se mencionan a continuación. Luego cada uno marcará en la Tabla I su fenotipo y genotipo. Aunque para el genotipo de las características dominantes no podrás determinar si ambos alelos son iguales (homocigótico) o si se tiene un alelo dominante y el otro recesivo (heterocigótico), sin embargo, la característica que es dominante, la puedes escribir usando el alelo dominante y luego una línea para representar el espacio del segundo alelo (A\_). Un ejemplo clásico: el albinismo que es una condición que resulta de la expresión de dos alelos recesivos (aa). Si no eres albino puedes representar tu genotipo como A\_, lo cual indica que la naturaleza del segundo alelo se desconoce. Al finalizar de completar la Tabla I todos los estudiantes compartirán los resultados para obtener así el fenotipo y genotipo de todo el grupo completando la tabla.

Al finalizar la tabla I construirás una grafica de barra para comparar la cantidad de estudiantes que tuvieron las características humanas dominantes y recesivas (eje x). Recuerda que la grafica debe tener titulo, rotulación de ejes y la división de unidades apropiadas, además de la leyenda.

### **Características a reconocer:**

1. La habilidad de enrollar la lengua en forma de U (A) domina sobre la ausencia de esta habilidad (a).

#### **Vista de frente de la lengua enrollada**



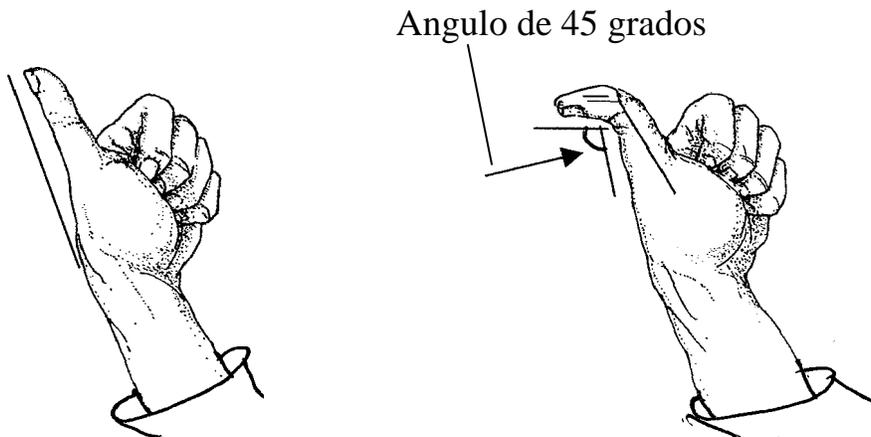
2. El pelo en la parte del frente puede verse de forma continua (línea continua) y también algunas personas pueden tener un pico de pelo llamado pico de viuda. El pico de viuda (B) domina sobre la línea continua (b).

**línea continua**

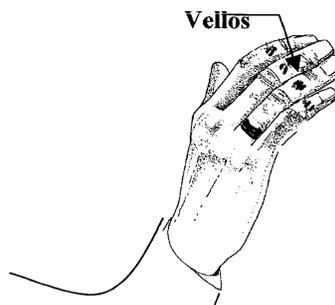
**pico de viuda**



3. La hiperextensibilidad distal del dedo pulgar puede tener diferentes tipos de variaciones pero se ha encontrado que las personas que pueden doblar el dedo pulgar hasta un ángulo de casi 45 grados poseen ambos alelos recesivos (cc), de lo contrario sería dominante (C\_)



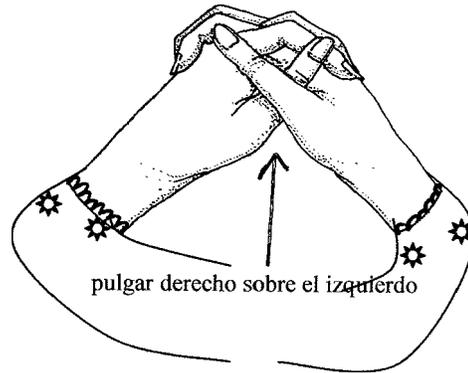
4. Personas que tienen vellos en la parte media de sus dedos (D) poseen el gen dominante para esa característica, el no tener vellos en la parte media de los dedos (d) se debe a un gen recesivo.



5. Cuando entrelazamos los dedos de las manos alguna persona invariablemente colocaran el dedo pulgar izquierdo sobre el derecho (E), otros colocan el dedo pulgar derecho sobre el izquierdo (e). Para poder determinar esta característica debes entrelazar las manos de forma espontánea y observar cual es tu preferencia.

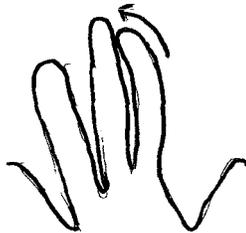


pulgar izquierdo sobre el derecho  
sobre el izquierdo

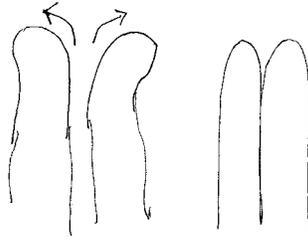


pulgar derecho

5. Si pones tu dedo índice junto al dedo del corazón y el dedo índice es curvo como ilustra el diagrama refleja una característica dominante (F) si se queda recto la característica es recesiva (f).



7. Si colocas las manos con las Palmas hacia ti y unes ambos dedos meñiques de forma paralela como lo muestra el dibujo puedes observar si las falanges terminales están rectas (g) o si están inclinados hacia el dedo anular (cuarto dedo de la mano) alejándose (G) así del anular.



curvos

rectos

8. Si escribes y haces la mayoría de las cosas con la mano derecha entonces eres una persona que posee el alelo dominante para esa característica (H) si no es así entonces escribes con la mano izquierda y eres recesivo (h) para la característica.

9. El poseer vellos en las orejas sobre lo normal o hipertrichosis se debe a un gen dominante (I) y el no poseer sobre lo normal se debe a un gen recesivo (i).



presencia de vellos en las orejas

10. El tener un mechón blanco en el cabello (J) domina sobre el no tener el mechón blanco en el cabello (j).

mechón blanco



11. La curvatura o arco (K) que se forma en la planta de los pies se debe a un alelo dominante, mientras que el tener pies planos (k) se debe a uno recesivo.

12.El tener pecas en la cara (L) domina sobre la ausencia de pecas (l).



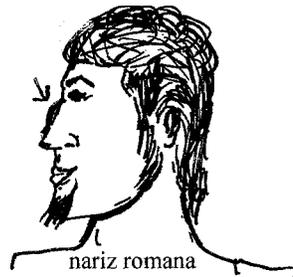
presencia de pecas

13.El poseer en su barbilla un hoyuelo (K) domina sobre no poseerlo (k).



hoyuelo

14.La nariz romana o convexa (L) domina sobre la nariz recta (l).



nariz romana



nariz recta

15.El lóbulo de la oreja libre (M) domina sobre el lóbulo adherido o pegado (m).

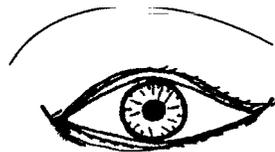
lóbulo adherido

lóbulo libre

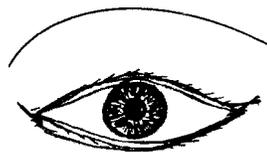


16. Prueba de feniltiocarbamida (PTC). Algunas personas pueden distinguir y otras no el sabor amargo de una sustancia química conocida como *PTC (phenylthiocarbamide)*. Esta sustancia no causa daño ni es venenosa y se usa con mucha frecuencia en estudios de genética. Coloca un pedazo de papel impregnado con PTC en la lengua y másticalo. Si no tienes el sabor amargo, eres homocigótico para el gene recesivo (nn). La habilidad para detectar el sabor amargo se debe a la presencia de un gene dominante (N). Hay personas que con un leve contacto pueden detectar el sabor amargo, otras necesitan masticar el papel.

17. El color de ojos oscuros (marrón) domina (O) sobre el color de *ojos* claros, ya sea azul, gris o verde (o).

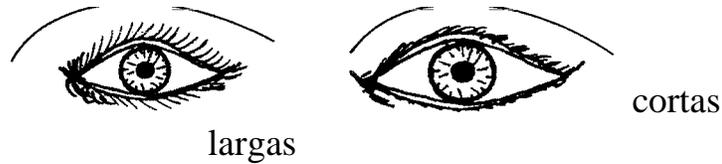


ojos claros



ojos oscuros

16. Las pestañas largas (P) dominan sobre las pestañas cortas (p). Pide a tu compañero o compañera que cierre los ojos y mide con una regla pequeña sus pestañas. Si tienen un largo de  $\frac{3}{8}$  de pulgada o más las considerara largas. Si miden menos de  $\frac{3}{8}$  de pulgada serán cortas.



**Tabla I:** En la primera columna de la tabla aparecen las características dominantes y recesivas. Haz una marca de cotejo ( $\checkmark$ ) en la segunda columna de la tabla para indicar el fenotipo que tienes para cada una de las características estudiadas. En la tercera columna, utilizando las letras, escribe tu posible genotipo. En la cuarta columna anota el número de estudiantes que tienen la característica en el grupo total.

Características	Fenotipo $\checkmark$	Genotipo	Número de estudiantes que la tienen	Porciento de estudiantes (%)
1.Habilidad de enrollar la lengua				
No enrolla				
2.Pico de viuda				
Línea continua				
3.Hiperextensibilidad distal				
No pueden doblar				
4.Vellos en la parte media de sus dedos				
No tienen vellos				
5.Pulgar izquierdo sobre el derecho				
Pulgar derecho sobre el izquierdo				
6.Dedo índice es curvo				
Dedo índice es recto				
7.Dedos meñiques curvos				

Dedos meñiques				
8.Mano derecha				
Mano izquierda				
9.Hipertriosis				
Normal				
10.Mechón blanco				
Mechón blanco				
11.Pies curvados				
Pies planos				
12.Pecas en la cara				
Ausencia de pecas en la cara				
13.Presencia de hoyuelo en barbilla				
Ausencia de hoyuelo en barbilla				
14.Lóbulo de la oreja libre				
Lóbulo de la oreja pegado				
15.Nariz romana				
Nariz recta				
16.Detecta el PTC				
No detecta el PTC				
17.Color de ojos oscuros				
Color de ojos claros				
18.Pestañas largas				
Pestañas cortas				

Determina la frecuencia alélica de la población para la característica de pies curvo y pies planos y luego puedes practicar con otras características. Para determinar la frecuencia alélica de unos genes en una población tenemos que asumir que se reúnen todas las condiciones del equilibrio poblacional de Hardy-Weinberg y puedes usar la ecuación de Hardy-Weinberg para determinar las frecuencias alélicas. Recuerda las condiciones para el equilibrio poblacional de Hardy-Weinberg: no-mutación recurrente, no-migración, población grande, no-selección y apareamiento al azar.

Para determinar la frecuencia alélica debemos saber la cantidad de estudiantes que son homocigóticos para la característica dominante y recesiva. Para determinar la cantidad de estudiantes homocigóticos recesivos busca cuantos estudiantes tuvieron la característica recesiva en la tabla 1 que llenaste al principio. Para la cantidad de estudiantes homocigóticos dominantes e híbridos lo determinas usando los siguientes pasos:

1. Determina la raíz cuadrada del por ciento de personas que poseen la característica recesiva a estudiarse.
2. Resta el valor obtenido en el paso uno a 100%.
3. El resultado obtenido lo cuadas.

El resultado obtenido representa el número de personas que tienen el rasgo homocigótico dominante los restantes son los de condición heterocigótica. Luego determina si las diferencias encontradas y las esperadas son significativas para aceptar tu planteamiento inicial de equilibrio poblacional haciendo una prueba de *chi square*  $X^2$ .

**Procedimiento para determinar *chi-square*,  $X^2$ .**

1. Determina la diferencia entre las frecuencias observadas en la población y las esperadas y anótalo en la columna 4.
2. Luego la diferencia anotada en la columna 4 la elevas al cuadrado y la anotas en la columna 5.
3. El resultado anotado en la columna 5 lo divides entre la frecuencia esperada y lo anotas en la Columna 6.
4. Sumas los resultados obtenidos en la Columna 6.

**Tabla II: Organización de los datos**

(Columna 1)	(Columna 2)	(Columna 3)	(Columna 4)	(Columna 5)	(Columna 6)
<b>Fenotipos</b>	<b>Frecuencias esperadas</b>	<b>Frecuencias obtenidas</b>	<b>Diferencias (d)</b>	<b>d<sup>2</sup></b>	<b>d<sup>2</sup> / Frec. esp.</b>
<b>Total</b>					<b><math>X^2 = \sum(d^2/Frec)</math></b>

Si la diferencia entre las frecuencias observadas y las esperadas es pequeña resultaría en una  $X^2$  *pequeña*, entonces podemos descartar las diferencias

porque no son significativas, es decir casi no hay diferencias entre ellas. Si las diferencias resultan grandes,  $X^2$  es grande, y en este caso las diferencias son muy importantes como para que las descartemos, las diferencias son significativas.

Determinamos la probabilidad de que esta situación vuelva a ocurrir nuevamente, usando los grados de libertad y la  $X^2$ . El grado de libertad al examinar una sola características es uno ya que es igual a los modos en que esa característica se expresaría menos uno. Es decir la formula es:

$$\text{Grados de libertad} = N - 1$$

Cuando los valores de  $X^2$  se encuentran a un grado de libertad con una probabilidad del 5% afirmamos que las frecuencias encontradas difieren de las esperadas por un error de 0.05. A este límite de posibilidad de 0.05 (5%) se le llama *límite de significación*.

**Tabla II: Tabla de probabilidades**

	<b>Hipótesis es aceptada</b>								<b>Hipótesis No es aceptada</b>		
<b>Grados de libertad</b>	<b>Diferencias No significante</b>								<b>Diferencias Significantes</b>		
	.99	.95	.80	.50	.30	.20	.10	.05	.02	.01	
1	.00016	.0039		.455	1.074	1.642	2.706	3.841	5.412	6.63P	
2	.0201	.103	.446	1.386	2.408	3.219	4.805	5.991	7.824	9.210	
3	.115	.352	1.005	2.366	3.665	4.842	8.251	7.815	9.837	11.341	
4	.297	.711	1.649	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	
5	.554	1.145	2.343	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13,388-	15.086	

Modified from Keeton et al., 1968, Laboratory Guide for Biological Science, W. W. Norton Co. p. 189.

Ahora puedes explicar las diferencias encontradas en las frecuencias alélicas y analizar el por que de esas diferencias en la población.

¡¡¡Adelante, estas listo para calcular la frecuencia alélica para la característica que desees!!!

## **Segunda Parte:**

En una *situación hipotética* ha comenzado una epidemia mortal que afecta a las personas que tengan por lo menos una de las siguientes características de forma híbrida: ojos claros, pies planos y meñiques rectos. Selecciona una de ellas y analiza cómo la Selección Natural ha impactado la frecuencia alélica de la población que tiene la característica que seleccionaste. Recuerda que para contestar esa pregunta debes realizar un análisis de  $X^2$ .

¿La frecuencia alélica de la población varía significativamente? ¿Qué repercusiones tiene en el pool genético de la población?

¿Crees que la población de tu clase reúne los criterios de equilibrio de Hardy-Weinberg?

Podrías explicar: ¿Cuál es la importancia de la frecuencia alélica de una población?

Y ¿Cuál es la importancia de la selección natural en la población?

## ***Assesment***

### ***La Selección Natural favorece la enfermedad...?***

Si la clase tuviese que dar un viaje a África y el 20% de la clase sufriera de anemia falciforme (sickle cell anemia) en su forma híbrida, podrías decirme cual es la cantidad de estudiante que estaría en riesgo de morir de malaria. ¿Cómo variara la frecuencia como variaría la frecuencia alélica de la población de estudiantes, si es que ocurre variación? Si solamente muriera el 50% de los estudiantes con alto riesgo, ¿cómo variaría esta frecuencia alélica?



## Guía del Estudiante

Preparado por: Dra. Yazmin Nieves-Jiménez

30 de abril de 2004

Todos los derechos reservados © may 2004

**Título de la actividad:** La Selección Natural decide los genes de la población.

### Propósito:

Durante la actividad se provee del espacio de tiempo para que el estudiante pueda integrar los conceptos de Selección Natural (Evolución) y frecuencia alélica (Genética) dentro de una población.

### Materiales y equipo

1. 1 regla pequeña
2. papeles impregnados con PTC
3. calculadora
4. papel de grafica regular

### Trasfondo:

La evolución en una población mayormente ocurre por selección natural seleccionando a los individuos más aptos para sobrevivir en el ambiente que le rodea en ese momento dado. Es decir, que unos genes son favorecidos mas que otros en algún momento dado bajo ciertas circunstancias, pero puede ocurrir que cambie las circunstancias y la selección natural favorezca entonces el gen que era rechazado y rechace el que era aceptado. Algunas circunstancias que pueden hacer eso por ejemplo son las epidemias, la migración de nuevos genes, entre otras. La selección natural puede influenciar el grupo de genes o pool genético de una población a tal punto que cambie su frecuencia alélica.

Para una población genéticamente estable la frecuencia alélica puede permanecer constante de generación a generación, lo que se conoce como una población en equilibrio Hardy-Weinberg. La distribución de genotipos en la población es descrita por la siguiente ecuación:

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

Donde  $p^2$  y  $q^2$  representan las frecuencias del genotipo homocigótico dominante y recesivo respectivamente,  $2pq$  representa las frecuencias del heterocigótico. Cuando observas diferencias significativas entre las frecuencias genotípicas observadas y las esperadas, puede ser indicativo de que la población no está en equilibrio Hardy-Weinberg, entre otras cosas.

Sin embargo si la población sufriera una epidemia y provocase la muerte de individuos entonces las frecuencias alélicas poblacionales podrían variar y afectar el banco genético por Selección Natural. Existen diferentes tipos de selección natural, en este estudio trabajarás con la selección que favorece el alelo dominante sobre el recesivo (AA y Aa). Luego trabajarás con la selección que favorece solamente al heterocigótico (Aa).

### **Procedimiento:**

Esta actividad consiste de dos partes, en la primera estudiarás algunas características humanas que se heredan de forma mendeliana y determinarás si tú y el resto del grupo tienen estas características. Luego podrás analizar la frecuencia alélica de dos alelos de alguna de las características humanas estudiadas en clase. La segunda parte te da la oportunidad de dar un viaje imaginario a África y estudiar una situación hipotética con tu grupo.

### **Primera parte:**

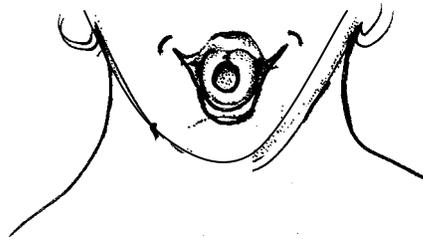
Trabajarás en equipo de por lo menos tres estudiantes para que entre sí puedan observar algunas características humanas de las que se mencionan a continuación. Luego cada uno marcará en la Tabla I su fenotipo y genotipo. Aunque para el genotipo de las características dominantes no podrás determinar si ambos alelos son iguales (homocigótico) o si se tiene un alelo dominante y el otro recesivo (heterocigótico), sin embargo, la característica que es dominante, la puedes escribir usando el alelo dominante y luego una línea para representar el espacio del segundo alelo (A\_). Un ejemplo clásico: el albinismo que es una condición que resulta de la expresión de dos alelos recesivos (aa). Si no eres albino puedes representar tu genotipo como A\_, lo cual indica que la naturaleza del segundo alelo se desconoce. Al finalizar de completar la Tabla I todos los estudiantes compartirán los resultados para obtener así el fenotipo y genotipo de todo el grupo completando la tabla.

Al finalizar la tabla I construirás una grafica de barra para comparar la cantidad de estudiantes que tuvieron las características humanas dominantes y recesivas (eje x). Recuerda que la grafica debe tener titulo, rotulación de ejes y la división de unidades apropiadas, además de la leyenda.

**Características a reconocer:**

4. La habilidad de enrollar la lengua en forma de U (A) domina sobre la ausencia de esta habilidad (a).

Vista de frente de la lengua enrollada



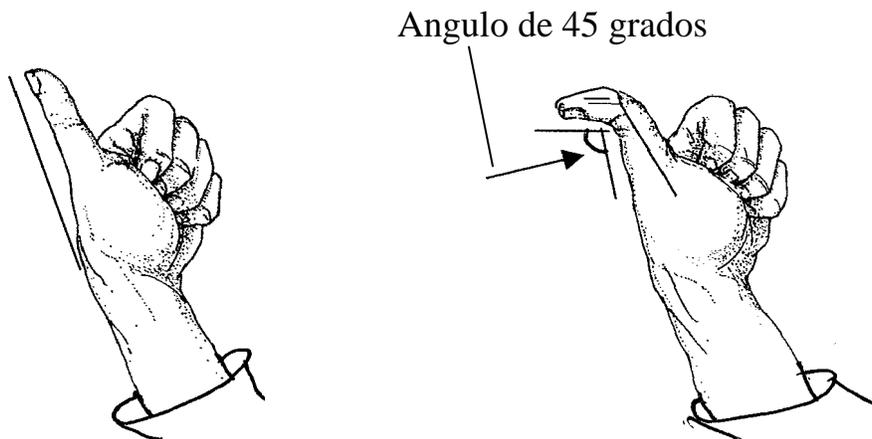
5. El pelo en la parte del frente puede verse de forma continua (línea continua) y también algunas personas pueden tener un pico de pelo llamado pico de viuda. El pico de viuda (B) domina sobre la línea continua (b).

línea continua

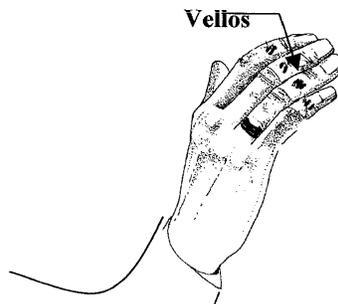
pico de viuda



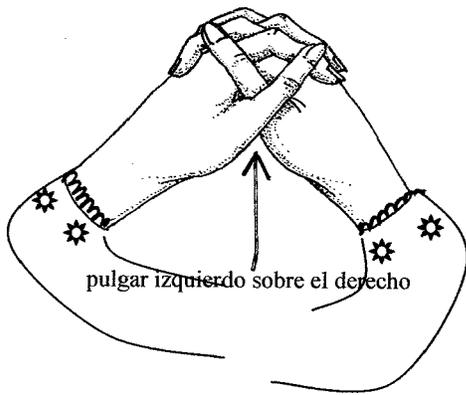
3. La hiperextensibilidad distal del dedo pulgar puede tener diferentes tipos de variaciones pero se ha encontrado que las personas que pueden doblar el dedo pulgar hasta un ángulo de casi 45 grados poseen ambos alelos recesivos (cc), de lo contrario sería dominante (C\_)



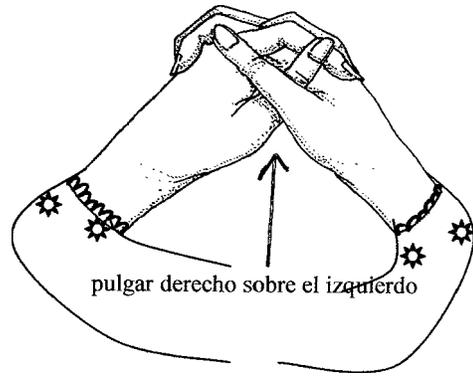
6. Personas que tienen vellos en la parte media de sus dedos (D) poseen el gen dominante para esa característica, el no tener vellos en la parte media de los dedos (d) se debe a un gen recesivo.



5. Cuando entrelazamos los dedos de las manos alguna persona invariablemente colocaran el dedo pulgar izquierdo sobre el derecho (E), otros colocan el dedo pulgar derecho sobre el izquierdo (e). Para poder determinar esta característica debes entrelazar las manos de forma espontánea y observar cual es tu preferencia.



pulgar izquierdo sobre el derecho

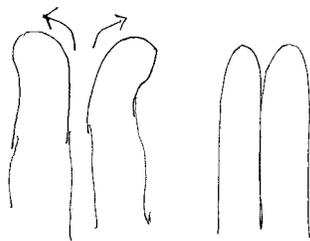


pulgar derecho sobre el izquierdo

7. Si pones tu dedo índice junto al dedo del corazón y el dedo índice es curvo como ilustra el diagrama reflejas una característica dominante (F) si se queda recto la característica es recesiva (f).



7. Si colocas las manos con las Palmas hacia ti y unes ambos dedos meñiques de forma paralela como lo muestra el dibujo puedes observar si las falanges terminales están rectas (g) o si están inclinados hacia el dedo anular (cuarto dedo de la mano) alejándose (G) así del anular.



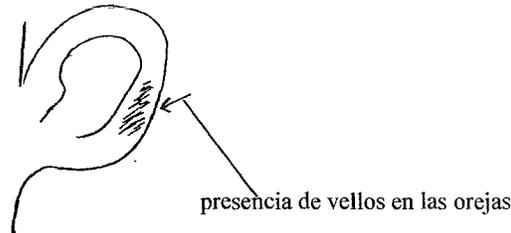
curvos

rectos

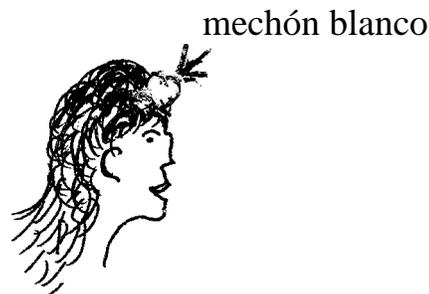
8. Si escribes y haces la mayoría de las cosas con la mano derecha entonces eres una persona que posee el alelo dominante para esa

característica (H) si no es así entonces escribes con la mano izquierda y eres recesivo (h) para la característica.

9. El poseer vellos en las orejas sobre lo normal o hipertrichosis se debe a un gen dominante (I) y el no poseer sobre lo normal se debe a un gen recesivo (i).



18. El tener un mechón blanco en el cabello (J) domina sobre el no tener el mechón blanco en el cabello (j).

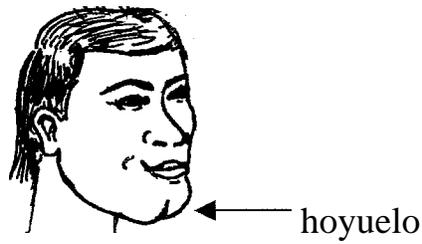


19. La curvatura o arco (K) que se forma en la planta de los pies se debe a un alelo dominante, mientras que el tener pies planos (k) se debe a uno recesivo.

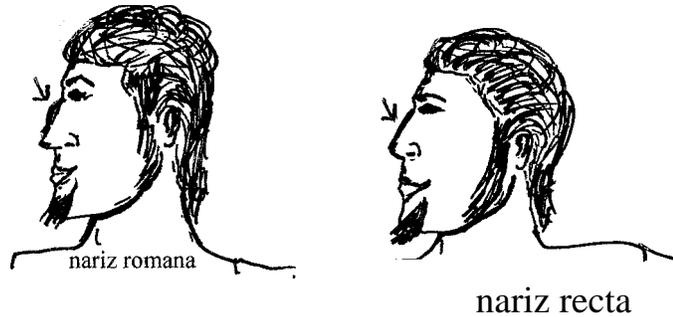
20. El tener pecas en la cara (L) domina sobre la ausencia de pecas (l).



21. El poseer en su barbilla un hoyuelo (K) domina sobre no poseerlo (k).



14. La nariz romana o convexa (L) domina sobre la nariz recta (l).



22. El lóbulo de la oreja libre (M) domina sobre el lóbulo adherido o pegado (m).

lóbulo adherido

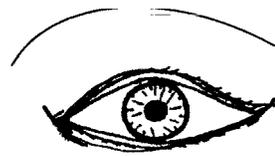
lóbulo libre



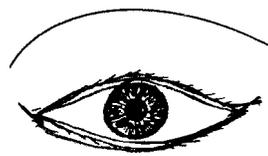
23. Prueba de feniltiocarbamida (PTC). Algunas personas pueden distinguir y otras no el sabor amargo de una sustancia química conocida como PTC (*phenylthiocarbamide*). Esta sustancia no causa daño ni es venenosa y se usa con mucha frecuencia en estudios de genética. Coloca un pedazo de papel impregnado con PTC en la lengua y mástacalo. Si no tienes el sabor amargo, eres homocigótico para el gene recesivo (nn). La habilidad para detectar el sabor amargo

se debe a la presencia de un gene dominante (N). Hay personas que con un leve contacto pueden detectar el sabor amargo, otras necesitan masticar el papel.

24. El color de ojos oscuros (marrón) domina (O) sobre el color de ojos claros, ya sea azul, gris o verde (o).



ojos claros



ojos oscuros

25. Las pestañas largas (P) dominan sobre las pestañas cortas (p). Pide a tu compañero o compañera que cierre los ojos y mide con una regla pequeña sus pestañas. Si tienen un largo de  $\frac{3}{8}$  de pulgada o más las considerara largas. Si miden menos de  $\frac{3}{8}$  de pulgada serán cortas.



pestañas largas



pestañas cortas

**Tabla I:** En la primera columna de la tabla aparecen las características dominantes y recesivas. Haz una marca de cotejo ( $\surd$ ) en la segunda columna de la tabla para indicar el fenotipo que tienes para cada una de las características estudiadas. En la tercera columna, utilizando las letras, escribe tu posible genotipo. En la cuarta columna anota el

número de estudiantes que tienen la característica en el grupo total.

Características	Fenotipo √	Genotipo	Número de estudiantes que la tienen	Porcentaje de estudiantes (%)
1.Habilidad de enrollar la lengua				
No enrolla				
2.Pico de viuda				
Línea continua				
3.Hiperextensibilidad distal				
No pueden doblar				
4.Vellos en la parte media de sus dedos				
No tienen vellos				
5.Pulgar izquierdo sobre el derecho				
Pulgar derecho sobre el izquierdo				
6.Dedo índice es curvo				
Dedo índice es recto				
7.Dedos meñiques curvos				
Dedos meñiques				
8.Mano derecha				
Mano izquierda				
9.Hipertrichosis				
Normal				
10.Mechón blanco				
Mechón blanco				
11.Pies curvados				
Pies planos				
12.Pecas en la cara				
Ausencia de pecas en la cara				
13.Presencia de hoyuelo en barbilla				
Ausencia de hoyuelo en barbilla				
14.Lóbulo de la oreja libre				
Lóbulo de la oreja pegado				
15.Nariz romana				
Nariz recta				

16.Detecta el PTC				
No detecta el PTC				
17.Color de ojos oscuros				
Color de ojos claros				
18.Pestañas largas				
Pestañas cortas				

Determina la frecuencia alélica de la población para la característica de pies curvo y pies planos y luego puedes practicar con otras características. Para determinar la frecuencia alélica de unos genes en una población tenemos que asumir que se reúnen todas las condiciones del equilibrio poblacional de Hardy-Weinberg y puedes usar la ecuación de Hardy-Weinberg para determinar las frecuencias alélicas. Recuerda las condiciones para el equilibrio poblacional de Hardy-Weinberg: no-mutación recurrente, no-migración, población grande, no-selección y apareamiento al azar.

Para determinar la frecuencia alélica, debemos saber la cantidad de estudiantes que son homocigóticos para la característica dominante y recesiva. Para determinar la cantidad de estudiantes homocigóticos recesivos busca cuantos estudiantes tuvieron la característica recesiva en la tabla 1 que llenaste al principio. Para la cantidad de estudiantes homocigóticos dominantes e híbridos lo determinas usando los siguientes pasos:

4. Determina la raíz cuadrada del por ciento de personas que poseen la característica recesiva a estudiarse.
5. Resta el valor obtenido en el paso uno a 100%.
6. El resultado obtenido lo cuadras.

El resultado obtenido representa el número de personas que tienen el rasgo homocigótico dominante los restantes son los de condición heterocigótica. Luego determina si las diferencias encontradas y las esperadas son significativas para aceptar tu planteamiento inicial de equilibrio poblacional haciendo una prueba de *chi square*  $X^2$ .

**Procedimiento para determinar *chi-square*,  $X^2$ .**

5. Determina la diferencia entre las frecuencias observadas en la población y las esperadas y anótalo en la columna 4.

6. Luego la diferencia anotada en la columna 4 la elevas al cuadrado y la anotas en la columna 5.
7. El resultado anotado en la columna 5 lo divides entre la frecuencia esperada y lo anotas en la Columna 6.
8. Sumas los resultados obtenidos en la Columna 6.

**Tabla II: Organización de los datos**

(Columna 1)	(Columna 2)	(Columna 3)	(Columna 4)	(Columna 5)	(Columna 6)
<b>Fenotipos</b>	<b>Frecuencias esperadas</b>	<b>Frecuencias obtenidas</b>	<b>Diferencias (d)</b>	<b>d<sup>2</sup></b>	<b>d<sup>2</sup> / Frec. esp.</b>
<b>Total</b>					<b><math>X^2 = \sum(d^2 / \text{Frec})</math></b>

Si la diferencia entre las frecuencias observadas y las esperadas es pequeña resultaría en una  $X^2$  *pequeña*, entonces podemos descartar las diferencias porque no son significativas, es decir casi no hay diferencias entre ellas. Si las diferencias resultan grandes,  $X^2$  *es grande*, y en este caso las diferencias son muy importantes como para que las descartemos, las diferencias son significativas.

Determinamos la probabilidad de que esta situación vuelva a ocurrir nuevamente, usando los grados de libertad y la  $X^2$ . El grado de libertad al examinar una sola características es uno ya que es igual a los modos en que esa característica se expresaría menos uno. Es decir la formula es:

$$\text{Grados de libertad} = N - 1$$

Cuando los valores de  $X^2$  se encuentran a un grado de libertad con una probabilidad del 5% afirmamos que las frecuencias encontradas difieren de las esperadas por un error de 0.05. A este limite de posibilidad de 0.05 (5%) se le llama *limite de significación*.

**Tabla II: Tabla de probabilidades**

	Hipótesis es aceptada							Hipótesis No es aceptada		
Grados de libertad	Diferencias No significativa							Diferencias Significantes		
	.99	.95	.80	.50	.30	.20	.10	.05	.02	.01
1	.00016	.0039		.455	1.074	1.642	2.706	3.841	5.412	6.63P
2	.0201	.103	.446	1.386	2.408	3.219	4.805	5.991	7.824	9.210
3	.115	.352	1.005	2.366	3.665	4.842	8.251	7.815	9.837	11.341
4	.297	.711	1.649	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277
5	.554	1.145	2.343	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13,388-	15.086

Modified from Keeton et al., 1968, *Laboratory Guide for Biological Science*, W. W. Norton Co. p. 189.

Ahora puedes explicar las diferencias encontradas en las frecuencias alélicas y analizar el por que de esas diferencias en la población.

¡¡¡Adelante, estas listo para calcular la frecuencia alélica para la característica que desees!!!

### Segunda Parte:

En una *situación hipotética* ha comenzado una epidemia mortal que afecta a las personas que tengan por lo menos una de las siguientes características de forma híbrida: ojos claros, pies planos y meñiques rectos. Selecciona una de ellas y analiza cómo la Selección Natural ha impactado la frecuencia alélica de la población que tiene la característica que seleccionaste. Recuerda que para contestar esa pregunta debes realizar un análisis de  $X^2$ .

¿La frecuencia alélica de la población varía significativamente? ¿Qué repercusiones tiene en el pool genético de la población?

¿Crees que la población de tu clase reúne los criterios de equilibrio de Hardy-Weinberg?

Podrías explicar: ¿Cuál es la importancia de la frecuencia alélica de una población?

Y ¿Cuál es la importancia de la selección natural en la población?

¡¡¡Adelante, estas listo para calcular la frecuencia alélica para la característica que desees!!!

### ***La Selección Natural favorece la enfermedad...?***

Si la clase tuviese que dar un viaje a África y el 20% de la clase sufriera de anemia falciforme (“sickle cell” anemia) en su forma híbrida, podrías decirme cual es la cantidad de estudiante que estaría en riesgo de morir de malaria. ¿Cómo variara la frecuencia como variaría la frecuencia alélica de la población de estudiantes, si es que ocurre variación? Si solamente muriera el 50% de los estudiantes con alto riesgo, ¿como variaría esta frecuencia alélica?