

## GUÍA PARA EL CORTOMETRAJE

### DESCRIPCIÓN

En más de 700 islas caribeñas, podemos encontrar alrededor de 150 especies de anolis, un grupo de lagartijas estrechamente relacionadas (género *Anolis*) que viven en diversos hábitats y nichos. La investigación sobre estas lagartijas nos está ayudando a comprender mejor los procesos evolutivos, como la adaptación mediante selección natural, la evolución convergente y la creación de nuevas especies. Además, nos brinda explicaciones acerca de cómo y por qué existen tantas clases diferentes de organismos vivos en la Tierra.



**Figura 1: Distintos anolis tienen características en común.** El *Anolis cristatellus* es una especie de anolis común que se encuentra en Puerto Rico. Se caracteriza por tener, debajo de su garganta, una gaita o papada colorida que utiliza para comunicarse. Solo dos de las casi 150 especies conocidas de anolis del Caribe no tienen esta papada. Estas especies viven en diversos hábitats y presentan considerables variaciones en su tamaño y en otras características físicas evidentes, tales como la longitud de las patas y de la cola. (Foto cortesía de Luke Mahler, University of California, Davis.)

### CONCEPTOS CLAVE

- A. Una adaptación es una estructura o función que aumenta la capacidad para sobrevivir y reproducirse en un ambiente específico.
- B. Debido a que las islas son ambientes aislados y poseen ecosistemas relativamente simples, los científicos las consideran laboratorios naturales para realizar experimentos respecto del papel que desempeña la selección natural para impulsar adaptaciones dentro de las poblaciones.
- C. El término "microevolución" es utilizado para describir los cambios evolutivos o las adaptaciones que suceden dentro una población, en tanto que el término "macroevolución" describe los cambios evolutivos a nivel de especies.
- D. En biología, se denomina "especie" al conjunto de individuos capaces de entrecruzarse, que se encuentran aislados de otros grupos reproductiva y, por lo tanto, genéticamente.
- E. En caso de que dos grupos dentro de una especie queden geográficamente aislados (separados mediante una barrera física, como un río, un cañón o una cadena montañosa), los miembros de un grupo no compartirán cambios genéticos que experimenten los miembros del otro grupo, y viceversa. Así, generación tras generación, los dos grupos se van diferenciando a medida que sus rasgos cambian independientemente.
- F. A fin de que los dos grupos sean considerados especies diferentes, es necesario que los rasgos se modifiquen de forma tal que los miembros de cada grupo queden, desde el punto de vista de la reproducción, aislados; es

decir, que no puedan aparearse o producir crías fértiles con miembros del otro grupo, aunque llegasen a compartir la misma ubicación geográfica.

- G. Mediante la comparación de secuencias de ADN entre poblaciones y especies diferentes, los científicos pueden determinar qué tan distante es la relación entre las especies.
- H. De manera independiente, los organismos de diferentes linajes evolutivos pueden desarrollar rasgos similares como consecuencia de haberse adaptado a ambientes o nichos ecológicos similares. Este proceso se denomina "evolución convergente".
- I. Uno de los motivos por los cuales han existido y continúan existiendo tantas especies diferentes en la Tierra es el hecho de que existen muchos tipos de hábitats y nichos diferentes.

### CONEXIONES CURRICULARES (ESTADOS UNIDOS) Y CON LIBROS DE TEXTO

Currículo	Estándares
NGSS (abril 2013)	MS-LS4.A, MS-LS4.B, MA-LS4.C, HS-LS4.B, HS-LS4.C, HS-LS4.D
AP (2012–13)	1.A.1, 1.A.2, 1.A.4, 1.B.2, 1.C.1, 1.C.2, 1.C.3
IB (2009)	5.1, 5.4, D2, D5

Libro	Secciones
Miller and Levine, <i>Biology</i> (2010 ed.)	16.1, 16.3, 16.4, 17.2, 17.3, 18.2, 19.2
Reese <i>et al.</i> , <i>Campbell Biology</i> (9th ed.)	22.2, 22.3, 23.3, 23.4, 24.1, 24.2, 24.4, 25.4, 26.3

### CONOCIMIENTOS PREVIOS

Sería útil que los estudiantes:

- tengan un conocimiento básico sobre selección natural, evolución y adaptación;
- estén familiarizados con el concepto de que los organismos cumplen funciones específicas en sus ambientes; y
- sepan que los genes y sus respectivos rasgos se heredan, y que algunos rasgos les permiten a los organismos tener más posibilidades de sobrevivir y de reproducirse.

### PUNTOS DE PAUSA

Esta película puede proyectarse sin interrupciones o con pausas en momentos específicos con el fin de analizar contenidos con los estudiantes. El cuadro a continuación sugiere momentos de pausa e indica el minuto de la película en el que comienza y termina cada uno de ellos.

Inicio	Fin	Descripción del contenido	Preguntas de revisión	Normas
0:00	6:46	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las especies de lagartijas anolis que viven en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué</li> </ul>	NGSS (abril)

		<p>hábitats diferentes tienen diferentes características anatómicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La adaptación es una estructura o función que aumenta la capacidad para sobrevivir y reproducirse en un ambiente específico.</li> <li>• Las diferencias en la longitud de las patas y en el tamaño de las almohadillas en las patas son adaptaciones que permiten a las lagartijas vivir con éxito en diferentes hábitats.</li> </ul>	<p>ambiente es ventajoso para una lagartija tener patas largas?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Por qué los anolis han evolucionado diferencias en las almohadillas de las patas?</li> </ul>	<p><u>2013</u> MS-LS4.C, HS-LS4.C <u>AP Biology (2012–13)</u> 1.A.1 <u>IB Biology (2009)</u> 5.1, 5.4</p>
6:47	9:50	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Según experimentos realizados en las Bahamas, en una población de anolis, la frecuencia de rasgos puede modificarse dentro de unas pocas generaciones si el ambiente cambia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Es la evolución un proceso rápido o lento?</li> <li>• ¿Ocurre individualmente o masivamente?</li> </ul>	<p><u>NGSS (abril 2013)</u> MS-LS4.B, MS-LS4.C, HS-LS4.B, HS-LS4.C <u>AP Biology (2012–13)</u> 1.A.1, 1.A.2, 1.C.3 <u>IB Biology (2009)</u> 5.1, 5.4</p>
9:51	14:02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos grupos de individuos se definen como especies diferentes cuando los miembros de un grupo no se entrecruzan con los del otro grupo. El aislamiento reproductivo puede dar lugar a casos de especiación.</li> <li>• Diferentes especies de anolis tienen papadas distintas, que utilizan para cortejar y para marcar territorio. Los cambios en ciertos rasgos pueden dar lugar a aislamiento reproductivo y especiación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué es una especie?</li> <li>• ¿Cómo ocurre la especiación?</li> <li>• ¿Por qué se considera que un cambio en la papada es un paso importante en la formación</li> </ul>	<p><u>NGSS (abril 2013)</u> MS-LS4.B, MS-LS4.C, HS-LS4.B, HS-LS4.C, HS-LS4.D <u>AP Biology (2012–13)</u> 1.A.1, 1.A.2, 1.A.4, 1.C.1,</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>El término "microevolución" es utilizado para describir los cambios evolutivos o las adaptaciones que suceden dentro de una población, en tanto que el término "macroevolución" describe los cambios evolutivos a nivel de especies.</li> <li>Una vez que nuevas especies aparecen, la competencia impulsa la evolución de diferentes tipos corporales. En las cuatro islas más grandes del Caribe, los anolis tienen los mismos tipos corporales básicos.</li> </ul>	<p>de una nueva especie de anolis?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la diferencia entre microevolución y macroevolución?</li> </ul>	<p>1.C.2, 1.C.3 <u>IB Biology (2009)</u> 5.1, 5.4, D2, D5</p>
14:03	17:44	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secuencias de ADN de dos especies que están estrechamente relacionadas no muestran muchas diferencias entre sí; mientras que secuencias de especies con una relación más distante muestran diferencias más marcadas.</li> <li>En un árbol filogenético, un nodo representa un ancestro en común.</li> <li>Datos de secuenciación de ADN indican que las lagartijas que viven en una misma isla están más estrechamente relacionadas entre sí que con otras especies que son físicamente similares pero que viven en otras islas, lo cual indica que los mismos tipos de anolis evolucionaron de manera independiente en islas diferentes.</li> <li>La evolución puede repetirse en hábitats similares.</li> <li>Cada hábitat ofrece diferentes oportunidades para sobrevivir. Uno de los motivos por los cuales han existido y continúan existiendo tantas especies diferentes en la Tierra es el hecho de que existen muchos tipos de hábitats y nichos diferentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo surgieron en cada isla los cuatro tipos corporales de anolis?</li> <li>¿Qué evidencia demuestra que los mismos tipos de anolis evolucionaron de manera independiente en islas diferentes?</li> </ul>	<p><u>NGSS (abril 2013)</u> MS-LS4.A, MS-LS4.B, MS-LS4.C, HS-LS4.B, HS-LS4.C, HS-LS4.D <u>AP Biology (2012–13)</u> 1.A.1, 1.A.2, 1.A.4, 1.B.2, 1.C.1, 1.C.2, 1.C.3 <u>IB Biology (2009)</u> 5.1, 5.4, D2, D5</p>

### ANTECEDENTES

“Entendemos con claridad por qué cualidades análogas o adaptativas, aunque fueran de vital importancia para el bienestar del ser, son casi inútiles para el sistematista. Ya que animales de dos líneas de descendencia muy distintas pueden haberse adaptado a condiciones similares y, por lo tanto, mostrar una semejanza externa.” (Charles Darwin, 1859, traducción del original en inglés)

En este texto tomado de *On the Origin of Species* (Sobre el origen de las especies), Charles Darwin reconoce que si especies con historias evolutivas diferentes ocupan hábitats similares y están expuestas a condiciones ambientales semejantes (por ejemplo, clima, alimento e interacciones con otras especies), es probable que desarrollen rasgos similares debido a la selección natural. En la actualidad, este fenómeno se denomina "evolución convergente": la evolución independiente de características similares en organismos que pertenecen a linajes evolutivos diferentes.

En el cortometraje de HHMI, *El origen de las especies: Lagartijas en un árbol evolutivo* (*The Origin of Species: Lizards in an Evolutionary Tree*), se puede observar cómo Jonathan Losos, biólogo de la Universidad de Harvard, y sus colegas estudian la evolución convergente de las lagartijas denominadas anolis que viven en las hierbas, en los arbustos y en los árboles de las islas del Caribe. En islas diferentes, rasgos similares han evolucionado una y otra vez a medida que distintas poblaciones de lagartijas se fueron adaptando a ambientes similares. En la película, se explican varios factores que inciden en la evolución de los anolis, entre ellos la selección natural, la selección sexual y el cambio genético.

### La adaptación ha dado origen a tipos corporales diferentes

Durante aproximadamente 30 años, Losos ha estudiado la ecología y la biología evolutiva de los anolis y ha publicado más de 125 artículos científicos sobre este tema. Gran parte de su investigación se centra en los anolis que viven en las islas del Caribe más grandes, como Puerto Rico, Jamaica, Cuba y La Española (ver la Figura 2).



**Figura 2: Las islas del Caribe son el hogar de los anolis.** Las especies de anolis que se pueden observar en la película viven en Cuba, Jamaica, La Española (que abarca Haití y República Dominicana) y Puerto Rico. (Reproducido con permiso de: Losos, J. *Lizards in an Evolutionary Tree*. UC Press, 2011).

Conforme a las características corporales (morfología) y según los nichos ecológicos que ocupen, las especies de anolis del Caribe pueden clasificarse en seis grupos. Cada grupo es considerado un morfotipo ecológico o ecomorfo. Por ejemplo, en la película, primero conocemos a los anolis de hierbas y arbustos, aquellos que viven entre las hierbas y pequeños arbustos. Estos anolis son pequeños y tienen patas largas y colas impresionantemente alargadas, necesarias para balancearse en ramas finas y en las briznas de las hierbas.

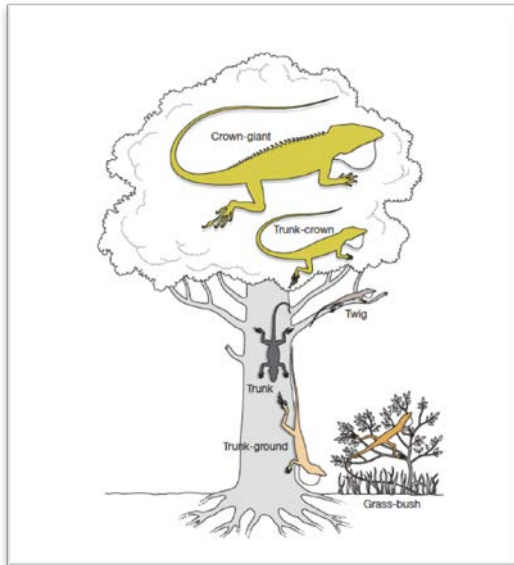
A continuación, en el Cuadro 1 se detallan los seis ecomorfos de anolis encontrados en las islas del Caribe y las características de sus cuerpos. (Cabe destacar que en la película solo se presentan cuatro ecomorfos: copa-gigante, tronco-suelo, de ramas angostas y hierba-arbusto. No en todas las cuatro islas mayores del Caribe pueden encontrarse especies de lagartijas que pertenezcan a cada uno de los seis ecomorfos.)

**Cuadro 1: Seis ecomorfos de lagartijas anolis encontrados en las islas del Caribe.**

Ecomorfo	Longitud corporal	Longitud de las extremidades	Lamellae* de las almohadillas en las patas	Longitud de la cola	Color	Hábitat
Copa-gigante (de copas de árboles)	130-191 mm	Cortas	Grandes	Larga	En general, verde	Troncos altos y ramas
Tronco-copa	44-84 mm	Cortas	Muy grandes	Larga	Verde	Troncos, ramas, hojas
Tronco	40-58 mm	Intermedias	Intermedias	Corta	Gris	Troncos
Ramas angostas	41-80 mm	Muy cortas	Pequeñas	Corta	Gris	Ramas angostas
Tronco-suelo	55-79 mm	Largas	Intermedias	Larga	Marrón	Parte inferior del tronco y suelo
Hierba-arbusto	33-51 mm	Largas	Intermedias	Muy larga	Marrón	Arbustos y hierbas

\*Las lamellae son las escamas que se encuentran en las almohadillas de las patas de las lagartijas. En general, cuantas más lamellae posean, más grandes son las almohadillas.

Las características anatómicas de los seis ecomorfos son adaptaciones que les permiten a las lagartijas sobrevivir en sus correspondientes hábitats. (En la Figura 3, se observa un ejemplo de los hábitats en donde viven los diferentes tipos de lagartijas.) Por ejemplo, en la película, Losos explica cómo las patas largas de los anolis de troncos y suelos les permiten moverse más rápido en el suelo que los anolis de ramas angostas, que tienen patas cortas. Gracias a las patas largas, que son una adaptación, los anolis de troncos y suelos no solo capturan sus presas en el suelo, sino que también evitan a los depredadores que viven en su hábitat. Pero si se los coloca en el hábitat de los anolis de ramas angostas, donde los anolis de las ramas pueden moverse fácilmente con sus patas cortas, los anolis de troncos y suelos se mueven con torpeza. Losos también muestra cómo los anolis de las copas de los árboles, con sus grandes almohadillas en las patas, están adaptados para vivir en la superficie de las hojas de las copas de los árboles.



**Figura 3: Los anolis ocupan diversos nichos ecológicos.**

Diferentes tipos de lagartijas anolis han desarrollado adaptaciones que les permiten sobrevivir en nichos específicos, por ejemplo, en distintas partes de los árboles, o en las hierbas y arbustos. En la imagen se observan los seis ecomorfos de lagartijas anolis que se encuentran en las islas del Caribe. (Reproducido con permiso de: Losos, J. *Lizards in an Evolutionary Tree*. UC Press, 2011). Crown-giant=copa-gigante, trunk-crown=tronco-copa, twig=ramas angostas, trunk=tronco, trunk-ground=tronco-suelo, grass-bush=hierba-arbusto.

Existen más de 400 especies de anolis en el mundo, de las cuales alrededor de 150 habitan en las islas caribeñas. En el Caribe, el número de especies presentes en cada isla está generalmente relacionado con el tamaño de la isla. En Cuba, la isla más grande, habitan 63 especies, y en La Española, que es la segunda isla más grande, hay 41. Muchas de las especies de cada isla pertenecen a alguno de los seis ecomorfos listados en el Cuadro 2. Note que no todas las islas albergan especies pertenecientes a todos los ecomorfos.

**Cuadro 2: Ecomorfos encontrados en las islas del Caribe.**

Ecomorfo	Copa-gigante	Tronco-copa	Tronco	Ramas angostas	Tronco-suelo	Hierba-arbusto
<b>Isla</b>						
Cuba	✓	✓	✓	✓	✓	✓
La Española	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Puerto Rico	✓	✓		✓	✓	✓
Jamaica	✓	✓		✓	✓	



**Figura 4: Cada especie de anolis pertenece a uno de los seis tipos corporales diferentes.** En el Caribe, las especies de anolis pertenecen a uno de los seis ecomorfos: copa-gigante, tronco-copa, tronco-suelo, tronco, ramas angostas y hierba-arbusto. A la izquierda, se observa un ejemplar de *Anolis ophiolepis*, ecomorfo hierba-arbusto, que habita en Cuba. Este tipo de anolis tiene una cola muy larga que le permite balancearse en ramas finas y en las briznas de las hierbas. A la derecha, se observa un ejemplar de *Anolis sagrei*, ecomorfo tronco-suelo, que habita en la isla La Española. Este tipo de anolis tiene patas largas que le permiten perseguir y cazar a sus presas en el suelo, y escaparse de sus depredadores. (Fotos cortesía de Luke Mahler, University of California, Davis.)

### La evolución convergente ha generado los mismos tipos corporales en cada isla

Hay dos posibles explicaciones para la existencia de los mismos ecomorfos en todas las islas del Caribe. Una hipótesis sostiene que todos los tipos de anolis evolucionaron en una sola isla, y luego migraron a las otras islas donde encontraron hábitats similares. Con el transcurso del tiempo, estas lagartijas experimentaron un proceso de especiación pero mantuvieron el mismo tipo corporal. Bajo esta hipótesis se esperaría que un análisis de ADN revele, por ejemplo, que la relación entre los anolis de tipo copa-gigante de todas las islas es más cercana que la relación entre anolis de los tipos copa-gigante, hierba-arbusto, tronco-suelo y de ramas angostas que habitan en una misma isla.

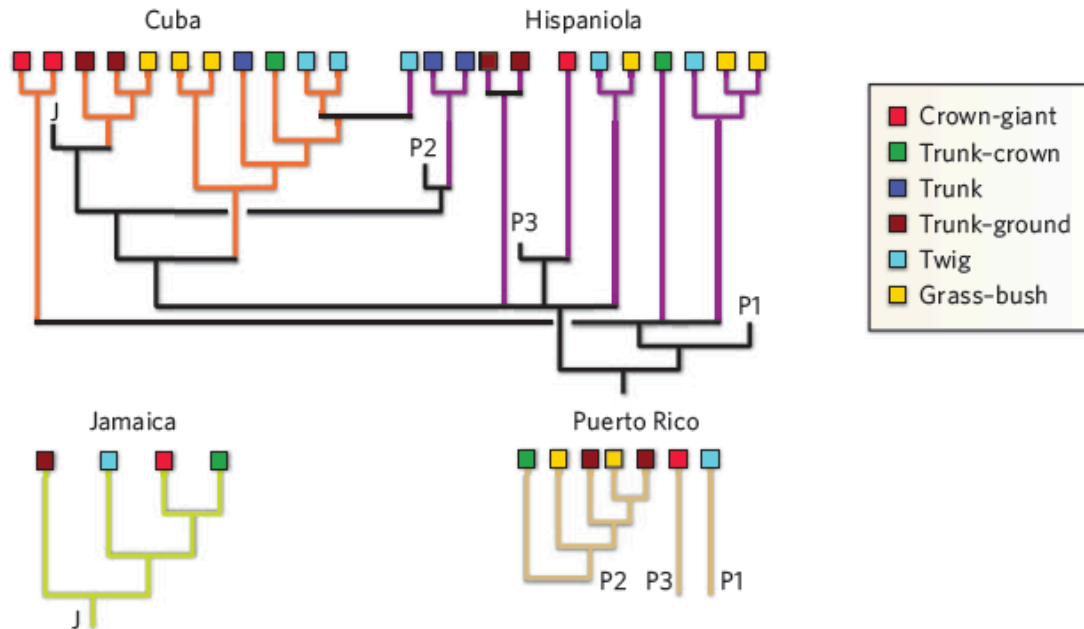
Una hipótesis alternativa es que los ecomorfos evolucionaron reiterada e independientemente en cada una de las islas. En base a esta hipótesis, se predice que los anolis habitantes de cada isla deberían tener entre sí una relación más estrecha que con especies de sus mismos ecomorfos pero que habitan en islas distintas. Jonathan Losos y sus colegas, en general, han encontrado evidencia de que este es el caso.

Luego de haber examinado secuencias de ADN de decenas de especies de anolis caribeños, descubrieron que, en general, la relación entre las especies que habitan en la misma isla tiende a ser más estrecha que la relación entre especies con los mismos tipos corporales pero que habitan en islas diferentes. Por lo tanto, se puede llegar a la conclusión de que las mismas adaptaciones evolucionaron de manera independiente en poblaciones diferentes de anolis en cada una de las islas.

En la película, se puede observar el árbol filogenético que representa la versión simplificada de los resultados obtenidos por Losos y sus colegas, resumido en la Figura 5. Es probable que el ancestro común de todas las especies de anolis haya migrado desde el continente, y luego haya establecido poblaciones de lagartijas en diferentes islas.



Una vez que las poblaciones ancestrales se establecieron en cada isla, estas comenzaron a multiplicarse y diversificarse de manera independiente, y así surgieron las especies que habitan en la actualidad. Esta conclusión es coherente con el hecho de que, en general, en cada isla, la mayoría de las especies de anolis comparten un ancestro común más cercano que el que comparten con especies de lagartijas de otras islas. No obstante, encontramos algunas excepciones, que podrían ser el resultado de migraciones entre islas.



**Figura 5: Árbol filogenético.** Un "clado" es una agrupación de especies relacionadas entre sí, que incluye al ancestro común de dichas especies y a todos los descendientes (vivos o extintos) de dicho ancestro. En esta imagen, las líneas negras horizontales conectan clados que viven en islas diferentes. Los clados de cada isla tuvieron su origen en la dispersión marina o en antiguas conexiones geológicas entre las islas. Las líneas de color representan las cuatro islas. Para evitar confusiones, se muestran por separado el clado de Jamaica (J) y los clados de Puerto Rico (P1, P2 y P3). Estos se integran a la filogenia global en las posiciones indicadas. Los resultados indican que, en general, las especies de cada isla están más estrechamente relacionadas entre sí que lo que están con las especies de otras islas, salvo algunas excepciones. Por ejemplo, algunas especies de Puerto Rico están más estrechamente relacionadas con especies de La Española que con otras especies de Puerto Rico. Esto sugiere que, en raras ocasiones, poblaciones de lagartijas migraron de una isla a otra, tal vez como consecuencia de huracanes. (Imagen reproducida con permiso de: Losos, B.J. and Ricklefs, R.E. Adaptation and diversification on islands. 2009. *Nature* 457:834.). Crown-giant=Copas-gigante, Trunk-crown=Troncos-copas, Trunk=Troncos, Trunk-ground=Troncos-suelos, Twig=Ramas angostas, Grass-bush=Hierbas-arbustos.

A pesar de que Charles Darwin no pudo haber comparado el ADN de distintas especies, él sostuvo que: "...animales de dos líneas de descendencia muy distintas pueden haberse adaptado a condiciones similares y, por lo tanto, mostrar una semejanza externa". Más de 150 años después, Losos y su equipo han demostrado que ciertamente las fuerzas de la selección natural pueden ser tan intensas que los mismos rasgos pueden evolucionar una y otra vez, y, como consecuencia, los anolis ocupan los mismos hábitats en diferentes islas caribeñas.

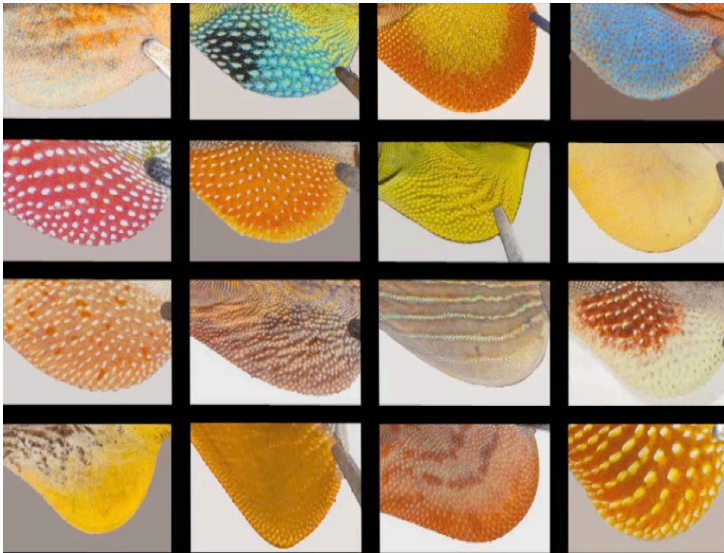
### **Aislamiento reproductivo y especiación**

Debido a la selección natural en distintos ambientes, las especies de anolis desarrollaron diferencias físicas, por ejemplo, en las colas, en la proporción de sus extremidades y en el tamaño de sus almohadillas. Pero ¿qué sucedió para que, en primer lugar, distintas poblaciones de anolis ocuparan hábitats diferentes, luego desarrollaran estas adaptaciones, y finalmente comenzaran el proceso de especiación?

Una fuerza muy importante para la especialización en nichos es la competencia por recursos limitados, por ejemplo, el alimento. Cuando la competencia por recursos es intensa, existe una selección positiva para rasgos que favorecen la división del ambiente. Los anolis, por ejemplo, se han mudado a varios hábitats, desde las hierbas y los arbustos hasta las hojas de las copas de los árboles. Generación tras generación, la selección natural favorece a aquellos rasgos que permiten que las poblaciones vivan con éxito en sus diferentes ambientes. Mediante la especialización en un nicho en particular, cada población puede acumular adaptaciones que le permitan evitar más efectivamente la depredación, encontrar más fácilmente pareja, conseguir alimento que no está disponible para otras poblaciones, o encontrar refugio.

Los diferentes nichos pueden no estar separados unos de otros por completo. Por ejemplo, los hábitats de los anolis de ramas angostas y de los anolis de las copas de los árboles se superponen en las partes más altas de los árboles, pero a pesar de compartir el espacio, las dos especies no se aparean entre sí. Por lo tanto, las adaptaciones que únicamente fomentan la explotación de nichos no son suficientes para dar origen a la especiación. Además de aquellas adaptaciones, también deben cambiarse rasgos que impidan el apareamiento y la reproducción.

En la película, Jonathan Losos explica que los colores distintivos y las formas de las papadas son rasgos que, desde el punto de vista reproductivo, mantienen aisladas a las diferentes especies de lagartijas. Menciona que no existen dos especies de anolis que vivan en el mismo lugar y que tengan papadas del mismo color y forma. (En la Figura 6, se puede observar una variedad de formas y colores de papadas.) Los anolis machos despliegan sus papadas como una señal social, en especial para atraer a las hembras. Las hembras de la mayoría de las especies también tienen papadas que, en general, son más pequeñas que las de los machos y que también utilizan para enviar señales. Según una variedad de características físicas, tales como la forma y el color de las papadas, las hembras eligen parejas de su misma especie.



**Figura 6: Diferentes tipos de papadas.** Los anolis machos utilizan coloridos colgajos de piel debajo de sus gargantas, denominados papadas, para cortejar a las hembras y para confrontarse con otros machos. Además, las papadas les permiten a las lagartijas identificar a otros miembros de su misma especie. No existen dos especies de anolis que vivan en el mismo lugar y que tengan papadas del mismo tamaño, forma o color.

Losos explica que si un grupo de anolis de una especie con papadas de color claro migrara de un hábitat con luz tenue a un hábitat abierto y soleado, sus papadas claras dejarían de ser útiles para comunicarse, ya que sería difícil que otras lagartijas pudieran verlas. Al cabo de muchas generaciones, estas lagartijas podrían desarrollar papadas de colores opacos que se destaquen mejor en el fondo iluminado. Si los miembros machos de esta población luego encontraran hembras de la población original, las hembras los rechazarían como parejas debido a que no tienen preferencia por papadas de colores opacos. Como consecuencia, las dos poblaciones quedarían aisladas reproductivamente.

Tampoco se entrecruzarían las lagartijas con distintos colores de papadas que colonizan nichos vecinos, tales como los de ramas angostas y de las copas de los árboles. Debido a que se adaptan a sus ambientes particulares, no compartirán cambios genéticos y las dos poblaciones podrán diferenciarse aún más en forma y en función. Como resultado de estos procesos, hoy en día, existe una gran variedad de tipos corporales y de colores de piel en los anolis.

#### PUNTOS DE DISCUSIÓN

- Si sus estudiantes también vieron la película *El origen de las especies: El pico del pinzón* (*The Origin of Species: The Beak of the Finch*), discuta con ellos las semejanzas y diferencias entre ambas películas. Ambas películas hacen hincapié en el papel que juega el aislamiento geográfico para establecer diferencias entre los rasgos de dos poblaciones. En la historia del pinzón, poblaciones de aves quedaron aisladas en diferentes islas, a diferencia de las poblaciones de lagartijas en el Caribe, que aparentemente quedaron aisladas dentro de una misma isla. En ambos escenarios, para que se desarrolle el proceso de especiación, se debe transitar una fase de aislamiento geográfico antes de que evolucione el aislamiento reproductivo. Posteriormente, aun si las dos poblaciones pudieran compartir la misma ubicación geográfica nuevamente, no se aparearán o no producirán crías fértiles. En el caso de los pinzones, las diferencias en el canto y en la apariencia mantienen a las especies separadas; mientras que en las lagartijas, las papadas juegan un papel clave. Tanto los pinzones como las lagartijas han dividido sus hábitats entre especies diferentes. Diferentes especies de pinzones comen distintos alimentos, mientras que las lagartijas han ocupado diferentes nichos en los árboles, en las hierbas y en los arbustos.
- En un curso de biología de nivel superior se podría cubrir los temas de especiación alopátrica, parapátrica y simpátrica. Estos son los tres mecanismos principales de especiación descritos en los libros de texto. Se

conoce como "especiación alopátrica" a la especiación que tiene lugar cuando dos poblaciones mantienen un aislamiento geográfico total y, por lo tanto, no se produce un flujo de genes entre ellas. Los cambios genéticos en una población nunca serán compartidos con la otra. En especiación "parapátrica" se produce el flujo de genes ocasional entre dos poblaciones que se encuentran geográficamente en territorios contiguos. Las poblaciones de pinzones en islas cercanas aún pueden tener flujo de genes intermitente entre ellas, aunque no es tan usual. En especiación "simpátrica" hay flujo de genes frecuente entre dos poblaciones que viven en la misma área geográfica, pero que ocupan hábitats diferentes. En casos de especiación en poblaciones simpátricas, hay selección sobre uno o más rasgos que determinan que las poblaciones queden reproductivamente aisladas. Dichos rasgos pueden incluir aquellos que afectan la apariencia, la capacidad de tolerar condiciones extremas, o la estación reproductiva de las dos poblaciones (por ejemplo, primavera vs verano). En el caso de los anolis, la mayoría de los investigadores piensan que las especies se formaron a partir de aislamiento geográfico (o especiación alopátrica). Por ejemplo, puede ser que dos grupos hayan quedado aislados en diferentes lados de un río o en las islas pequeñas que rodean a las islas más grandes. Estas diferentes poblaciones adquirieron diversos rasgos y se convirtieron en distintas especies principalmente debido a mecanismos de aislamiento que afectaron su conducta, tales como cambios en el color de las papadas que evitaron que miembros de las distintas especies se aparearan aun cuando entraran en contacto. Los peces cíclidos, que se irradiaron extensamente por los lagos de agua dulce en partes de África, América Central y Asia, son un ejemplo posible de especiación simpátrica. Sin embargo, cabe recalcar que muchos biólogos consideran que la especiación simpátrica es poco común, debido a que el flujo continuo de genes evita que las especies desarrollen características diferentes que luego excluyan el intercambio genético.

- Resáltelo a los estudiantes que Losos ha sido capaz de hacer lo que muy pocos biólogos que estudian la evolución han hecho. Él ha podido llevar a cabo experimentos para evaluar cómo la selección natural impulsa adaptaciones. Losos utiliza islas donde han desaparecido los anolis como consecuencia de los huracanes como laboratorios naturales para realizar ensayos de selección natural. En un experimento, Losos y su equipo trasladaron parejas de anolis de patas largas de una isla grande a varias islas pequeñas devastadas por los huracanes, en las cuales solo quedaban arbustos. En la película, podemos observar cómo, después de solo un par de generaciones, las poblaciones en las islas donde se habían introducido los anolis desarrollaron patas cada vez más cortas (estas son adaptaciones impulsadas por la selección natural que permiten que los anolis sobrevivan en su nuevo ambiente).
- Los estudiantes podrían preguntar si existen ejemplos de evolución convergente en grupos que no sean los anolis. Pida a los estudiantes que expliquen cómo es que grupos de especies no relacionadas como delfines, tiburones, el atún, pingüinos y el extinto Ichthyosaurus, tienen el mismo tipo corporal en forma de torpedo. Los estudiantes también encontrarán fascinante el hecho de que el patrón de ramificación de los árboles actuales evolucionó independientemente y en diversas ocasiones a lo largo de la historia evolutiva de las plantas.
- El caso más famoso de radiación adaptativa reiterada es el de los cíclidos de los Grandes Lagos de África del Este, que abarcan alrededor de 2,000 especies. En el Lago Tanganica, 250 especies de cíclidos han evolucionado durante los últimos 9 a 12 millones de años, y en el Lago Malawi, 1,000 especies lo han hecho durante los últimos 2 a 5 millones de años. De manera extraordinaria, en el Lago Victoria, con menos de 200,000 años de antigüedad, existen entre 500 y 1,000 especies. En estos lagos se han desarrollado radiaciones evolutivas de modo independiente, y cada una de ellas ha producido una deslumbrante diversidad de ecomorfos, tales como los que pastan plancton, trituran algas, filtran arena y los que subsisten mediante la depredación de huevos, entre otros. Muchos de estos ecomorfos han evolucionado

convergentemente en dos o en los tres lagos. Pero nuestro conocimiento sobre la evolución convergente de estos cíclidos es menos completa que el caso de los anolis.

- El narrador de la película, Sean Carroll, explica cómo dos grupos de organismos pueden constituir especies diferentes si los individuos de un grupo no se aparean con los del otro grupo o, en caso de aparearse, no producen crías fértiles. Este es el concepto de las especies biológicas que el biólogo evolutivo Ernst Mayr introdujo y la definición que, con más frecuencia, se enseña a los estudiantes. El concepto hace hincapié en el aislamiento reproductivo. Sin embargo, en la práctica, los biólogos evolutivos se concentran más en el tamaño, forma y color para agrupar a los individuos en distintas especies. En general, suponen que es improbable que las especies con apariencia muy diferente se entrecruzen. Las distintas especies de anolis se distinguen por la variación en la longitud de sus patas y por el tamaño y color de sus cuerpos y de sus papadas. Cuando se estudian los registros fósiles, por ejemplo, solo se dispone de los criterios morfológicos para definir especies. En la mayoría de los casos, los diferentes tipos de datos utilizados para definir las especies coinciden, por ejemplo: observación de conductas, estudio de características físicas, e incluso evaluación de la capacidad para aparearse y producir descendencia fértil. Las definiciones de las especies en el caso de filos no animales son las más difíciles, por ejemplo en protozoarios, plantas, hongos y, por supuesto, las bacterias.
- Casi al final de la película, el narrador, Sean Carroll, dice: "La simple razón por la que hay tantas especies en el mundo es que hay muchos hábitats, y cada hábitat ofrece numerosas maneras de sobrevivir". Carroll explica que, en el Serengeti, las cebras se alimentan de los pastizales altos y ásperos, mientras que los ñus se alimentan de los pastizales medianos, y las gacelas de Thomson, de los más cortos. Pida a los estudiantes que enuncien la mayor cantidad de hábitats que creen que existen en los terrenos que rodean a sus ciudades o localidades. Luego, pídale que enuncien todos los hábitats que se imaginen que estaban en los mismos terrenos hace 200 años. Si hubo algún cambio, ¿cuál ha sido? Pregunte a los estudiantes cómo algunos de los procesos evolutivos que aprendieron en la película, tales como la adaptación y la selección natural, pueden haber sido afectados por los cambios en los hábitats regionales y locales. Considere realizar el mismo ejercicio con los estudiantes, pero utilizando todo el estado o provincia como territorio.
- Jonathan Losos ha demostrado que, al contrario de lo que pensaba Charles Darwin, las especies pueden evolucionar rápidamente. Mediante sus experimentos en las islas, comprobó que la longitud de las patas cambia dentro de una o dos generaciones. Aún así, es importante ayudar a los estudiantes a que comprendan que la mayoría de los casos de especiación son poco frecuentes y que se requiere de períodos largos de tiempo geológico (millones de años) para que dos especies lleguen a ser realmente distintas y genéticamente incompatibles. No obstante, en algunos casos, la especiación ocurre en poco tiempo. Según los experimentos de Jonathan Losos y otros investigadores con los anolis caribeños, las adaptaciones, que representan los primeros pasos hacia la especiación pueden surgir con rapidez, especialmente si las fuerzas de la selección natural son fuertes.

#### RECURSOS PARA EL AULA QUE ACOMPAÑAN EL CORTOMETRAJE

**Uso de ADN para explorar la filogenia de las lagartijas** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/using-dna-explore-lizard-phylogeny>)

Los estudiantes clasifican especies de lagartijas según su apariencia, y luego preparan un árbol filogenético usando secuencias de ADN para evaluar si las especies que parecen similares están o no estrechamente relacionadas entre sí.

**Lagartijas anolis: Un ejemplo de especiación** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/anole-lizards-example-speciation>)

Esta animación usa los anolis como ejemplo de cómo una especie puede dividirse y generar muchas especies diferentes con rasgos distintivos.

**Laboratorio virtual de la evolución de las lagartijas** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/lizard-evolution-virtual-lab>)

Los estudiantes analizan la evolución de las lagartijas anolis en el Caribe.

#### OTROS MATERIALES DE BIOINTERACTIVE RELACIONADOS CON ESTE TEMA

**Agrupando Conchas Marinas** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/sorting-seashells>)

En este recurso tipo “Click and Learn” los estudiantes exploran principios taxonómicos organizando conchas de acuerdo a características morfológicas y construyendo un árbol evolutivo.

**Agrupando Especies de Pinzones** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/sorting-finch-species>)

En este recurso tipo “Click and Learn” los estudiantes exploran el aislamiento reproductivo entre especies estrechamente relacionadas organizando pinzones en base a sus canciones y apariencia.

**Creando Árboles Filogenéticos con Secuencias de ADN** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/creating-phylogenetic-trees-dna-sequences>)

Este recurso tipo “Click and Learn” explica cómo secuencias de ADN pueden servir para generar árboles filogenéticos, y cómo interpretarlos.

**Criaturas de las Galápagos** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/galapagos-creatures>)

Este video de 24 segundos de duración muestra algunas de las criaturas que Charles Darwin observó durante su breve visita a las Islas Galápagos.

**Formas Incontables las Más Hermosas** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/endless-forms-most-beautiful>)

En esta charla, Sean B. Carroll nos cuenta sobre la articulación de la teoría de la evolución a través del largo viaje, los muchos descubrimientos, y los escritos prodigiosos de Charles Darwin.

**Batallando Escarabajos** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/classroom-activities-battling-beetles>)

Esta divertida actividad pone a los estudiantes a pensar acerca de los mecanismos de selección natural a través de la recolección de datos y el reconocimiento de patrones.

**Variaciones en las Especies de Almejas *Clamys sweetus*** (<http://www.hhmi.org/biointeractive/classroom-activities-variations-clam-species-clamys-sweetus>)

Esta actividad pone a los estudiantes a pensar acerca de los mecanismos de selección natural mediante la formulación de preguntas que pueden ser contestadas a través de la investigación científica, la recolección de datos, y la identificación de patrones.

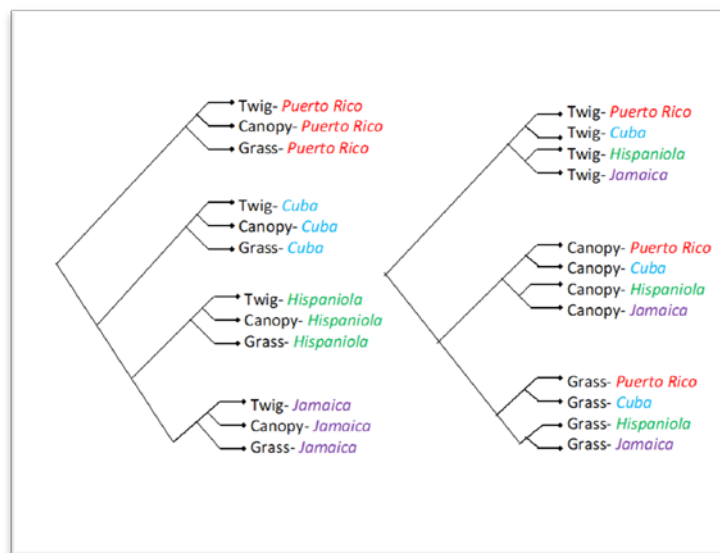
#### CÓMO USAR EL CUESTIONARIO

El cuestionario está disponible como un archivo separado para el estudiante, y está diseñado como una evaluación sumativa de la comprensión del alumno sobre los conceptos clave tratados en la película. Algunos docentes lo utilizan para repasar los conceptos o como una tarea sin calificación, que los alumnos deben realizar en casa. Se recomienda al docente que elija el uso que mejor se adapte a sus objetivos de aprendizaje y a las necesidades de los estudiantes. Asimismo, debido a la complejidad del vocabulario y los conceptos en este cuestionario, se recomienda al docente que modifique el cuestionario (por ejemplo, planteando solo algunas de las preguntas, explicando el vocabulario complicado), conforme haga falta.

**PREGUNTAS Y RESPUESTAS DEL CUESTIONARIO**

Los conceptos clave que abarca cada pregunta están indicados en esta guía. Las respuestas a las preguntas se muestran en **negrita**.

1. (Concepto clave G) En Puerto Rico, Cuba, Jamaica y La Española habitan especies de lagartijas anolis con tipos corporales diferentes, por ejemplo, lagartijas de las hierbas con colas largas; lagartijas de las copas de los árboles con grandes almohadillas en sus patas, y lagartijas de ramas angostas con patas cortas. En cada una de las cuatro islas mencionadas, podemos encontrar especies de anolis de los tres tipos corporales descritos. A continuación, en la imagen, se puede observar cómo los árboles filogenéticos ilustran las dos hipótesis de la evolución de este tipo de lagartijas. Twig=ramas angostas, canopy=copas, grass=hierbas.



a. ¿Cuáles de los enunciados en el cuadro describen con precisión lo que estos árboles filogenéticos significan?

	Árbol en el lado izquierdo de la imagen	Árbol en el lado derecho de la imagen
1	La lagartija de ramas angostas de Puerto Rico evolucionó primero y es el ancestro de todas las demás lagartijas.	La lagartija de ramas angostas evolucionó primero en todas las islas, y luego, a partir de éstas, evolucionaron las lagartijas de las hierbas y de las copas de los árboles.
2	<b>Los tipos corporales evolucionaron reiterada e independientemente en cada una de las islas.</b>	<b>Diferentes tipos corporales evolucionaron una vez, y luego poblaciones de individuos con dichos tipos corporales terminaron en distintas islas.</b>
3	Diferentes tipos corporales evolucionaron una vez, y luego poblaciones de individuos con dichos tipos corporales terminaron en distintas islas.	Existen dos ancestros de todas las lagartijas, la lagartija de las ramas angostas y la lagartija de las copas de los árboles.
4	Puerto Rico es el origen de los tres tipos corporales de lagartijas.	Cada tipo corporal evolucionó reiterada e independientemente en cada una de las islas.

b. Según la película, ¿cuál de los árboles en la imagen ilustra la hipótesis más probable acerca del modo en que las diferentes especies de lagartijas anolis evolucionaron en las islas del Caribe? (Marque una.)

el árbol de la izquierda

el árbol de la derecha

c. Usando evidencia mencionada en la película, justifique su respuesta a la pregunta anterior (Parte b).

**En la película, Jonathan Losos y sus colegas analizaron secuencias de ADN de los anolis de cada isla. Según el estudio del ADN, las lagartijas de cada isla tienden a estar más estrechamente relacionadas entre sí que con las lagartijas de apariencia similar de otras islas. Eso significa que, en general, los mismos tipos de lagartijas evolucionaron de manera independiente en cada isla.**

2. (Concepto clave F) Generación tras generación, la selección natural favorece los rasgos que permiten que las poblaciones vivan con éxito en un ambiente específico. Un científico descubrió dos especies de lagartija anolis que viven en diferentes hábitats y que poseen las características enunciadas en el cuadro. (Los científicos fundamentaron estas observaciones en una muestra de 20 lagartijas de cada una de las especies.)

Observaciones de dos especies de anolis		
Especies	A	B
Hábitat	Troncos altos y ramas	Parte inferior del tronco y suelo
Longitud corporal	130-191 mm	55-79 mm
Longitud de las extremidades	Corta	Larga
Tamaño de las almohadillas	Grandes	Intermedias
Color	Verde	Marrón
Longitud de la cola	Larga	Larga

a. Describa dos diferencias entre las dos especies de anolis.

**Las respuestas variarán. Una diferencia: la especie A vive en las partes más altas de los troncos y de las ramas de los árboles, mientras que la especie B, en la parte baja de los troncos y en el suelo. Otra diferencia: las extremidades de la especie A son relativamente cortas, mientras que las de la especie B son largas. Los tamaños de los cuerpos y de las almohadillas de las dos especies de lagartijas también son diferentes.**

b. Formule dos hipótesis para explicar por qué cada una de estas diferencias puede haber evolucionado.

**Las respuestas variarán. En base a las diferencias mencionadas en la pregunta anterior, los estudiantes podrían responder lo siguiente: (1) al vivir en las partes más altas de los troncos y de las ramas de los árboles, la especie A evita la competencia por recursos con la especie B; (2) las extremidades más largas constituyen una adaptación para poder vivir en la parte inferior de los árboles y en el suelo debido a que los individuos con extremidades más largas pueden correr más rápido, y así escapar de depredadores en el suelo, mientras que las lagartijas con patas más cortas pueden moverse con mayor facilidad en las ramas altas y delgadas de las partes altas de los árboles. En otra posible respuesta, los estudiantes pueden argumentar que las almohadillas le permiten a las lagartijas trepar con más facilidad por las superficies resbaladizas de las hojas.**

c. Describa un experimento que evaluaría una de las hipótesis mencionadas.

**Las respuestas variarán según la hipótesis que se haya mencionado con anterioridad. Una respuesta completa debería incluir lo siguiente: la hipótesis que se intente evaluar, un método controlado de prueba de la hipótesis, y una predicción cuantificable que respalde la hipótesis. Ejemplo:**

**Hipótesis – Las extremidades más largas constituyen una adaptación para poder vivir en el suelo debido a que les permiten a las lagartijas correr más rápido.**



**Método – Carreras de lagartijas. Crear una pista rectangular en el piso del aula y comparar si la especie A es más veloz que la especie B.**

**Predicción – Las lagartijas con las patas más largas serán más rápidas.**

**Los estudiantes también podrían probar la capacidad de las dos especies de lagartija para trepar una superficie resbaladiza, por ejemplo, un vidrio o un espejo.**

3. (Concepto clave D) Se considera que dos organismos pertenecen a especies diferentes si ellos
  - a. tienen diferentes apariencias, por ejemplo, distintos colores o longitudes de sus patas.
  - b. viven en áreas geográficas diferentes, por ejemplo, en distintas islas.
  - c. no se aparean ni producen crías fértiles.**
  - d. consumen distintas clases de alimento.
4. (Conceptos clave B y C) En la película, vio a Jonathan Losos colocar dos ejemplares de anolis de troncos y suelos, un macho y una hembra, en una isla sin árboles, pero con hierbas y arbustos. Losos y sus colegas visitaron la isla al año siguiente. ¿Qué había sucedido?
  - a. Los dos anolis murieron porque no había árboles donde pudieran vivir.
  - b. Los dos anolis se reprodujeron, y sus crías se adaptaron a vivir en los arbustos.**
  - c. Las patas de los dos anolis se acortaron, y sus crías heredaron patas más cortas.
  - d. Los dos anolis se reprodujeron, y no hubo diferencias significativas en sus rasgos de una generación a la siguiente.
5. (Concepto clave B) ¿Cuál de los enunciados explica mejor por qué se pueden utilizar las islas como laboratorios naturales?
  - a. Existen diferentes tipos de climas en las islas, desde muy húmedo hasta extremadamente seco.
  - b. Las islas son más pequeñas que el continente, por lo tanto, se asemejan a un laboratorio.
  - c. Las islas tienen hábitats similares, pero difieren del hábitat del continente.
  - d. Existen muchas islas pequeñas, por lo tanto, los investigadores pueden repetir sus observaciones y sus experimentos en varias islas similares.**

6. (Concepto clave C) Describa las similitudes y las diferencias entre los términos *microevolución* y *macroevolución*. **La microevolución y la macroevolución presentan una similitud: ambas suponen cambios genéticos en las poblaciones con el transcurso del tiempo. La microevolución y la macroevolución presentan una diferencia: la microevolución supone cambios dentro de las poblaciones que no evitan la reproducción entre un grupo y el otro. Mientras que en la macroevolución, los cambios dentro de las poblaciones se acumulan hasta que los individuos de un grupo ya no reconocen a los individuos del otro grupo como posibles parejas o ya no son capaces de producir crías fértiles.**

7. (Concepto clave F) Describa dos tipos de evidencia que Jonathan Losos haya obtenido mediante observaciones y experimentos que avalen la teoría de la selección natural establecida por Charles Darwin.

**Una respuesta completa debería incluir las siguientes líneas de evidencia:**

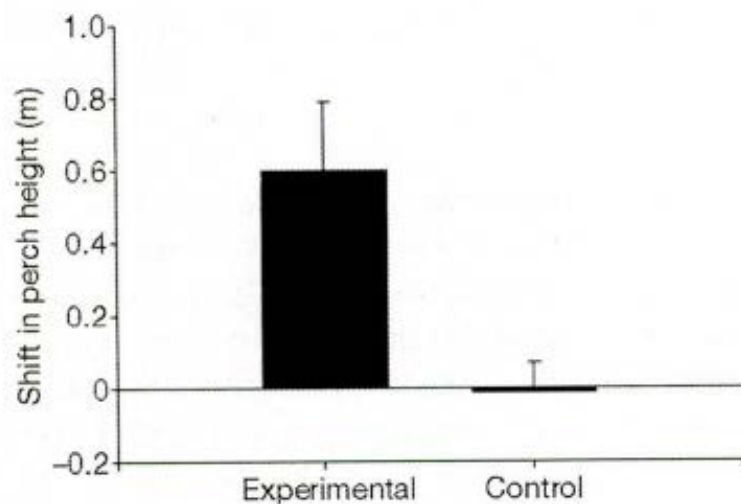
**En cada una de las cuatro islas más grandes del Caribe, Puerto Rico, Jamaica, Cuba y La Española, Losos observó la misma distribución de lagartijas con apariencia similar. Cada isla tiene lagartijas con los mismos tipos básicos corporales: anolis de hierbas y arbustos delgadas y con colas largas; anolis de troncos y suelos fornidas y con patas largas; anolis de ramas angostas con patas cortas; y anolis de las copas de los árboles con almohadillas grandes.**

Losos evaluó la teoría de la selección natural mediante el traslado de parejas reproductivas de anolis de patas largas de una isla más grande a varias islas pequeñas devastadas por huracanes, en las cuales solo quedaban arbustos. Losos recogió evidencia que sugiere que después de solo un par de generaciones, las poblaciones en todas las islas desarrollaron patas cada vez más cortas (adaptaciones impulsadas por la selección natural que permiten que los anolis sobrevivan en su nuevo ambiente).

Utilice la siguiente información y la imagen para responder las Preguntas 8-9.

En el 2003, Jonathan Losos y su equipo de investigación introdujeron de forma experimental lagartos de cola enroscada (*Leiocephalus carinatus*) en islas pobladas por anolis de troncos y suelos que viven principalmente en el suelo y tienen patas relativamente largas (Losos, J. B., T. W. Schoener y D. A. Spiller. 2004. Predator-induced behaviour shifts and natural selection in field-experimental lizard populations. *Nature* 432: 505-508). Los científicos querían saber cómo la presencia de lagartos de cola enroscada, que son depredadores de anolis, afectaría el hábitat donde vivían los anolis.

En un experimento, Losos y sus colegas midieron la “altura de percha” (o la altura a la cual colgaba una lagartija respecto del suelo) de 24 ejemplares de anolis. Luego colocaron, o bien un lagarto de cola enroscada (población experimental) o un objeto inanimado del mismo tamaño (población control) frente a anolis de troncos y suelos, y midieron la altura de percha 10 minutos después. A continuación calcularon el cambio promedio en la altura de percha de los anolis en la población experimental y en la de control. En la Figura 1, se puede observar un resumen de los resultados de este experimento.



**Figura 1.** Cambio promedio en la altura de percha ( $\pm 1$  error estándar) 10 minutos luego de haber introducido un lagarto depredador (experimental) o un objeto inanimado del mismo tamaño (control). (Imagen reproducida con permiso de: Losos, J. B., T. W. Schoener, and D. A. Spiller. 2004. *Nature* 432: 505-508.). Eje y (Shift in perch height)=cambio en la altura de percha

8. (Conceptos clave A y B) En base a la información presentada, ¿cuál fue la pregunta de investigación formulada por los científicos que condujeron este experimento?

¿Cómo evolucionan los anolis de suelos ante la presencia de un posible depredador?

o

¿Los anolis de suelos cambian su altura de percha ante la presencia de un posible depredador?

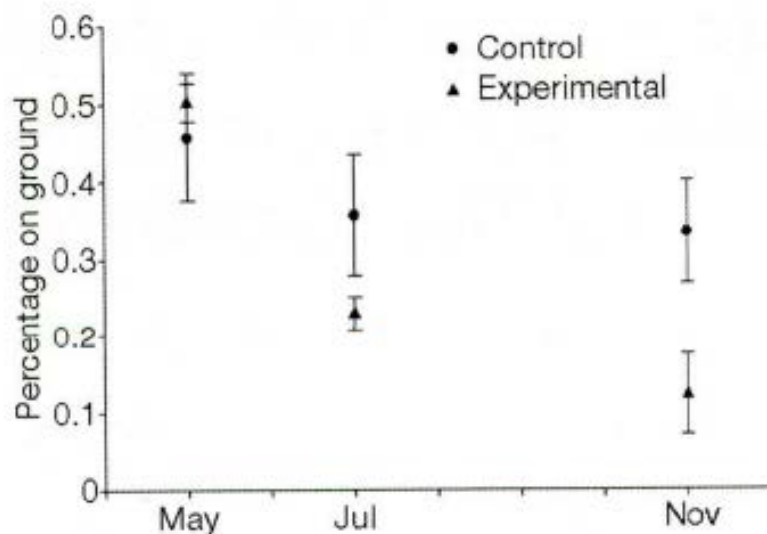
9. (Conceptos clave A y B) Con la información de la Figura 1, describa los resultados del experimento.

Ante la presencia de un lagarto de cola enroscada vivo, los anolis de suelos comenzaron a vivir en zonas más elevadas respecto del suelo. Según los datos, cambiaron su altura de percha en un promedio de 0,6 metros. En el caso de los anolis que habían sido expuestos a un objeto inanimado del mismo tamaño que un lagarto de cola enroscada, no se modificó la altura percha promedio.

**Notas adicionales:** Debata con los estudiantes el motivo por el cual Losos y sus colegas usaron un objeto inanimado en el grupo control. Con el fin de minimizar la cantidad de variables que cambian de la condición experimental a la de control, los científicos intentan utilizar exactamente el mismo protocolo. En este experimento en particular, tanto el protocolo experimental como el de control suponían la colocación de algo frente a los anolis y la medición 10 minutos después. La única variable que se modificó fue la presencia o ausencia de un depredador.

Utilice la siguiente información y la imagen para responder las Preguntas 10-11.

En otro experimento, los científicos dejaron los lagartos de cola enroscada en las islas durante varias semanas. Contaron la cantidad de lagartijas que vivían en el suelo al inicio del experimento en mayo, y luego nuevamente en julio y noviembre. En la imagen que se muestra a continuación, se puede observar el porcentaje de anolis que vivían en el suelo en las islas con lagartos de cola enroscada (población experimental) y en las islas sin lagartos (población control).



**Figura 2.** Diferencias observadas en proporciones de anolis que vivían en el suelo en la población experimental y en la de control. Se muestra la media  $\pm 1$  error estándar en todas las 12 islas. En julio, se inspeccionaron solo cuatro islas. (Imagen reproducida con permiso de: Losos, J. B., T. W. Schoener, and D. A. Spiller. 2004. *Nature* 432: 505-508.) Eje y (Percentage on the ground)=Porcentaje en el suelo

10. (Conceptos clave A y B) En base a la información mostrada, ¿cuál fue la pregunta de investigación formulada por los científicos que condujeron este experimento?

**¿Cómo afectará la presencia de un depredador el hábitat ocupado por anolis de suelos durante varias semanas?**

11. (Conceptos clave A y B) Usando la información de la Figura 2, describa el resultado del experimento.

**Luego de varias semanas, el porcentaje de anolis de suelos en la población experimental que estaba viviendo en el suelo había caído de 0,5 a casi 0,1, mientras que el porcentaje de anolis en la población control que estaba viviendo en el suelo había caído a 0,35. Algunos estudiantes podrán señalar que, en general, las**

**lagartijas tienden a estar menos en el suelo desde mayo hasta noviembre, y que dicha tendencia se acentúa con la presencia de depredadores. (Según Jonathan Losos, la causa de esta tendencia no ha sido clarificada, pero tal vez tenga que ver con cambios de clima.)**

12. (Conceptos clave A y B) Proponga una explicación científica para los resultados de los experimentos resumidos en las Figuras 1 y 2. (Sugerencia: Póngase en el lugar de los anolis en cada experimento.)

**Según los experimentos, básicamente ante la presencia de un depredador, las lagartijas se desplazan hacia las partes más altas de los árboles, y cuando el depredador está en la isla, es menos probable que se los encuentre en el suelo. Se supone que no están en las partes más altas de los árboles todo el tiempo porque el depredador no siempre está frente a ellos.**

13. (Conceptos clave C-F) Si a los lagartos de cola enroscada se les dejara en las islas durante varios años, prediga cómo los cuerpos de los anolis de troncos y suelos pueden llegar a cambiar luego de varias generaciones viviendo en presencia de lagartos de cola enroscada.

**Luego de varias generaciones, es probable que los anolis que viven en los arbustos tengan extremidades más cortas.**

**Notas adicionales: Es razonable que los estudiantes hagan esta predicción. Lo que realmente descubrió Losos es que durante los primeros meses, los anolis en las islas tenían, en promedio, extremidades más largas.**

**Gracias a las extremidades largas los anolis tenían una ventaja porque podían correr más rápido y escaparse de los depredadores cuando estaban en el piso. Generación tras generación, sin embargo, la longitud promedio de las extremidades disminuyó. Esto puede deberse al hecho de que los anolis comenzaron a vivir en zonas más elevadas respecto del suelo, donde las extremidades cortas eran más útiles.**

## BIBLIOGRAFÍA

Darwin, C. 1867. Letter. In F. Burkhardt, D. M. Porter, S. A. Dean, S. Evans, S. Innes, A. M. Pearn, A. Sclater, and P. White, eds. 2006. *The correspondence of Charles Darwin: volumen 15, 1867*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Kocher, T. D. 2004. Adaptive evolution and explosive speciation: the cichlid fish model. *Nature Reviews Genetics* 5:288-298.

Losos, J. 2011. *Lizards in an Evolutionary Tree*. University of California Press, Berkeley, CA.

## AUTORES

Versiones originales en inglés: Escrito por Paul Strode, PhD, Fairview High School, Boulder, Colorado y Laura Bonetta, PhD, HHMI; cuestionario elaborado por Paul Strode y Mary Colvard, Cobleskill-Richmondville High School, Deposit, New York (retirada).

Editado por Susan Dodge, Laura Bonetta, PhD y Dennis Liu, PhD, HHMI y Ann Brokaw, Rocky River High School, OH; corregido por Linda Felaco

Revisado por Jonathan Losos, PhD

Evaluated in the classroom by Marty Buehler, Hastings High School; Deborah Charles, Amityville Union Free School District; Robin Cochran-Dirksen, Lead-Deadwood High School; Karen Davis, Canyon High School; David Knuffke, Deer Park High School; Noreen Kohler, Phoenix Academy; Katie Lodes, St. Joseph's Academy; Valerie May, Woodstock Academy; Patricia Richards, Walter Johnson High School.