

## GENÉTICA, SELECCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LAS POBLACIONES

### DESCRIPCIÓN GENERAL

Esta actividad práctica, utilizada en conjunto con el cortometraje *Selección Natural en Humanos* (<http://www.hhmi.org/biointeractive/making-fittest-natural-selection-humans>), les enseña a los estudiantes sobre la genética de poblaciones, el principio de Hardy-Weinberg y cómo la selección natural altera la distribución de la frecuencia de los rasgos hereditarios. Utiliza simulaciones simples para ilustrar estos conceptos, e incluye ejercicios tales como el cálculo de frecuencias genotípicas y alélicas, preparación de gráficos, interpretación de datos, y el diseño de experimentos para reforzar conceptos clave sobre genética de poblaciones.

### CONCEPTOS CLAVE Y OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Los estudiantes podrán

- calcular las frecuencias genotípicas y alélicas en poblaciones usando las ecuaciones de Hardy-Weinberg;
- explicar el concepto de equilibrio (genético) de Hardy-Weinberg e interpretar datos para establecer si una población hipotética se encuentra o no en equilibrio; y
- crear e interpretar gráficos y tablas para estudiar el efecto que la selección natural tiene en las frecuencias genotípicas y alélicas.

### CONEXIONES CURRICULARES (ESTADOS UNIDOS)

Currículo	Estándar
NGSS (abril de 2013)	HS-LS2-1, HS-LS2-6, HS-LS3-1, HS-LS3-2, HS-LS3-3, HS-LS4-2, HS-LS4-3, HS-LS4-4 LS2.A, LS2.C, LS3.A, LS3.B, LS4.B, LS4.C
Common Core (2010)	ELA-Literacy.RST.9-10.7, ELA-Literacy.RST.11-12.4, ELA-Literacy.RST.11-12.7 Math.Content.HSS-IC.A.1, Math.Content.HSS-IC.A.2, Math.Content.HSS-IC.B.3, Math.Content.HSS-IC.B.4, Math.Content.HSS-IC.B.5, Math.Content.HSS-MD.B.6
Biología de AP (2012–13)	1.A.1, 1.A.2, 1.A.4, 1.C.3, 3.A.3, 3.C.1, 3.C.2, 4.C.1, 4.C.3
Biología de IB (2009)	4.1, 4.3, 5.4, D.2, D.4, G.1

### TÉRMINOS CLAVE

frecuencias alélicas, evolución, frecuencias genotípicas, principio de Hardy-Weinberg, hemoglobina, ventaja heterocigótica, malaria, selección natural, genética de poblaciones, glóbulos rojos, anemia de células falciformes

### TIEMPO REQUERIDO

Esta actividad fue diseñada para completarse en dos a tres períodos de clase de 50 minutos, dependiendo de si los estudiantes completan una parte como tarea para el hogar. Recomendamos mostrar la película fuera de clase. Consulte las “Sugerencias didácticas”.

### AUDIENCIA SUGERIDA

Esta actividad es apropiada para clases de Biología de escuela secundaria (todos los niveles, incluidos colocación avanzada [AP, por sus siglas en inglés] y Bachillerato Internacional [IB, por sus siglas en inglés]) y Biología para cursos introductorios universitarios.

### CONOCIMIENTOS PREVIOS

Los estudiantes deben tener conocimientos previos sobre el principio de Hardy-Weinberg, incluidas las cinco condiciones que se deben cumplir para que una población esté en equilibrio (genético) de Hardy-Weinberg. Los estudiantes también deben comprender que cuando no se cumplen estas cinco condiciones, la población está en evolución y, por lo tanto, las frecuencias genotípicas y alélicas cambian de una generación a otra.

**MATERIALES**

- Cuentas de dos colores (pueden ser cuentas para enhebrar, mostacillas, canicas o incluso frijoles secos de similar tamaño pero de diferentes colores). Estas cuentas serán los alelos en las simulaciones. Por ejemplo, las cuentas rojas podrían representar la hemoglobina normal y las cuentas amarillas, la hemoglobina mutada de células falciformes. El color no es importante. Recomendamos aproximadamente 100 cuentas de cada color por grupo de estudiantes. Si tiene muchas más cuentas de un color que de otro, se recomienda que ese color corresponda al alelo normal de hemoglobina [A]
- Recipiente para la población parental (lo suficientemente grande para que entren 120 cuentas; puede ser un vaso de plástico, un recipiente de almacenamiento de plástico, un vaso de precipitado o una bolsa de papel. Se requiere un recipiente por grupo)
- Calculadora
- Marcador
- Lápices de colores
- Papel cuadriculado (opcional; las grillas para gráficos se proporcionan en el manual del estudiante, pero si prefiere que sus estudiantes tengan más espacio, considere darles papel cuadriculado. Planifique un máximo de tres hojas por estudiante)

**SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- Recomendamos que esta actividad práctica se realice en grupos de 2 a 3 estudiantes.
- Para reducir la cantidad de tiempo de la clase dedicada a esta actividad, haga que los grupos de estudiantes se enfoquen en recopilar los datos, completar las tablas y completar los cálculos necesarios a fin de simular las generaciones subsiguientes para cada simulación durante el tiempo de la clase. Los estudiantes pueden completar algunas o todas las preguntas como tarea para el hogar.
- Para ahorrar tiempo, puede asignar una simulación diferente a cada grupo y hacer que compartan los datos con la clase.
- Los estudiantes también pueden hacer un gráfico de la pregunta 2 con algún programa de hoja de cálculo que tenga capacidad para crear gráficos.
- Si está enseñando Biología de colocación avanzada (AP, por sus siglas en inglés), puede realizar esta actividad antes de completar el modelo por computadora en el nuevo *Laboratorio de genética de poblaciones* de Biología de AP. Alternativamente, si sus estudiantes tienen acceso a computadoras, pueden utilizar los datos recopilados en estas simulaciones para completar el modelo por computadora.

**GUÍA DE RESPUESTAS**

## PROCEDIMIENTO PARTE 1

1. *El principio de Hardy-Weinberg y sus ecuaciones predicen que las frecuencias genotípicas y alélicas permanecen constantes de generación en generación en las poblaciones que no están en evolución. ¿Cuáles son las cinco condiciones que esta predicción supone ciertas sobre dicha población?*

**El orden de estas respuestas no es importante.**

- a. Población de gran tamaño
  - b. Sin flujo genético (población aislada)
  - c. Apareamiento aleatorio
  - d. Sin selección natural
  - e. Sin mutaciones nuevas
2. *Antes de comenzar la actividad, responde los siguientes problemas usando el principio de Hardy-Weinberg (se supone que la población está en equilibrio de Hardy-Weinberg).*
    - a. *Si la frecuencia de un alelo recesivo es de 0.3, ¿cuál es la frecuencia del alelo dominante?*

**$p = 0.7$  ( $q = 0.3$ ,  $p + 0.3 = 1$ )**

- b. Si la frecuencia del genotipo homocigoto dominante es de 0.36, ¿cuál es la frecuencia del alelo dominante?

**$p = 0.6$  ( $p^2 = 0.36$ ,  $p = \sqrt{0.36}$ )**

- c. Si la frecuencia del genotipo homocigoto recesivo es de 0.49, ¿cuál es la frecuencia del alelo dominante?

**$p = 0.3$  ( $q^2 = 0.49$ ,  $q = \sqrt{0.49} = 0.7$ ,  $p + 0.7 = 1$ )**

- d. En determinada población, el fenotipo dominante de determinado rasgo ocurre el 87 % de las veces. ¿Cuál es la frecuencia del alelo dominante?

**$p = 0.64$  (Si la frecuencia del fenotipo homocigoto dominante es de 0.87, entonces la frecuencia del fenotipo recesivo es de 0.13.  $q^2 = 0.13$ .  $q = \sqrt{0.13} = 0.36$ ,  $p + 0.36 = 1$ )**

- e. Si la frecuencia del genotipo homocigoto dominante es de 0.49, ¿cuál es la frecuencia del genotipo homocigoto recesivo?

**$q^2 = 0.09$  (Dado que  $p^2 = 0.49$ , entonces  $p = 0.7$  and  $q = 0.3$ ; entonces  $q^2 = 0.09$ .)**

- f. Si la frecuencia de una enfermedad autosómica recesiva es de 1 en 1,500 nacimientos, ¿cuáles son las frecuencias genotípicas y alélicas en una población de 3,000?

**$p = 0.974$ ,  $q = 0.026$ ,  $p^2 = 0.949$ ,  $2pq = 0.051$ ,  $q^2 = 0.00067$**

PROCEDIMIENTO PARTE 2

4. Realiza la simulación 1, que analiza el principio de Hardy-Weinberg.

**Tabla 1.1. Población parental**

Genotipo	Número de individuos	Número total de individuos en la población parental	Frecuencia genotípica	Alelo	Número de alelos	Número total de alelos en la población parental	Frecuencia alélica
AA	15	60	0.25	A	60	120	0.50
AS	30	60	0.50	S	60	120	0.50
SS	15	60	0.25				

- i. Con las frecuencias alélicas en la Tabla 1.1. (frecuencias alélicas de A y S en los recuadros sombreados), utiliza la ecuación de Hardy-Weinberg para calcular las frecuencias de cada genotipo para la población parental. (Muestra tu trabajo).

**Los estudiantes deben mostrar su trabajo.**

**Dado que  $p$  (A) = 0.50,  $q$  (S) = 0.50; entonces  $p^2$  (AA) = 0.25,  $2pq$  (AS) = 0.50 y  $q^2$  (SS) = 0.25**

Tabla 1.2. Primera generación de descendientes: datos de muestra

Genotipo	Marcas de contabilización de descendientes	Número de individuos	Número total de individuos en la población descendiente	Frecuencia genotípica	Alelo	Número de alelos	Número total de alelos en la población descendiente	Frecuencia alélica
AA		13	60	0.22	A	57	120	0.475
AS		31	60	0.52	S	63	120	0.525
SS		16	60	0.27				

n. El principio de Hardy-Weinberg predice que las frecuencias genotípicas en las generaciones descendientes serán las mismas que las de la población parental si la población no está en evolución. ¿Fueron las frecuencias genotípicas y alélicas que calculaste en la población parental y en la primera generación de descendientes las mismas? (sí o no). La respuesta es no. Sin embargo, hay una leve posibilidad de que los estudiantes respondan sí y obtengan frecuencias en la Tabla 1.2 que sean iguales a las frecuencias en la Tabla 1.1. En ese caso, los estudiantes pueden responder a continuación que no se violó ninguna condición del principio de Hardy-Weinberg y que la población está en equilibrio genético. Esta es una respuesta aceptable.

- i. Si la respuesta es sí, entonces se dice que la población está en **equilibrio genético o equilibrio de Hardy-Weinberg**, y se cumplieron las cinco condiciones.

Si la respuesta es no, entonces al menos una de las condiciones del principio de Hardy-Weinberg fue violada. En esta simulación, ¿qué condición o condiciones se violaron? La simulación no posee una población lo suficientemente grande. (En sentido estricto, el principio de Hardy-Weinberg se aplica solo a poblaciones infinitamente grandes. Para las poblaciones finitas, habrá desviaciones de las frecuencias previstas debido al azar. Sin embargo, cuanto más grande sea la población, más probabilidades tendrá de acercarse al equilibrio de Hardy-Weinberg si se cumplen las otras cuatro condiciones).

- ii. Si se produjera un millón más de descendientes de esta población parental, predice cómo las frecuencias genotípicas y alélicas se compararían con las frecuencias calculadas en la Tabla 1.1. A medida que aumenta el número de la población, anticiparíamos que las frecuencias genotípicas y alélicas se acercarían al equilibrio de Hardy-Weinberg, e igualarían las frecuencias de la Tabla 1.1.

5. Realiza la simulación 2 para analizar una presión de selección negativa del 100%.

(Nota: para esta simulación y las subsiguientes, los estudiantes no deben tener individuos con el genotipo SS).

Tabla 2.1. Primera generación de descendientes: datos de muestra

Genotipo	Marcas de contabilización de descendientes	Número de individuos	Número total de individuos en la población descendiente	Frecuencia genotípica	Alelo	Número de alelos	Número total de alelos en la población descendiente	Frecuencia alélica
AA		24	60	0.40	A	84	120	0.70
AS		36	60	0.60	S	36	120	0.30
SS		0	60	0.00				

Tabla 2.2. Segunda generación de descendientes: datos de muestra

Genotipo	Marcas de contabilización de descendientes	Número de individuos	Número total de individuos en la población descendiente	Frecuencia genotípica	Alelo	Número de alelos	Número total de alelos en la población descendiente	Frecuencia alélica
AA		37	60	0.62	A	97	120	0.81
AS		23	60	0.38	S	23	120	0.19
SS		0	60	0.00				

- h. Comenzaste la simulación 2 con la misma población parental que en la simulación 1. ¿Cuáles fueron las frecuencias de los alelos A y S de la población parental en la simulación 1?

$A = 0.5$  and  $S = 0.5$

En la simulación 2, ¿qué sucedió con la frecuencia del alelo de las células falciformes (S) con cada generación sucesiva de descendientes? Explica tu respuesta.

**Los números específicos en las respuestas variarán.** En los datos de muestra, la frecuencia de S disminuyó de 0.50 a 0.30 y luego a 0.19 en la generación sucesiva. Los estudiantes deben advertir la significativa disminución del alelo S de generación en generación. Hay una selección negativa del 100 % de aquellos con el genotipo SS (los que tienen anemia de células falciformes). Esto reduce rápidamente la frecuencia del alelo S con el paso del tiempo.

- i. En la simulación 2, ¿fue el cambio de frecuencia del alelo de las células falciformes (S) de la generación parental a la primera generación similar al cambio entre la primera y segunda generación? Explica tu respuesta.

**Los números específicos en las respuestas variarán.** En los datos de muestra, la frecuencia de S disminuyó aproximadamente un 20 % en cada generación sucesiva. La disminución sucesiva surge de la fuerte selección negativa en contra del genotipo (SS) de la anemia de células falciformes

- j. ¿Se corresponden las frecuencias genotípicas de la población parental con las frecuencias genotípicas calculadas en la Tabla 2.2? (sí o no).

No

- k. ¿Está esta población en equilibrio (genético) de Hardy-Weinberg? (sí o no). Explica tu respuesta.

**No.** Si la población estuviera en equilibrio, las frecuencias genotípicas permanecerían constantes de una generación a otra.

## Selección natural en humanos

## GUÍA PARA EL DOCENTE

(Nota: los estudiantes también pueden utilizar la ecuación de Hardy-Weinberg para calcular las frecuencias genotípicas previstas en base a las frecuencias alélicas conocidas de la Tabla 2.2. Podrían decir que la población no está en equilibrio de Hardy-Weinberg ya que las frecuencias genotípicas previstas, calculadas mediante la ecuación de Hardy-Weinberg, no son equivalentes a las frecuencias genotípicas de la Tabla 2.2. Esta es una respuesta aceptable).

1. Si esta población no está en equilibrio de Hardy-Weinberg, ¿qué condición o condiciones de Hardy-Weinberg se violaron en la simulación 2?

**Sin selección natural y población pequeña**

(Nota: la simulación 2 representa la mortalidad causada por la anemia de células falciformes. Debido a la selección negativa del 100 % del genotipo SS en la simulación, este modelo viola la condición sin selección natural del principio de Hardy-Weinberg. Además, como en la simulación 1, la población de 60 individuos sigue siendo pequeña y, debido al azar, causará desviaciones en las frecuencias genotípicas).

6. Realiza la simulación 3, que analiza la ventaja heterocigótica.

**Tabla 3.1. Primera generación de descendientes: datos de muestra**

Genotipo	Marcas de contabilización de descendientes	Número de individuos	Número total de individuos en la población descendiente	Frecuencia genotípica	Alelo	Número de alelos	Número total de alelos en la población descendiente	Frecuencia alélica
AA		22	60	0.37	A	82	120	0.68
AS		38	60	0.63	S	38	120	0.32
SS		0	60	0.00				

**Tabla 3.2. Segunda generación de descendientes: datos de muestra**

Genotipo	Marcas de contabilización de descendientes	Número de individuos	Número total de individuos en la población descendiente	Frecuencia genotípica	Alelo	Número de alelos	Número total de alelos en la población descendiente	Frecuencia alélica
AA		13	60	0.22	A	73	120	0.61
AS		47	60	0.78	S	47	120	0.39
SS		0	60	0.00				

- f. ¿Qué sucedió con la frecuencia del alelo de las células falciformes (S) con cada generación sucesiva? Recuerda consultar la población parental establecida en la simulación 1 para interpretar los datos.

**Las respuestas variarán. En los datos de muestra, la frecuencia de S disminuyó de la primera generación a la siguiente, pero luego aumentó levemente de la primera generación de descendientes a la segunda.**

- g. ¿Fue el cambio en la frecuencia del alelo de las células falciformes (S) de la población parental a la primera generación igual al cambio de la primera a la segunda generación? Explica tu respuesta.

Las respuestas variarán. No, el cambio no fue igual. En los datos de muestra, debido a la selección negativa del genotipo *SS*, el alelo de las células falciformes está bajo selección negativa. Sin embargo, no siguió disminuyendo a lo largo de las dos generaciones, como en la simulación 2. El leve aumento en la frecuencia del alelo *S* se debe a la ventaja selectiva del genotipo *AS*; esta ventaja selectiva da lugar a la retención del alelo de las células falciformes en la población.

- h. ¿Se corresponden las frecuencias genotípicas de la población parental con las frecuencias genotípicas calculadas en las Tablas 3.1 y 3.2? (sí o no).

**No**

- i. ¿Está esta población en equilibrio de Hardy-Weinberg? (sí o no). Explica tu respuesta.

**No** Si la población estuviera en equilibrio, las frecuencias genotípicas permanecerían constantes de una generación a otra.

(Nota: los estudiantes también pueden utilizar la ecuación de Hardy-Weinberg para calcular las frecuencias genotípicas esperadas en base a las frecuencias alélicas conocidas en la Tabla 2.2. Podrían decir que la población no está en equilibrio de Hardy-Weinberg ya que las frecuencias genotípicas esperadas, calculadas mediante la ecuación de Hardy-Weinberg, no son equivalentes a las frecuencias genotípicas de la Tabla 2.2. Esta es una respuesta aceptable).

- j. Si esta población no está en equilibrio de Hardy-Weinberg, ¿qué condición o condiciones de Hardy-Weinberg se violaron en esta simulación?

**Sin selección natural y población de gran tamaño**

(Nota: la simulación 3 también representa la mortalidad causada por la anemia de células falciformes. Además, el genotipo homocigótico para la hemoglobina normal (*AA*) tuvo una selección negativa del 50 % ya que los individuos *AA* no son resistentes a la malaria. Ambos violan la condición de que no haya selección natural. Asimismo, como en la simulación 1, la población es pequeña).

### PREGUNTAS

1. Usando los datos de las tres simulaciones, registra en la Tabla 4.1. las frecuencias genotípicas calculadas.

**Tabla 4.1. Frecuencias genotípicas para todas las simulaciones: datos de muestra**

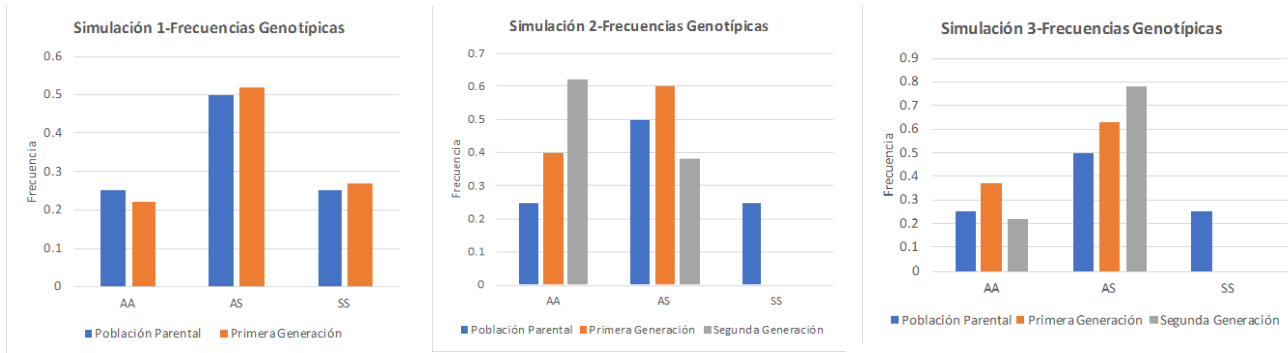
Simulación y Etapa	Frecuencia genotípica <i>AA</i> ( $p^2$ )	Frecuencia genotípica <i>AS</i> ( $2pq$ )	Frecuencia genotípica <i>SS</i> ( $q^2$ )
Simulación 1: población parental	0.25	0.50	0.25
Simulación 1: primera generación	0.22	0.52	0.27
Simulación 2: población parental	0.25	0.50	0.25
Simulación 2: primera generación	0.40	0.60	0.00
Simulación 2: segunda generación	0.62	0.38	0.00
Simulación 3: población parental	0.25	0.50	0.25
Simulación 3: primera generación	0.37	0.63	0.00
Simulación 3: segunda generación	0.22	0.78	0.00

# Selección natural en humanos

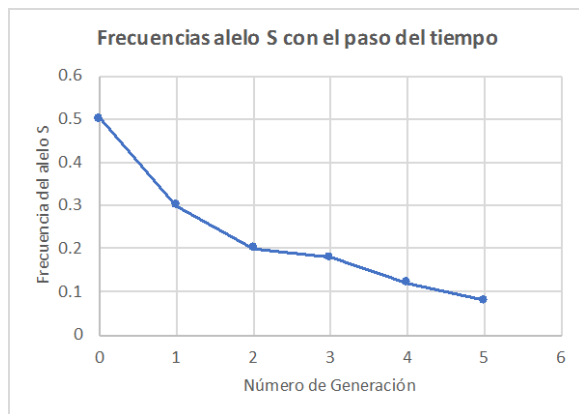
## GUÍA PARA EL DOCENTE

2. Usando lápices de colores y las grillas proporcionadas, realiza un gráfico de barras que represente las frecuencias genotípicas en cada generación para las tres simulaciones. Rotula de manera clara y cuidadosa los ejes y las barras con sus respectivas variables. Recomendamos realizar gráficos de práctica en otra hoja o en papel cuadriculado si tu maestro lo proporciona, antes de dibujar los gráficos finales aquí.

(Nota: hay varias formas en las que los estudiantes pueden elaborar los gráficos de barras. A continuación se muestra una opción. Otro enfoque común sería que los estudiantes coloquen las generaciones en el eje x. Luego, para cada generación, los estudiantes dibujarían las barras para cada genotipo dentro de esa generación).



3. Supón que recopilaste datos de la simulación 2 durante cinco generaciones. La frecuencia del alelo S con el paso del tiempo se muestra a continuación. El gráfico muestra una rápida disminución en la frecuencia del alelo de las células falciformes en la primera generación, pero una disminución más lenta en las generaciones subsecuentes. Al llegar a la quinta generación, el alelo no es completamente eliminado de la población.



Proporciona dos explicaciones sobre la razón por la cual el alelo S persiste después de cinco generaciones.

Primero, podría no haber habido el tiempo suficiente para que el alelo sea completamente eliminado de la población. Es posible que se requieran muchas más generaciones. Segundo, en la simulación 2, si bien los individuos con el genotipo (SS) de la anemia de células falciformes tuvieron una selección negativa del 100 %, los individuos heterocigóticos (AS) no tuvieron ni ventaja ni desventaja selectiva. El alelo S se puede “esconder” en los heterocigotos de generación en generación y persistir en la población.



4. Si hubieras continuado las simulaciones 2 y 3 durante tres generaciones más (hasta cinco generaciones), ¿predices que la frecuencia del alelo S en la simulación 2 sería mayor, menor o igual a la frecuencia alélica de S en la simulación 3? Explica tu respuesta.

Las frecuencias del alelo S en la quinta generación serán menores en la simulación 2 que en la simulación 3. Esto se debe a que en la simulación 3 se ilustra el concepto de ventaja heterocigótica, en la que los individuos heterocigotos para un locus en particular poseen una selección positiva del 100 % y tienen mayor aptitud que algunos de los homocigotos. Debido a que el genotipo AS posee una ventaja selectiva, el alelo S se mantendrá en una frecuencia mayor en la simulación 3 que en la simulación 2. En la simulación 2, no hay ventaja selectiva para mantener el alelo S.

5. ¿Qué simulación podría representar una población de personas que habitan en las húmedas llanuras del este de África? Utiliza los datos para explicar por qué elegiste esta simulación.

Simulación 3; los individuos que habitan en las húmedas llanuras del este de África estarían expuestos a los mosquitos portadores del parásito de la malaria presente en esas áreas. Los individuos portadores del alelo de las células falciformes (AS) tendrían una ventaja genética sobre los individuos homocigóticos normales (AA) debido a su resistencia a la infección por el parásito de la malaria. Según los datos, los individuos SS tendrían una fuerte selección negativa, mientras que los individuos con el genotipo AA tendrían una leve desventaja cuando se los compara con los individuos con el genotipo AS, quienes sobrevivirían el 100 % de las veces.

6. ¿Qué simulación podría representar a la población de personas que habitan en una remota aldea en los áridos altiplanos de África? Utiliza los datos para explicar por qué elegiste esta simulación.

Simulación 2; miembros de esta población sufrirían de casos graves de anemia de células falciformes debido a las limitadas opciones de atención médica, por lo que veríamos una significativa disminución del genotipo SS de generación en generación. Los áridos altiplanos de África no tienen muchos mosquitos portadores del parásito de la malaria, por lo que no hay ventaja selectiva para el genotipo AS. No anticiparíamos ningún aumento en el genotipo AS en cada generación sucesiva. Debido a la ventaja selectiva del genotipo AA, probablemente observaríamos un aumento en el genotipo AA en las generaciones subsiguientes.

7. Diseña una simulación que represente igual selección positiva para los dos genotipos homocigóticos, y selección negativa del genotipo heterocigótico. Comienza con la población parental original según se establece en la Tabla 1.1. Diseña tu simulación para obtener 60 progenitores y 60 descendientes en cada generación sucesiva. Tienes libertad para modificar el porcentaje de supervivencia de los diferentes genotipos, como en la simulación 3; pero asegúrate de incorporar la selección positiva de los dos genotipos homocigóticos y la selección negativa del genotipo heterocigótico. Explica tu simulación.

Las respuestas variarán. Los estudiantes deberían diseñar una simulación que aumente la frecuencia de los genotipos AA y SS con el paso del tiempo y disminuya el genotipo AS durante el mismo período.

### Diseño

Respuesta de muestra: “usando el mismo procedimiento de mezcla y selección que en la simulación 1, produce 60 descendientes de esta población seleccionando de manera aleatoria dos alelos para representar un descendiente individual. Si el descendiente es AS, haz una marca de contabilización cada tres veces que obtengas un AS y regresa los alelos a la población. (Deberás seguir cuidadosamente los genotipos para asegurarte de aplicar una supervivencia del 33% al grupo AS). Si el descendiente es AA o SS, haz una marca de contabilización cada vez que es seleccionado. Cada vez, regresa los alelos a la población y mézclalos. Repite el proceso de selección hasta que se hayan producido 60 descendientes”.

## Selección natural en humanos

## GUÍA PARA EL DOCENTE

### Datos esperados

Basado en 60 descendientes en cada generación, predice la cantidad de descendientes de cada genotipo en cada generación de la simulación que diseñaste. Utiliza la siguiente tabla para registrar tus predicciones.

(Nota: los estudiantes deben recibir crédito por cualquier predicción que muestre una disminución en el genotipo AS. Puede adjudicar puntos adicionales a los estudiantes que recopilen sus propios datos).

Cantidad esperada de descendientes de cada genotipo por generación: datos de muestra

Genotipo	Número inicial de individuos en la población parental	Número esperado de descendientes en la primera generación	Número esperado de descendientes en la segunda generación	Número esperado de descendientes en la tercera generación
AA	15	17	18	21
AS	30	21	19	14
SS	15	22	23	25

Usando las cantidades esperadas para los diferentes genotipos, calcula la cantidad de cada alelo que se esperaría ver en cada generación.

Ejemplo: cálculo de alelos A en la población parental =  $(15AA \times 2) + 30AS = 60$  alelos A

Cantidad de alelos en cada generación

Alelo	Número inicial de alelos en la población parental	Número esperado de alelos en la primera generación	Número esperado de alelos en la segunda generación	Número esperado de alelos en la tercera generación
A	60	55	55	56
S	60	65	65	64

### Frecuencias

Usando las cantidades calculadas anteriormente, calcula las frecuencias genotípicas y alélicas para ilustrar cómo cambiarán las frecuencias a lo largo de tres generaciones de descendientes.

Cambios en las frecuencias genotípicas y alélicas a lo largo de tres generaciones: datos de muestra

Genotipo	Frecuencias en la población parental inicial	Frecuencias esperadas en la primera generación	Frecuencias esperadas en la segunda generación	Frecuencias esperadas en la tercera generación
AA	0.25	0.28	0.30	0.35
AS	0.50	0.35	0.32	0.23
SS	0.25	0.37	0.38	0.42
<b>Alelo</b>				
A	0.50	0.49	0.49	0.47
S	0.50	0.51	0.51	0.53

### Explicación

- a. ¿Cómo cambian las frecuencias genotípicas con el paso del tiempo? Asegúrate de abordar los tres genotipos.

**Ambos genotipos homocigóticos (AA y SS) aumentan con el tiempo. Debido a la selección negativa del genotipo heterocigótico (AS), éste disminuye con el tiempo.**

- b. ¿Cómo cambian las frecuencias alélicas con el paso del tiempo? Aborda ambos alelos.

**El alelo de las células falciformes (S) aumenta levemente y el alelo normal (A) disminuye levemente. Sin embargo, por lo general, los alelos permanecen cerca de sus valores iniciales.**

- c. Según el diseño de tu simulación, explica por qué estos cambios en las frecuencias genotípicas y alélicas tienen sentido en términos de selección y evolución.

**Respuesta de muestra: “esta simulación fue diseñada para la selección positiva de los genotipos homocigóticos; por lo tanto, no hubo selección negativa de ningún alelo, como en la simulación 2. Los datos sugieren que los genotipos homocigóticos sí aumentaron con el tiempo y que ambos alelos se mantuvieron en el pool de genes. Por lo tanto, no sorprende que los dos alelos hayan permanecido cerca de sus valores iniciales de 0.5, ya que están igualmente representados en los dos genotipos homocigóticos (AA y SS). Además, hubo selección negativa del genotipo heterocigótico (AS). Esta selección sería igual para ambos alelos, A y S, ya que ambos están presentes en este genotipo. En conclusión, tiene sentido que la frecuencia genotípica heterocigótica disminuya con el tiempo, mientras que las frecuencias alélicas seguirán siendo aproximadamente las mismas”.**

#### AUTOR (ORIGINAL EN INGLÉS)

Ann Brokaw, Rocky River High School, Ohio

#### EVALUADORES EN EL AULA

Kim Burley, LTCHS; Dave Kenyon, Paw Paw High School; Dawn Norton, Minnetonka High School; Kimberly Snook, Haslett High School