



## **Picos como herramientas: ventaja selectiva en ambientes cambiantes**

### INTRODUCCIÓN

Esta actividad requiere que los estudiantes hayan visto [El origen de las especies: el pico del pinzón](#), sobre los estudios de Peter y Rosemary Grant de los pinzones terrestres medianos durante dos grandes sequías en los años 1970 y 1980. En sus estudios de los pinzones terrestres, los Grant observaron dos veces la evolución del tamaño del pico en un período de tiempo sorprendentemente corto. Esta actividad demuestra que las características físicas de los individuos de una población pueden cambiar rápidamente cuando se exponen a cambios ambientales repentinos y significativos. Aunque la actividad no simula evolución, resalta la importancia de las variaciones en los rasgos y de la presión selectiva como prerrequisitos del proceso evolutivo. Además, reforzará el entendimiento de los estudiantes sobre la selección natural, adaptación, y aptitud física.

Los estudiantes actuarán como los pinzones y lucharán por sobrevivir en condiciones ambientales diferentes “comiendo” tantas semillas como sea posible. Cada grupo de estudiantes utilizará dos tipos de herramientas diferentes: pinzas y alicates. Estas herramientas han sido elegidas para exagerar las diferencias mecánicas que pueden existir entre picos y para ilustrar la ventaja que un individuo puede obtener de esta diferencia en determinadas circunstancias ambientales. Los estudiantes pondrán a prueba cuál de sus dos herramientas, o “picos”, está mejor adaptado para recoger y “comer” alimentos en tres condiciones diferentes: “Tierra de la abundancia” (gran cantidad de semillas pequeñas y grandes), “Sequía #1” (poca cantidad de semillas grandes), y “Sequía #2” (poca cantidad de semillas pequeñas). Una caja de plástico con sustrato servirá como su ambiente modelo, y dos tipos de semillas (por ejemplo, arroz y frijoles), servirán como alimento.

### CONCEPTOS CLAVE

- Los rasgos o características tienden a variar entre los individuos de una población. Individuos con un tipo de rasgo pueden tener una ventaja selectiva sobre individuos con otros tipos de rasgos, si ese rasgo permite a estos individuos aprovechar mejor ciertos aspectos del medio ambiente.
- La selección natural actúa sobre variaciones de un rasgo físico. Es un proceso por el cual, bajo ciertas presiones selectivas, algunos individuos son más propensos a sobrevivir o a reproducirse que otros.
- Las adaptaciones son rasgos que aumentan la capacidad de un individuo de sobrevivir y de producir más descendencia en un medio ambiente particular.
- La evolución por selección natural ocurre si, con el tiempo, los rasgos beneficiosos (y alelos asociados) se vuelven más comunes en la población mientras que los rasgos desfavorables desaparecen lentamente.
- El cambio evolutivo puede ocurrir rápidamente, en solo unas pocas generaciones, si existe una variación genética en una población y si la selección natural actúa fuertemente sobre esta variación. Sin embargo, un cambio importante como la evolución de nuevas especies, a menudo toma miles de generaciones.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DEL ESTUDIANTE

- Explicar por qué inclusive ligeras diferencias debido a las variaciones en el tamaño del pico pueden tener un impacto en la capacidad de un ave para obtener alimento y sobrevivir.
- Explicar cómo los cambios en las condiciones ambientales pueden causar fuertes presiones selectivas y provocar que evolucionen adaptaciones en un corto período.
- Seguir un protocolo experimental en colaboración con otros estudiantes.
- Hacer predicciones basadas en observaciones y coleccionar datos cuantitativos para probar sus predicciones
- Organizar y analizar los resultados al interpretar gráficos y realizar cálculos sencillos.
- Formular conclusiones acerca de los rasgos que ofrecen una ventaja selectiva en diferentes condiciones ambientales.

## CONEXIONES CURRICULARES (ESTADOS UNIDOS)

| Estándares                          | Conexión curricular  |
|-------------------------------------|--|
| NGSS (2013)                         | HS-LS2-1, HS-LS2-2, HS-LS4-2, HS-LS4-4, HS-LS4-5, SEP4, SEP6 |
| AP Bio (2015)                       | 1.A.1, 1.A.2, 1.A.4, SP5, SP6                                |
| IB Bio (2016)                       | 5.2, C.1   |
| AP Env Sci (2013)                   | II.C   |
| IB Env Systems and Societies (2017) | 3.2  |
| Common Core (2010)                  | ELA.RST.9-12.7, WHST.6-12.1, Math.S-ID.3, S-IC.3, MP2, MP4   |
| Vision and Change (2009)            | CC1, CC5, DP1  |

## TÉRMINOS CLAVES

comportamiento, biodiversidad, ecología, evolución, biología del organismo, metodología científica, proceso científico, especiación

## REQUISITOS DE TIEMPO

Un periodo de clase de 50 minutos para la actividad y la colección de datos, y un periodo de clase de 50 minutos para la discusión. Este tiempo no incluye ver la película (ver consejos didácticos).

## AUDIENCIA SUGERIDA

- Bachillerato general: grados 10 – 12
- Bachillerato especializado: Biología IB o AP

## CONOCIMIENTO PREVIO

- Comprensión básica del proceso evolutivo por selección natural.
- La evolución por medio de selección natural requiere variaciones de rasgos que son hereditarias.
- Familiaridad con el concepto de adaptación, seleccionados por el medio ambiente a través de un proceso llamado selección natural.
- Entender que las variaciones de un rasgo aumentan la aptitud física de un individuo al permitirle sobrevivir y reproducirse, y que la evolución puede ocurrir si estos rasgos beneficiosos (y alelos asociados) se vuelven más comunes en la población, mientras que los rasgos desfavorables desaparecen lentamente.

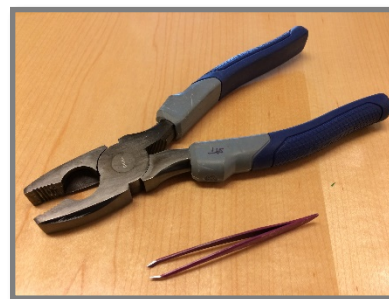
## MATERIALES

Cada grupo de estudiantes necesitará:

- 1 caja de cartón o de plástico (tamaño mediano, por ejemplo 13 × 17 × 5 pulgadas; la tapa no es necesaria)
- dos tipos de herramientas: unas pinzas regulares y un alicate
- AstroTurf (alfombra o césped artificial) pegado al fondo de la caja con pega, cinta adhesiva, o Velcro
- dos tipos de semillas (4.5 cucharadas de arroz; ~ 1 taza de frijoles)
- 4 vasos plásticos o de papel de cualquier tamaño para la recolección de semillas (2 por herramienta); los vasos Dixie son suficientemente grandes
- cronómetro (los estudiantes pueden utilizar sus teléfonos o relojes que muestren segundos)
- Los grupos pueden compartir cucharas y tazas de medir (usa medidas de 1 cucharada y ½ cucharada, o solo ½ cucharada, y 1/3 de taza)

## Herramientas:

Los estudiantes pueden traer sus propias pinzas y alicates de casa. Asegúrate de que las herramientas utilizadas en el experimento sean diferentes. Las pinzas deben ser suficientemente pequeñas para entrar con facilidad en espacios limitados para recoger semillas pequeñas. Los alicates, por otra



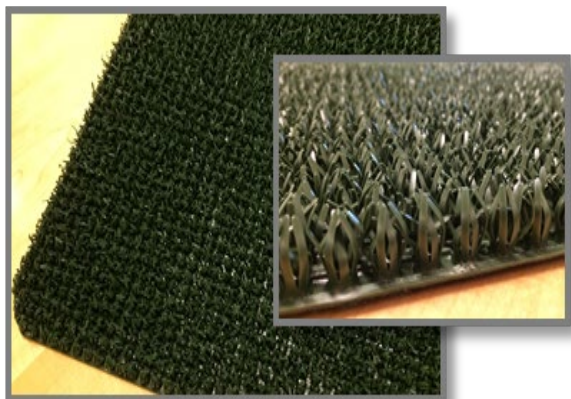
parte, deben ser grandes, con una punta roma o desafilada y una superficie de agarre que pueda sostener y aplastar semillas grandes (ver foto).

### Semillas:

Cada grupo de estudiantes necesitará 1 taza de semillas grandes (frijoles) y 4.5 cucharadas de semillas pequeñas (arroz). Los estudiantes pueden traer sus propias “semillas” de casa. El maestro puede elegir cualquier otro tipo de grano, siempre y cuando las semillas pequeñas caigan al fondo del sustrato y que las semillas grandes permanezcan encima del sustrato. Usa semillas de color claro ya que serán más visibles contra el césped oscuro. Muchas de las semillas pequeñas pueden ser reutilizadas. Sin embargo, como las semillas grandes tienen que ser aplastadas cuando se colecten, los estudiantes tendrán que usar semillas nuevas cada vez.

### Sustrato:

El sustrato es una parte importante del experimento, ya que hará que las semillas más pequeñas sean menos accesibles. Trozos gruesos y rígidos cortados de un pedazo grande de AstroTurf funcionan bien, pero puedes utilizar cualquier sustrato que cumpla este propósito. Es importante que los alicates grandes no puedan coleccionar las semillas pequeñas al doblar o mover el sustrato de un lado a otro. Una alfombra grande o césped artificial de aproximadamente 24 × 1 × 36 pulgadas (como el de la foto), cuesta entre US\$11 y US\$15, y se puede cortar en seis u ocho pedazos lo suficientemente grandes como para cubrir el fondo de la caja. Lo mejor sería fijar el pedazo de alfombra en el fondo de la caja con Velcro. De lo contrario, los estudiantes pueden levantar el pedazo de alfombra accidentalmente cuando



traten de recoger las semillas. Además, la alfombra se podrá retirar fácilmente para remover las semillas sobrantes entre las diferentes simulaciones de las condiciones alimentarias.

### CONSEJOS DIDÁCTICOS

- Los estudiantes deben ver la película [El origen de las especies: el pico del pinzón](#) como tarea antes de la clase. Esto les dará más tiempo para revisar sus resultados y responder las preguntas de análisis y discusión en clase. Pídeles a los estudiantes que se fijen, sobre todo, en el estudio del pinzón terrestre mediano que se presenta a mitad de la película (al minuto 5:55). Anímalos a tomar notas y a escribir sus preguntas. El período de clase podría comenzar con los estudiantes resumiendo la película, seguido de una breve discusión del estudio sobre el pinzón terrestre mediano.
- Los estudiantes deben trabajar en grupos de tres a cinco.
- Si tienes acceso a una computadora y un proyector, o si los estudiantes pueden acceder a una plataforma común como Google Drive, los estudiantes pueden ingresar los resultados del grupo en la hoja de cálculo Excel adjunta. La hoja calcula automáticamente estadísticas descriptivas (media y desviación estándar) y representa los resultados en forma de gráficos. También puedes escribir los resultados de cada grupo en la pizarra y pedir a los estudiantes que copien los números en la tabla de la clase en la hoja de trabajo para el estudiante y que trabajen con la hoja de Excel en casa.
- Pídeles a los estudiantes que discutan los resultados y preguntas relacionadas con miembros de su propio grupo antes de escribir las respuestas.
- Asegúrate de recalcar que las poblaciones evolucionan con el tiempo y que los individuos no evolucionan durante su vida. Aclara la idea errónea de que los nuevos rasgos surgen “según sean necesarios”. Las pequeñas o grandes variaciones en el pico del pinzón terrestre mediano no surgen en respuesta a las dos sequías; las variaciones ya existían antes de las sequías. Cuando el suministro de alimentos cambió después

de las dos grandes sequías, las aves con estas variaciones (es decir, bien sea un pico más grande o uno más pequeño) tuvieron una ventaja sobre las aves con otra variación del rasgo. También es importante que los estudiantes no se queden con la idea de que el experimento demuestra una evolución. Las tasas de supervivencia diferencial por sí solas no son suficientes para que ocurra una evolución. El rasgo beneficioso tiene que ser heredable y luego transmitido a las futuras generaciones. Algunas de las preguntas de discusión que se encuentran al final de la hoja de trabajo para el estudiante enfatizan este punto.

## PROCEDIMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

### PARTE 1: Práctica de forrajeo y preparación de la caja ambiente (pasos 1-4)

Pasos 1 y 2: Los estudiantes crean su caja ambiente y practican recoger y triturar las semillas con sus herramientas.

Paso 3: Los estudiantes anotan observaciones de las herramientas (o “picos”), de la caja ambiente, y las semillas. Deben notar que los alicates, en general, son más grandes, más pesados, y más romos que las pinzas. En comparación con las pinzas, los alicates parecen tener un agarre más firme y pueden sostener o incluso aplastar objetos de mayor tamaño. Las pinzas, por otra parte, parecen más adecuadas para trabajos que requieren mayor destreza. El ambiente es bastante simple, pero los estudiantes deben notar la superficie rugosa de la alfombra o césped artificial y los pequeños espacios en los cuales pueden caer las pequeñas partículas de alimento. Los estudiantes también deben tomar en cuenta los diferentes tamaños de las semillas.

Paso 4: Los estudiantes hacen predicciones sobre la habilidad de cada “pico” para recoger alimentos en tres condiciones alimentarias diferentes. Cuando hay abundancia de ambos tipos de semillas, cada pico debe ser capaz de recoger al menos un tipo de semilla. Es probable que los picos grandes (alicates) recojan mayormente semillas grandes, mientras que los picos pequeños (pinzas) serán mejores para recoger las semillas pequeñas. Cuando solo las semillas pequeñas están disponibles, el pico grande tendrá dificultades para recoger las semillas sin agarrar también el césped o alfombra. El pico pequeño, por el contrario, debe estar bien adaptado para entrar entre los espacios. Las semillas grandes tienen que ser aplastadas así que cuando solo hay semillas grandes disponibles, el pico pequeño no será capaz de aplastar efectivamente las semillas grandes para recoger suficiente alimento.

### PARTE 2: Experimento de forrajeo (pasos 1-7)

El procedimiento experimental y la colección de datos se describen en detalle en la hoja de trabajo para el estudiante. Los grupos individuales juntan sus resultados en la tabla de grupos en la página 4 de la hoja de trabajo para el estudiante.

### PARTE 3: Después del experimento (pasos 1-2)

Compartir los resultados con la clase anotando los totales de cada grupo en la pizarra o en la hoja de cálculo Excel (opcional). En cualquier caso, los estudiantes deben copiar los resultados de la clase en la tabla de la página 5 de la hoja de trabajo para el estudiante. La hoja de cálculo se puede utilizar si el maestro desea hacer hincapié en el aspecto cuantitativo de la actividad o para familiarizar a los estudiantes con Excel.

Paso 1: Las fórmulas para calcular las medias y las desviaciones estándar, así como los gráficos previstos se pueden eliminar si se quiere que los estudiantes aprendan a realizar análisis cuantitativos básicos en Excel. Se les pide a los estudiantes que calculen y comparen el *número total* de semillas recolectadas en las cuatro pruebas (en lugar de un número promedio por prueba). La razón es que el número de semillas que un ave logra coleccionar en una comida es menos importante para la supervivencia que la cantidad total que logra comer durante todo el día o la semana. Así que las cuatro pruebas podrían representar tanto la cantidad de veces que un pinzón come por día o la ración de comida para un día a lo largo de cuatro días.

Paso 2: El límite de alimentos de un 80% que es necesario para la supervivencia, los estudiantes lo calculan en base al número total de semillas que los grupos recogieron por cada pinzón. Los estudiantes usan el promedio del total para la clase (calculado en la fila inferior en la tabla de la clase) para calcular la menor cantidad de alimento necesario para sobrevivir.

Los estudiantes pueden preguntar por qué los pinzones no necesitan muchas más semillas pequeñas que semillas grandes para satisfacer sus necesidades alimentarias mínimas. El tamaño de un alimento no necesariamente indica su valor nutritivo. Las semillas grandes, como las semillas espinosas mencionadas en el video, pueden tener cáscaras duras. Las semillas del centro pueden ser bastante pequeñas, y se necesita energía para abrir la cáscara. Por lo tanto, la ingesta calórica neta por semilla grande puede ser mínima. Las semillas pequeñas producidas por hierbas, por otra parte, consisten mayormente de la semilla central, de cobertura suave y fácil de eliminar o incluso comestible. Por lo tanto, la ingesta calórica neta de una semilla grande puede ser igual a la ingesta calórica neta de una semilla pequeña.

#### PARTE 4: Preguntas de análisis

1. Revisa cuidadosamente los resultados de la clase.  
*Todas las respuestas dependen de los datos.*
2. ¿Hubo diferencias entre los picos en cuanto a su habilidad para recoger semillas **pequeñas**? Si es así, ¿qué características hicieron que un pico fuera más exitoso que el otro?  
*Los estudiantes deben haber tenido mayores problemas con los alicates, y notar que el "pico" romo o desafilado no está bien adaptado para entrar en los pequeños espacios del césped artificial en los cuales se esconden las semillas pequeñas. Por otra parte, la forma delgada y pequeña de las pinzas crea un mejor "pico" para colectar las semillas pequeñas del césped artificial.*
3. ¿Hubo diferencias entre los picos en cuanto a su habilidad para recoger y aplastar las semillas **grandes**? Si es así, ¿qué características hicieron que un pico fuera más exitoso que el otro?  
*El pico grande (alicate) será probablemente el único capaz de aplastar las semillas. El pico pequeño puede ser capaz de recoger las semillas grandes, pero no puede aplastarlas.*
4. ¿Los resultados apoyan tus predicciones? Explica tu respuesta.  
*Las respuestas dependerán de las predicciones y de los resultados de los estudiantes. Los estudiantes deben explicar por qué los resultados apoyaron o no sus predicciones comparando brevemente cada predicción con los resultados que obtuvieron.*
5. Considera las características físicas del sustrato (alfombra o césped artificial) en el ambiente modelo y el esfuerzo que tomó recoger las semillas grandes y pequeñas bajo diferentes condiciones alimentarias.
  - a. ¿Qué características hicieron que las semillas fueran menos accesibles y cuáles semillas fueron las más afectadas?  
*La densidad y el espesor del césped artificial hacen que los espacios entre las hebras falsas sean pequeños e inaccesibles. Las semillas que son lo suficientemente pequeñas como para caer entre las hebras son mucho menos accesibles que las semillas que son lo suficientemente grandes como para reposar encima del césped. Los estudiantes deben señalar que las características físicas del medio ambiente fue lo que más afectó la accesibilidad de las semillas pequeñas.*
  - b. ¿Dirías que el césped artificial hizo que fuera más difícil para algunos pinzones encontrar suficiente comida para sobrevivir? Si es así, ¿cuál pinzón tuvo más problemas? Puedes regresar a las preguntas 1(d) y 2 para informar la respuesta.  
*Sequía 2: Probablemente los pinzones con picos grandes no pudieron recoger el 80% del número total de semillas que necesitaban, ya que a los picos grandes les cuesta recoger las semillas pequeñas que se*



*esconden dentro del césped artificial. Aún si lograron obtener el 80% o más, la cantidad debe ser inferior a lo que estas aves colectaron bajo la condición "Tierra de la abundancia".*

6. Según tus resultados, ¿qué puedes concluir (si algo) sobre la capacidad de cada ave para recoger comida y sobrevivir en el ambiente modelo bajo cada una de las tres condiciones? Propón una respuesta para cada condición e incorpora el efecto del sustrato en la disponibilidad de alimentos.

*Para responder a esta pregunta, los estudiantes deben resumir de manera coherente las respuestas paso a paso que presentaron anteriormente. Deben intentar articular, de forma independiente, tanto el panorama amplio como las conclusiones generales que se pueden extraer de los resultados.*

7. Si observaste diferencias entre la habilidad de las aves para obtener alimentos debido a la forma de su pico, explica cómo esto conduce a una evolución a través del tiempo. (Recuerda que los diferentes tipos de pico que probaste en el experimento representan aves de la misma especie de pinzón terrestre mediano. Ellos simplemente muestran variaciones en el tamaño del pico).

*Los estudiantes deben indicar que la variación individual en rasgos importantes, como el tamaño o la forma del pico, provocan que un tipo de rasgo sea más beneficioso bajo nuevas condiciones ambientales que afectan el suministro de alimentos. La variación tiene que ser hereditaria; los individuos con el rasgo beneficioso y hereditario tienen más probabilidades de sobrevivir en estas nuevas condiciones que las aves sin ese rasgo. La evolución puede ocurrir con el tiempo si los sobrevivientes se reproducen y transmiten el rasgo beneficioso a las futuras generaciones.*

8. Esta actividad simula una variedad de conceptos que juegan un papel importante en el proceso evolutivo. Nombra un ejemplo específico de esta actividad que simula los conceptos listados a continuación:

- Variación:

*Las diferencias en el tamaño de los picos de los pinzones terrestres medianos.*

- Adaptación (un rasgo beneficioso que es heredable y que aumenta la capacidad de un individuo de sobrevivir y reproducirse):

*Las diferencias en el tamaño del pico son variaciones hereditarias de rasgos morfológicos. Los picos más grandes son adaptables solo cuando hay semillas grandes disponibles; los picos pequeños son adaptables solo cuando hay semillas pequeñas disponibles. Estas características se consideran adaptaciones cuando llegan a ser común en la población como resultado de la selección natural.*

- Presión selectiva o agente seleccionador (lo que provocó la selección de un pico sobre el otro):

*La escasez de alimentos y cambios en el suministro de alimentos ejercen una presión selectiva sobre las poblaciones de pinzones. Los estudiantes pueden responder que las sequías fueron la presión selectiva. La cantidad de lluvia, sin embargo, solo tuvo efectos indirectos. La supervivencia de los pinzones dependió del suministro de alimentos a causa de los cambios en los patrones climáticos.*

- Aptitud (mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse):

*Aptitud se refiere a la capacidad de supervivencia y al éxito reproductivo de un individuo. Los estudiantes deben señalar que individuos con picos de diferentes tamaños tienen más o menos la misma probabilidad de sobrevivir y reproducirse bajo condiciones de sequía. Los pinzones con la variación del rasgo beneficioso tienen una ventaja de aptitud sobre los pinzones con otro rasgo menos favorable.*

## AUTOR

Jason Crean, MA, MS, Lyons Township High School, La Grange, Illinois

Editado por Sandra Blumenrath, PhD, y Laura Bonetta, PhD, del HHMI, y Ann Brokaw, Rocky River High School, Ohio

Revisión científica por Jonathan Losos, PhD

Traducido al español por Isabel Parés Ramos, MS, Urbánica P.C. y editado por Jamillah Echeverria, Vialux Media y Zulmarie Pérez Horta, PhD, HHMI.