GUÍA DETALLADA DEL CORTOMETRAJE

DESCRIPCIÓN

Los paleontólogos han estudiado el registro fósil de la evolución humana de la misma forma que han estudiado el de otras transiciones importantes, entre ellas, la de peces a tetrápodos y la de dinosaurios a aves. El cortometraje *Grandes Transiciones: El Origen de los Humanos* resalta los principales descubrimientos fósiles de homínidos realizados durante los últimos 50 años y el conocimiento que aportan a la evolución humana. El cortometraje destaca tres características clave: el bipedalismo, el uso de herramientas y el gran tamaño cerebral.

CONCEPTOS CLAVE

A. El registro fósil detalla la historia de la vida en la Tierra, lo que incluye transiciones entre los principales grupos de animales.

B. Charles Darwin propuso que los humanos y los simios Africanos compartieron un ancestro común relativamente recientemente. Tanto el registro fósil como la evidencia genética concuerdan con esta hipótesis.

C. La evidencia proporcionada por el ADN indica que el linaje humano se separó del linaje de nuestro pariente más cercano, el chimpancé, hace unos 7 millones de años, dato que coincide con la evidencia fósil.

D. Las características que distinguen a los humanos modernos de los chimpancés modernos incluyen el bipedalismo (o la capacidad de caminar erguido en dos piernas), el uso extenso de herramientas y un cerebro grande. La evidencia fósil proporciona información sobre cuándo y dónde evolucionó cada una de dichas características.

E. La forma en que ciertas características distintivas han evolucionado demuestra que, al igual que otras transiciones importantes, la evolución del hombre a partir de simios cuadrúpedos ocurrió en distintas etapas.

F. La evidencia fósil revela que el bipedalismo surgió hace más de 4 millones de años y antecede al uso de herramientas y a la evolución de un cerebro grande por al menos un millón de años.

G. Los fósiles proporcionan evidencia sobre el ambiente en el que vivían las distintas especies. Por ejemplo, el bipedalismo surgió cuando nuestros ancestros aún vivían en bosques y trepaban árboles.

H. La búsqueda y la identificación de fósiles es una tarea difícil y toma mucho tiempo. Casi ninguno de los individuos que vivieron en la Tierra han dejado evidencia fósil de su existencia.

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

Currículo	**Estanándares**
NGSS (2013)	MS-LS4-1, MS-LS4-2, MS-ESS1-4, HS-LS4-1
AP (2012–13)	1.A.4, 1.B.2
IB (2009)	5.4.2, D.3.5, D.3.6, D.3.7–3.10
Libro	**Secciones y capítulos**
Miller and Levine, *Biology* (2010 ed.)	16.4, 19.1, 26.3

Reece *et al.*, *Campbell Biology* (AP ed., 9th ed.)	22.3, 25.2, 34.8

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Sería útil que los estudiantes:

- estén familiarizados con el concepto del árbol de la vida y sepan que los humanos son parte del grupo de los primates, y que los chimpancés son nuestros parientes vivientes más cercanos,
- tengan una comprensión básica del concepto de que las especies descienden de otras especies, y
- sepan que los científicos cuentan con métodos para determinar la edad de los fósiles

PUNTOS DE PAUSA

La película *Grandes Transciciones* 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	Estándares (EU)
1	0:00	5:02	• Las características que distinguen a los humanos son un mayor tamaño cerebral, el bipedalismo y el uso de herramientas. Cada una de ellas nos diferencia de nuestros parientes primates vivientes más cercanos. • Charles Darwin predijo que un día se encontrarían fósiles en África que apoyarían la hipótesis de que los humanos y los grandes simios tienen un ancestro en común. • Tal como lo predijo Darwin, los primeros fósiles de homínidos antiguos (parientes cercanos de los humanos) y de las herramientas que posiblemente utilizaban, se encontraron en África. • Homínidos que vivieron hace 1.8 millones de años ya tenían cerebros más grandes que los de los chimpancés modernos, eran bípedos y utilizaban herramientas.	• ¿Por qué los Leakey decidieron buscar fósiles de homínidos en África? • ¿Qué evidencia apunta a que más de una especie de homínido vivía en África hace 1.8 millones de años?	NGSS (Abril 2013) MS-LS4-1, MS-LS4-2 AP Biology (2012–13) 1.A.4 IB Biology (2009) 5.4.2, D.3.5, D.3.6
2	5:03	11:53	• Con la ayuda de biomoléculas como el ADN, los investigadores han estimado que los humanos modernos y los chimpancés han evolucionado en forma independiente durante casi 7 millones de años. • Únicamente los fósiles y sus entornos antiguos pueden revelar dónde y cuándo surgieron las características que distinguen a los	• ¿Qué rasgos del esqueleto de Lucy sugieren que era bípeda? • Además de sus huesos, ¿qué otra evidencia sugiere que el *Australopithecus* era bípedo? • ¿Qué rasgo	NGSS (Abril 2013) MS-LS4-1, MS-ESS1-4 AP Biology (2012–13) 1.A.4 IB Biology (2009) 5.4.2, D.3.5

			humanos. • La geología volcánica de África oriental permite a los geólogos datar con precisión las capas de sedimento y, por ende, los fósiles. • Lucy (*Australopithecus*) vivió hace 3.2 millones de años y era bípeda, aunque no utilizaba herramientas ni tenía un cerebro grande.	evolucionó primero en los homínidos: el uso de herramientas o el bipedalismo? ¿Cómo lo sabemos?	
3	11:54	15:23	• Ardi (*Ardipithecus ramidus*) vivió hace 4.4 millones de años y, al igual que Lucy, tenía un cerebro pequeño, no utilizaba herramientas y era bípeda. A diferencia de Lucy, Ardi tenía la capacidad de trepar.	• ¿Por qué el Dr. Tim White y su equipo buscaban fósiles en sedimentos mucho más antiguos de los que contenían a Lucy? • ¿Qué evidencia sugiere que Ardi tenía la capacidad de trepar? • ¿Qué quiere decir el Dr. White cuando llama a Ardi un "mosaico"?	NGSS (Abril 2013) MS-LS4-1 AP Biology (2012–13) 1.A.4 IB Biology (2009) 5.4.2, D.3.5
4	15:24	19:44	• Durante mucho tiempo, los científicos predijeron que el bipedalismo evolucionó en un ambiente de pradera, pero la evidencia fósil sugiere que esto ocurrió mientras nuestros ancestros vivían en un hábitat de bosque y seguían pasando tiempo en los árboles. • Las herramientas de piedra permitieron a los primeros humanos (género *Homo*) competir con recolectores y depredadores, ampliar su dieta y, finalmente, expandirse más allá de África. • Los paleontólogos siguen descubriendo fósiles de homínidos que revelan aún más detalles sobre la evolución del hombre. • Ahora contamos con miles de fósiles de homínidos que datan de los últimos 6 millones de años y que documentan cómo ocurrió la evolución del humano moderno, es decir, mediante una serie de pequeñas fases, durante un período de tiempo geológico prolongado, a partir de simios cuadrúpedos con cerebros pequeños.	• ¿Qué evidencia encontró el equipo del Dr. White que sugiere que Ardi vivía en un bosque? • ¿Cuáles son las tres etapas principales de la evolución humana? • ¿Qué quiere decir el Dr. White cuando dice que los miembros del género *Homo* son "primates tecnológicos"? • ¿Cómo nos ha revelado la paleontología la forma en que nos convertimos en humanos?	NGSS (Abril 2013) MS-LS4-1, MS-LS4-2 AP Biology (2012–13) 1.A.4 IB Biology (2009) 5.4.2, D.3.5

ANTECEDENTES

No fue sino hasta la publicación de *El Origen del Hombre* en 1871, 12 años después de *Sobre el Origen de las Especies*, que Charles Darwin escribió acerca de la evolución humana. En *El Origen del Hombre*, él propuso la hipótesis de que los humanos y los simios modernos compartían un ancestro en común que vivió en África. Predijo que un día se encontraría evidencia fósil en África que apoyaría esta hipótesis, y tuvo razón. La película *Grandes Transiciones: el Origen de los Humanos* explora varios descubrimientos fósiles de África y lo que revelan sobre la evolución del hombre.

¿Qué son los Humanos?

Los humanos son **primates**, al igual que otras especies que nos son familiares como el lémur, el gibón y el chimpancé (Figura 1). Los primates se distinguen por características como ojos dirigidos hacia adelante, dientes diversificados, clavículas, uñas en lugar de garras en los dedos de pies y manos y una gran movilidad en el dedo pulgar. Dentro de los primates, los humanos pertenecen a los grandes simios, también conocidos como **homínidos**, una familia que incluye a todos los primates sin cola, como orangutanes, gorilas y nuestros parientes más cercanos, los chimpancés y los bonobos.

Miembros del linaje humano en el grupo homínido son conocidos como homíninos, un término que no se usa en el cortometraje pero que es usado en la literatura científica para referirse a homínidos bípedos. Los homíninos incluyen al género *Homo* (que incluye a los humanos actuales) y a sus parientes cercanos, como *Australopithecus* y *Ardipithecus*. Todos los homíninos, con la excepción de los humanos modernos, están extintos.

En el cortometraje, el Dr. Sean Carroll explica que los miembros de nuestra especie, *Homo sapiens*, se diferencian de otros primates por tres características principales: cerebros más grandes, el bipedalismo y el uso de herramientas. Dichas características deben de haber evolucionado después de que el linaje humano se separó de otros primates. Examinando el registro fósil, los científicos pueden determinar cuándo y dónde evolucionaron estas tres características distintivas (Figura 2).

Primeros hallazgos fósiles

"El 17 de julio, en la Garganta de Olduvai, territorio de Tanganyika, en el sitio FLK, mi esposa encontró un cráneo de homínido, a una profundidad aproximada de 22 pies bajo el límite superior del Lecho I". Esta es la primera línea del ahora famoso artículo escrito por el Dr. Louis Leakey y publicado en la revista *Nature* en 1959, el cual anunciaba el descubrimiento del fósil *Zinjanthropus boisei*, de 1.76 millones de años de antigüedad (clasificado actualmente como *Paranthropus boisei*). Durante tres décadas, los Leakey habían estado buscando evidencia de evolución humana en la Garganta de Olduvai, Tanzania, pero solo habían encontrado herramientas de piedra. Finalmente, creyeron que habían encontrado al fabricante de aquellas herramientas. En el artículo en *Nature*, el Dr. Leakey propuso que esta especie era "el fabricante de herramientas de piedra más antiguo descubierto hasta el momento", pero hallazgos posteriores hicieron que se replanteara esa afirmación.

Figura 1. Árbol familiar de los primates. Los humanos pertenecen al orden de los primates, y Darwin había observado que los humanos compartían muchas características con los grandes simios africanos. Los estudios realizados en el ADN muestran que los chimpancés y los bonobos son nuestros parientes vivientes más cercanos, y que compartimos un ancestro en común con ellos, que vivió hace unos 7 millones de años.

Los Leakey asumieron que *Paranthropus* era el fabricante de las herramientas porque el cráneo se encontró en la misma capa de sedimento que contenía herramientas de piedra. No obstante, análisis posteriores realizados en el cráneo indicaron que los grandes dientes posteriores y la cresta sagital que servía para sostener los grandes músculos de la mandíbula ponían a esta especie en una "rama lateral" del árbol familiar humano, con adaptaciones para masticar alimentos duros, pero no para usar herramientas para procesar alimentos.

Dos años después del descubrimiento de *Zinjanthropu*, el hijo de los Leakey, Jonathan, descubrió un nuevo fósil, ligeramente más antiguo (1.8 millones de años), al que se apodó "Homínido de Olduvai número 7" u "OH7". El nuevo fósil, con un cráneo más parecido al del humano moderno, hizo pensar a los Leakey que se trataba del verdadero fabricante de herramientas, así que lo llamaron *Homo habilis*, es decir, "hombre hábil". Por primera vez en la paleontología humana un carácter relacionado con una conducta, la fabricación de herramientas, era usado para definir a una especie.

¿Cómo podemos estar seguros de que *Homo habilis* era el fabricante de herramientas? La respuesta es que no podemos estar seguros. El hecho de que *Homo habilis* pareciera estar más estrechamente relacionado con el humano moderno y que tuviera un cerebro de mayor tamaño que el de *Paranthropus* lo convirtió en el candidato más factible para serlo. No obstante, no podemos excluir la posibilidad de que *Paranthropus* también haya fabricado o utilizado herramientas.

La importancia de las herramientas de piedra

Las herramientas de piedra encontradas por Louis y Mary Leakey eran simples. Existe evidencia de que los primeros humanos dieron forma a esas herramientas para que tuvieran bordes afilados con los que cortar la carne de los cadáveres de animales y luego triturar los huesos para llegar hasta la médula rica en grasa. Aunque se sabe que otros animales fabrican y utilizan herramientas, estas herramientas hechas a mano están asociadas con el linaje humano. Las herramientas de piedra más antiguas fabricadas por homíninos, fechadas con precisión e identificables mediante diagnóstico, datan de hace 2.6 millones de años. Sin embargo, el descubrimiento en el 2010 de marcas de cortes en huesos fosilizados de mamíferos, por un equipo liderado por Zeresenay Alemseged en Etiopía sugiere que los homíninos pueden haber estado usando herramientas hace 3.4 millones de años.

Lucy

El 24 de noviembre de 1974, el Dr. Donald Johanson y su equipo de paleobiólogos descubrieron casi la mitad del esqueleto fosilizado de un homínino que vivió hace casi 3.2 millones de años. Le dieron al fósil el nombre de "Lucy" y le asignaron la especie *Australopithecus afarensis*.

Los huesos de esta especie indican que *A. afarensis* era un bípedo. La forma de la pelvis y las rodillas de Lucy le permitían balancearse en una pierna a la vez, lo que es un requisito para caminar eficientemente con una postura erguida. El descubrimiento de un sendero de huellas fósiles de 3.6 millones de años de antigüedad, denominado "las huellas de Laetoli", en los límites de la llanura del Serengueti, Tanzania, aportó más evidencia en favor de que el *A. afarensis* era un bípedo.

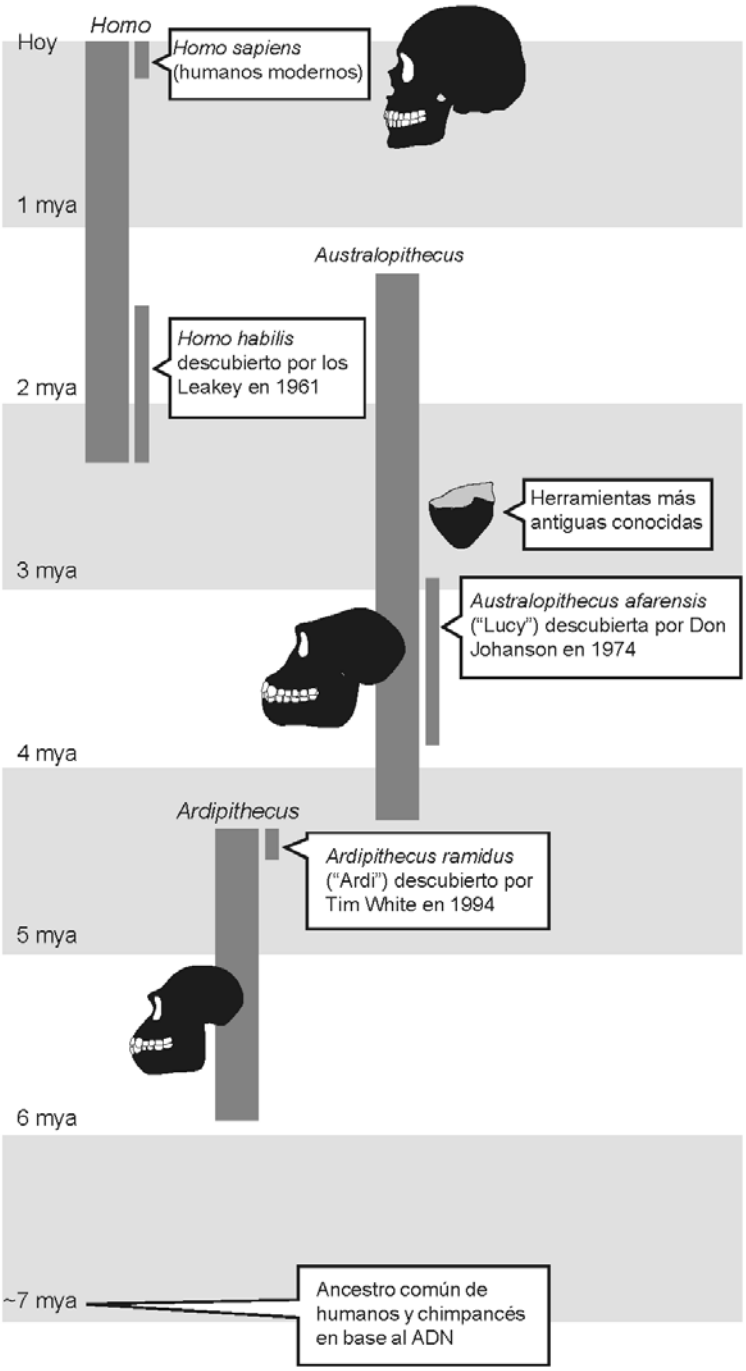

Figura 2. Principales hallazgos fósiles La película describe tres fósiles homíninos clave: el *Homo* temprano (*Homo habilis*), Lucy (*Australopithecus afarensis*) y Ardi (*Ardipithecus ramidus*), los cuales se muestran aquí en una línea temporal geológica. Cada una de estas tres especies pertenecen a un grupo o género que, a su vez, también contiene otras especies que no aparecen en esta figura. Para una descripción temporal más detallada de la evolución humana, puede visitar el interactivo http://humanorigins.si.edu/evidence/human-evolution-timeline-interactive de la Smithsonian Institution. Nota: "mya" significa "millones de años atrás" por sus siglas en inglés.

Fósiles de *A. afarensis* aún más antiguos han datado la evolución del bipedalismo hace por lo menos 3.9 millones de años. En lo que respecta al tamaño del cerebro, el Dr. Johanson y sus colegas analizaron los fragmentos del cráneo de Lucy y de otros fósiles de *A. afarensis* y determinaron que sus cerebros tenían un tamaño de entre 380 y 550 centímetros cúbicos (cc o cm^3); es decir, eran más grandes que el del chimpancé moderno promedio (unos 400 cm^3), pero mucho más pequeños que el del humano moderno promedio (unos 1,300 cm^3).

Ardi

Un equipo internacional descubrió el esqueleto parcial de *Ardipithecus ramidus*, de 4.4 millones de años, apodado “Ardi”, en 1994. En la película, el Dr. White describe la especie como "ni chimpancé, ni humano". ¿Qué quiere decir con esto?

Ardi tenía la parte anterior del pie rígida. Esto posiblemente le servía como palanca para darse impulso al caminar erguida. En contraste, los huesos de los pies de los chimpancés son más flexibles, tan flexibles como los de sus manos. Sorprendentemente, Ardi tenía un dedo gordo oponible en el pie, que hubiera podido usar para agarrase mientras se movía por entre los árboles. La parte superior de la pelvis de Ardi (el íleon) estaba ensanchada hacia cada lado, lo que le permitía tener grandes músculos glúteos, necesarios para mantener el equilibrio y el movimiento hacia delante durante el desplazamiento en posición erguida. No obstante, la parte inferior de la pelvis (el isquion) se parecía más a la de un chimpancé que a la del hombre moderno. El cráneo de Ardi era pequeño y su volumen cerebral era de 300 a 350 cm^3, como el de un chimpancé, pero la médula espinal estaba directamente debajo el cráneo, lo que le permitía ver hacia delante sin problemas al estar parada y caminando erguida. En los chimpancés, la médula ingresa al cráneo por detrás, y en efecto los chimpancés pasan la mayor parte de su tiempo en cuatro patas, con la espalda en posición paralela al suelo.

Si se la examina en conjunto, la evidencia suministrada por el esqueleto de Ardi sugiere que era bípeda, pero que tenía capacidades para trepar superiores a las del *Australopithecus*. El Dr. White y su equipo no solo determinaron que el origen del bipedalismo ocurrió hace más de 4.4 millones de años, sino que también descubrieron que esa capacidad surgió mientras nuestros ancestros aún trepaban árboles.

Otras características importantes

Algunas características que no se analizaron en la película pero que también difieren entre el hombre y otros grandes simios incluyen la forma y el tamaño de los dientes, en particular, los caninos. Los chimpancés macho tienen caninos prominentes y puntiagudos, los cuales muestran para competir con otros machos por estatus social y hembras. En comparación, los caninos humanos son pequeños, no muy puntiagudos y similares en tamaño entre hombres y mujeres. La especie de Ardi tenía caninos menos puntiagudos que los del chimpancé, y no tan diferentes entre hembras y machos (aunque si había alguna diferencia). La especie de Lucy tenía caninos aún menos puntiagudos.

Cuadro 1. Diferentes características de los homíninos

Especie	Fabricación de herramientas	Volumen cerebral (cm^3)	Caninos más grandes	Adaptaciones al bipedalismo
Humano moderno	Sí	Aprox. 1,350	No	Sí
Homo habilis	Sí	650–680	No	Sí
Australopithecus afarensis	No	380–550	Sí	Sí
Ardipithecus ramidus	No	300–350	Sí	Algunas

¿En la sabana o en el bosque?

Desde los años 1970s, la mayoría de paleoantropólogos razonaron que el bipedalismo surgió en los homíninos como una forma de adaptación a vivir en las vastas praderas de África oriental y meridional. El caminar erguidos también les habría permitido a los primeros homíninos ver a posibles depredadores y defenderse con armas de mano, ventajas en una zona expuesta y vasta como la sabana.

En 1981, no obstante, al antropólogo Dr. C. Owen Lovejoy sugirió que, dado el riesgo de depredación existente en el ecosistema de la sabana y la variedad de hábitats disponibles para los primeros homíninos, el hábitat más probable para la evolución de la postura erguida era el bosque o bien una combinación de bosque y pradera, pero no la pradera únicamente. El Dr. Tim White y su equipo, quienes analizaron decenas de miles de fósiles de plantas y animales recuperados del medioambiente en el que vivió Ardi, proporcionaron evidencia convincente para esta hipótesis.

PUNTOS DE DEBATE

- Asegúrese de corregir el concepto erróneo en algunos estudiantes de que la evolución procede de forma lineal. Recuérdele a sus estudiantes que los fósiles de homíninos discutidos en el cortometraje probablemente no son ancestros directos de los humanos modernos. El *Ardipithecus* no evolucionó para convertirse en *Australopithecus*, y el *Australopithecus* no evolucionó para convertirse en humanos modernos. Explore la complejidad del árbol genealógico de los humanos que se puede encontrar en el sitio de los Orígenes Humanos de la Smithsonian Institution: http://humanorigins.si.edu/evidence/human-family-tree
- ¿Son los fósiles de homíninos que se muestran en el cortometraje los únicos que se han encontrado? Explique a sus estudiantes que se han descubierto muchos más fósiles de homíninos. La película se centra en tres fósiles clave que ilustran las distintas etapas de la evolución del hombre y que se destacan por estar casi completos. Muchas veces, los científicos solo encuentran partes de fósiles. Discuta con sus estudiantes qué tan raro es encontrar un fósil. La mayoría de los organismos al morir son consumidos o se deterioran antes de que puedan convertirse en fósiles.
- Los estudiantes probablemente reconocerán que el hombre moderno (*Homo sapiens*) y otros homínidos no son las únicas especies que utilizan herramientas. En 1960, la

bióloga y primatóloga Dra. Jane Goodall fue la primera en documentar chimpancés salvajes utilizando ramitas modificadas para extraer termitas. Otros animales, entre ellos, los delfines, las nutrias de mar y los orangutanes, también son conocidos por utilizar herramientas, y esa característica no se limita a los mamíferos, ya que muchos pájaros y hasta los pulpos también las utilizan. Así que, ¿puede considerarse el uso de herramientas como una característica distintiva del hombre moderno? Algunos argumentan que, a diferencia de otras especies que usan herramientas, los humanos no podríamos sobrevivir sin ellas. Los humanos también nos diferenciamos por nuestra habilidad para fabricar herramientas usando otras herramientas. Pregunte a sus estudiantes si están de acuerdo con este argumento, y cómo difiere el uso de herramientas entre humanos y otros animales.

- Otra de las características "humanas", el bipedalismo, puede confundir a los estudiantes, ya que otras especies (como los pájaros) también caminan completamente en dos patas. Explique que existen tres modos principales de locomoción sobre pies: los animales ungulígrados como los caballos, que caminan sobre las puntas de los dedos; los digitígrados, entre ellos, los pájaros y los gatos, que caminan apoyándose en la parte plana de los dedos (almohadillas); y los plantígrados, entre ellos, los osos y los humanos, que apoyan la superficie completa del pie al caminar.

  Es cierto que muchos pájaros son bípedos, pero no son plantígrados. Y, aunque los osos y los chimpancés son plantígrados (como los humanos), no son bípedos. Los chimpancés pueden caminar distancias cortas parados en sus patas traseras, pero se tambalean porque sus patas bajan directamente de sus caderas. No pueden poner un pie frente al otro y en consecuencia, se fatigan rápidamente. El hombre y sus ancestros bípedos tienen piernas que bajan en ángulo desde la cadera, lo que les permite colocar un pie delante del otro y equilibrarse temporalmente sobre una pierna a la vez. La locomoción humana es eficiente y los humanos son los únicos bípedos plantígrados. La característica del bipedalismo, como muchas otras, surgió más de una vez en la historia de la vida. A lo largo del linaje humano, un tipo singular de bipedalismo surgió en la forma de un simio arborícola adaptado a la vida en el suelo. En el linaje de las aves, otro tipo distinto de bipedalismo evolucionó.

- Puede que los estudiantes (y muchos docentes) hayan conocido únicamente la hipótesis de la sabana como explicación de la selección de la postura erguida en la evolución de los ancestros del hombre. Utilice este ejemplo para ilustrar cómo la ciencia se autocorrige. Pregunte a los estudiantes si la evidencia presentada por el Dr. White en el cortometraje los convenció de aceptar la hipótesis de los bosques. Hágales notar que la nueva evidencia hizo que los científicos desecharan una idea que estaba bien arraigada (la hipótesis de la sabana). Pregúnteles qué futura evidencia podría hacer que se modifique la hipótesis de los bosques. ¿Qué ocurriría, por ejemplo, si se descubriera un homínino bípedo aún más antiguo, pero que hubiera vivido en la sabana? ¿Cómo cambiaría este descubrimiento la hipótesis acerca del origen del bipedalismo?

- Pregunte a sus estudiantes sobre la hipótesis de que el *Homo habilis* y no el *Paranthropus boisei* fue el fabricante de herramientas. ¿Qué evidencia respalda esta hipótesis? Los Leakey concluyeron que, probablemente, el *Homo habilis* fue el fabricante de herramientas, dado su parecido con el hombre moderno, aunque tanto el *Homo habilis* como el *Paranthropus boisei* fueron descubiertos en la misma capa de sedimento que las herramientas de piedra.

- El tamaño cerebral es una de muchas características que cambian gradualmente, en lugar de estar presentes o no en un determinado momento. No existe un umbral para considerar un cerebro como "grande" o "pequeño". En general, el tamaño cerebral aumentó entre los homíninos con el tiempo, de 300-350 cm^3 en el caso de Ardi, hasta 1,350 cm^3 como promedio en el hombre moderno. Hace aproximadamente 800,000-200,000 años, el aumento del tamaño cerebral empezó a superar los aumentos del tamaño corporal, lo cual coincidió con un período de rápido cambio climático. Pregunte a sus estudiantes qué pudo haber causado este período de rápido crecimiento cerebral. Algunos científicos han propuesto que una mayor capacidad para resolver problemas complejos (lo cual se asocia con cerebros más grandes) hubiera sido una ventaja selectiva en este ambiente cambiante. Esté atento por si dan respuestas que sugieren que distintas características (como el uso de herramientas) surgieron por necesidad: ¡el hombre no desarrolló un cerebro más grande porque necesitara utilizar herramientas! Lo que sí es posible es que el mayor tamaño cerebral facilitó la resolución de problemas más complejos y un mayor uso de herramientas.
- En la película, el Dr. Tim White afirma "…pies humanos, todos estamos acostumbrados a verlos, pero son realmente extraños". ¿Qué quiere decir con esto? Aquí el Dr. White está describiendo el descubrimiento de las huellas de Laetoli, que indican que el *Australopithecus afarensis* tenía el mismo tipo de "pies raros" que el hombre moderno. Ningún otro primate moderno tiene pies con arcos prominentes y sin un dedo gordo grande para sujetar.
- Aprender acerca de la evolución del hombre puede presentar un desafío para algunos estudiantes, dado que puede contradecir directamente ideas no científicas, pero importantes, sobre el origen de los humanos. Puede que les sea más fácil a estos estudiantes aceptar los hechos si se presenta e interpreta la evidencia de la evolución humana a partir de un ancestro primate, de la misma manera como se presenta la evidencia relacionada con cualquier otro animal. Haga hincapié en lo que dice el Dr. Carroll al final de la película: "De la misma manera que los animales de cuatro patas evolucionaron de sus ancestros los peces, y las aves evolucionaron de sus ancestros los dinosaurios por una serie de pequeños pasos por un largo tiempo geológico, nosotros evolucionamos a partir de simios con cerebros pequeños, cuadrúpedos, por un largo período de tiempo que ahora está bien documentado en el registro fósil." Si no aceptan las conclusiones presentadas en el cortometraje, pregunte a sus estudiantes qué tipo de evidencia sería necesaria para que acepten que el hombre ha evolucionado de simios cuadrúpedos.

PREGUNTAS Y RESPUESTAS DE EVALUACIÓN

Este cuestionario se desarrolló como complemento a la película *Grandes Transiciones: El Origen de los Humanos.* Antes de ver la película, se introduce a los estudiantes a algunos conceptos clave que son necesarios para comprender por completo la importancia de la evidencia que se presenta en la película. Luego, los estudiantes responden a un cuestionario previo, ven la película, y responden a otro cuestionario después de ver la película.

Procedimiento

1. Antes de ver la película, muestre a sus estudiantes el árbol filogenético que aparece en la **Figura 1** de este documento. Expique a los estudiantes cómo interpretar el árbol. Enfatice que todos los animales en la figura son primates. Dígales que desde hace algún tiempo los científicos han reconocido que el hombre forma parte del grupo de vertebrados conocido como primates. Los primates comparten ciertas características, como manos y pies prensiles, uñas en lugar de garras, visión a color, y un comportamiento social complejo.
2. Haga que sus estudiantes identifiquen animales que pertenecen al grupo de los homínidos.
3. Destaque el linaje que va desde la división de humanos y chimpancés hasta los humanos modernos. Recalque que este árbol es una simplificación del árbol filogenético de los primates. No hay una sola rama que conduzca a los humanos modernos, sino muchas ramas en el árbol de la familia humana. Todas las especies en este linaje se llaman homíninos, y la película resalta algunos de los hallazgos fósiles más importantes de dicho linaje.
4. Distribuya las preguntas a los estudiantes y pídales que respondan a las preguntas 1 a 3. Los estudiantes pueden trabajar en parejas o en grupos pequeños.
5. Muestre el cortometraje a los estudiantes. Utilice los "Puntos para pausa" enumerados en las páginas 2 y 3 de este documento para repasar el contenido y responder cualquier pregunta que formulen los estudiantes. Anímeles a tomar notas que podrán luego consultar al responder a las preguntas del cuestionario posterior.
6. Asigne a los estudiantes las preguntas 4 a 18 de la evaluación.

Respuestas

Antes de ver la película

1. ¿Qué características físicas y de conducta cree que distinguen a los humanos de otros primates? Enumere tres características principales.

   Esté preparado para escuchar diversas ideas relacionadas con morfología, conducta e inteligencia. Al final, los estudiantes aprenderán que las características que distinguen al hombre moderno del chimpancé moderno (de las que podemos encontrar evidencia en el registro prehistórico) incluyen cerebros más grandes, bipedalismo y uso exhaustivo de herramientas.

2. Charles Darwin propuso la hipótesis de que tanto el hombre como los grandes simios africanos descendían de un ancestro en común. ¿Qué evidencia debería hallarse en el registro fósil para respaldar dicha hipótesis?

   Nuevamente, esté preparado para escuchar diversas ideas de los estudiantes antes de que vean la película. Se espera que sugieran que los fósiles deben mostrar una combinación de características, algunas compartidas con el hombre moderno y otras con los grandes simios. Los fósiles más nuevos deberían mostrar más rasgos en común con el hombre moderno.

3. Se define "herramienta" como un "instrumento o dispositivo que se sostiene con las manos y se utiliza para realizar una tarea o función específica". Piense en las herramientas que ha utilizado hoy. ¿Cuál es la herramienta más primitiva que ha utilizado hoy y por qué? ¿Cuál es la herramienta más avanzada que ha utilizado hoy y por qué?

   Puede que los estudiantes mencionen herramientas primitivas como tenedores, cucharas o palas. Las avanzadas probablemente incluirán las electrónicas, como los teléfonos celulares y las computadoras portátiles. Puede pedirles que comparen las herramientas más sencillas que utilizan los chimpancés y otros animales, como los cuervos, para destacar que el hombre utiliza herramientas en forma exhaustiva y depende mucho de ellas, en comparación con otros animales.

Luego de ver la película

4. Al comienzo de la película, el Dr. Sean Carroll menciona tres características únicas de los humanos en comparación con sus parientes primates. ¿Cuáles son?

   Las características que distinguen al hombre moderno del chimpancé moderno son: cerebros más grandes, bipedalismo y uso de herramientas.

5. ¿Qué evidencia faltaba en la época de Darwin que hubiera respaldado la hipótesis de que el hombre evolucionó en África de ancestros primates?

   Cuando Charles Darwin propuso su hipótesis de que el hombre evolucionó a partir de ancestros primates en África, se habían descubierto muy pocos fósiles de humanos antiguos. Además, la evidencia proporcionada por la secuenciación del ADN no estuvo disponible sino hasta más de 100 años después.

6. ¿Qué evidencia ha permitido a los científicos llegar a la conclusión de que el ancestro común del chimpancé y el hombre moderno vivió hace 7 millones de años?
   a. El uso de herramientas de piedra empezó a aparecer en el linaje humano hace unos 7 millones de años y los chimpancés no usan herramientas de piedra.
   b. Basados en los cambios observados por los científicos en los chimpancés durante los últimos 200 años, se predice que los chimpancés actuales demorarán al menos 7 millones de años en volverse humanos.
   c. Moléculas biológicas, tales como las proteínas y el ADN, revelan diferencias entre el hombre y el chimpancé que hubieran tomado unos 7 millones de años en acumularse.

d. Los científicos saben en base a la evolución de las ballenas que el volumen del cerebro se duplica en el transcurso de unos 3.5 millones de años. El cerebro del chimpancé tiene 300 cm^3, mientras que el cerebro humano tiene unos 1,300 cm^3.

Nota: La respuesta b aborda un concepto erróneo común sobre la evolución humana. Otros conceptos erróneos se enumeran en la *Smithsonian Educators Guide* (*Guía Smithsonian para educadores*), disponible en http://humanorigins.si.edu/education/education-guide.

7. ¿Cuál de las siguientes tendencias se observa en el transcurso del tiempo durante la evolución de los humanos?
   a. Aumento del tamaño cerebral
   b. Disminución del tamaño corporal
   c. Reducción del número de dedos de los pies
   d. Aumento del tamaño de los dientes molares y caninos
8. ¿Cuál de las siguientes características anatómicas define al hombre como un homínido bípedo?
   a. Ausencia de pelo facial
   b. Ausencia de cola prensil
   c. Dedos oponibles en las cuatro extremidades
   d. Hueso de la cadera mucho más corto, ancho de atrás hacia adelante, que se proyecta por el costado
9. ¿Qué característica del cráneo en el segundo fósil descubierto por Louis y Mary Leakey sugería que éste estaba probablemente más relacionado con el linaje de los humanos que el primer fósil descubierto por ellos?
   a. El segundo cráneo tenía una elevación a lo largo de su parte superior para el anclaje de músculos mandibulares fuertes
   b. El primer cráneo estaba asociado con herramientas menos avanzadas que aquellas asociadas con el segundo cráneo
   c. El primer cráneo tenía la inserción de la médula espinal en la parte posterior de la cabeza, lo que significa que no podía caminar erguido
   d. El segundo cráneo tenía un volumen cerebral mucho mayor y una cara más pequeña que el primero, con una apariencia más similar al cráneo humano
10. A continuación presentamos dos tablas. La primera enumera a los científicos que aparecen en la película, las edades de los fósiles famosos que se destacan en la película y las características humanas que se destacan. La segunda tabla enumera los cuatro fósiles famosos que aparecen en la película. Para cada descubrimiento fósil de la segunda tabla, escriba el nombre de el/los científico/s que lo hallaron, la edad aproximada del fósil, y qué combinación de características humanas presentaba. Las respuestas pueden usarse más de una vez o no usarse en lo absoluto.

Científico/s	Edad del fósil	Característica humana
Sean Carroll	Hace 1.76 millones de años	Bipedalismo
Donald Johanson	Hace 1.8 millones de años	Cerebro más grande
Louis y Mary Leakey	Hace 3.2 millones de años	Uso de herramientas
Tim White	Hace 4.4 millones de años	

Fósil	Científico/s	Edad del fósil	Característica humana
Ardipithecus ramidus (Ardi)	**Tim White**	**Hace 4.4 millones de años**	**Bipedalismo**
Australopithecus afarensis (Lucy)	**Donald Johanson**	**Hace 3.2 millones de años**	**Bipedalismo**
Homínido de Olduvai 7 (OH7)	**Louis y Mary Leakey**	**Hace 1.8 millones de años**	**Bipedalismo, cerebro más grande, uso de herramientas**
Zinjanthropus	**Louis y Mary Leakey**	**Hace 1.76 millones de años**	**Bipedalismo, cerebro más grande**

11. ¿A qué conclusión pueden llegar los científicos sobre la evolución del hombre a partir de la evidencia *fósil* existente?
    I. Humanos y chimpancés tuvieron un ancestro común hace unos 7 millones de años.
    II. El cerebro más grande comenzó a evolucionar hace unos 1.8 millones de años.
    III. El ser humano empezó a usar herramientas al menos hace 1.8 millones de años.
    IV. El bipedalismo en homíninos evolucionó al menos hace 4.4 millones de años.
    a. Solo I
    b. Solo II y IV
    c. Solo II, III y IV
    d. I a IV
12. ¿A qué conclusión pueden llegar los científicos sobre la evolución del hombre a partir de la evidencia *molecular* (ADN y proteínas) existente?
    I. Humanos y chimpancés tuvieron un ancestro común hace unos 7 millones de años.
    II. El cerebro más grande comenzó a evolucionar hace unos 1.8 millones de años.
    III. El ser humano empezó a usar herramientas al menos hace 1.8 millones de años.
    IV. El bipedalismo en homíninos evolucionó al menos hace 4.4 millones de años.
    a. Solo I
    b. Solo I y II
    b. Solo II y IV
    d. I a IV

13. El *Ardipithecus ramidus (*Ardi) es un homínido que presenta una combinación de características de chimpancé y de homíninos (homínidos bípedos). Describa dichas características.

    El fósil Ardi comparte las siguientes características con el chimpancé: un dedo del pie de gran tamaño que sobresale a un costado y evidencia de amplia capacidad para trepar. Presenta evidencia pélvica y anatómica que sugiere que era bípedo, al igual que el hombre moderno.

14. ¿Antes de producirse el descubrimiento de Ardi, la mayoría de los paleobiólogos tenían la hipótesis de que el bipedalismo surgió en qué tipo de hábitat?

    La mayoría de los paleobiólogos pensaban que el bipedalismo surgió en las praderas abiertas.

15. ¿Qué sugirió el descubrimiento de Ardi sobre el tipo de hábitat en el que surgió el bipedalismo? ¿Cómo lo sabemos?

    Decenas de miles de fósiles de plantas y animales hallados junto con Ardi sugieren que vivió en un entorno de bosque.

16. ¿Cómo saben los científicos qué edad tiene el fósil de Ardi?
    a. Las diferencias entre el ADN de Ardi y el ADN humano sugieren que Ardi vivió unos 4.4 millones de años antes que el hombre moderno.
    b. El fósil de Ardi se encontró en sedimento que quedó atrapado entre depósitos volcánicos que datan de hace 4.4 millones de años.
    c. Los dientes de Ardi revelan que comía plantas que se extinguieron hace unos 4.4 millones de años.
    d. Las herramientas de piedra halladas en el mismo sedimento que Ardi datan de hace 4.4 millones de años.

17. Explique cómo las huellas de Laetoli halladas en África apoyan la conclusión de que el *Australopithecus* era un homínido bípedo (es decir, un homínino).

    El patrón de impresiones de las huellas de Laetoli es coherente con el de un organismo que camina de manera muy similar al modo en que camina el hombre moderno. El dedo gordo aparece alineado con los demás dedos y hay evidencia de arcos en los pies. Además, no hay evidencia de marcas de nudillos.

18. ¿Cuáles son los hitos que el Dr. White llama la tercera fase de la evolución de los humanos? Maque todas las que correspondan.

Dieta ampliada	√
Evolución de dientes grandes	_____
Evolución del bipedalismo	_____
Evolución del género *Homo*	√
Expansión fuera de África	√
Expansión dentro de África	_____
Dependencia de la cultura	√
Tecnología de herramientas de piedra	√

REFERENCIAS IMPORTANTES

Becoming Human. "*Australopithecus afarensis.*" Última modificación Junio 9, 2009. http://www.becominghuman.org/node/australopithecus-afarensis.
Darwin, Charles. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*. London: J. Murray, 1859.
Gibbons, Ann. "A New Kind of Ancestor: *Ardipithecus* Unveiled." *Science* 326, no. 5949 (2009): 36–40.
Johanson, Donald C., and Maurice Taieb. "Plio-Pleistocene Hominid Discoveries in Hadar, Ethiopia." *Nature* 260, no. 5549 (1976): 293–297.
Leakey, L. S. B. "A New Fossil Skull from Olduvai." *Nature* 184, no. 4685 (1959): 491–493.
Leakey, L. S. B., P. V. Tobias, and J. R. Napier. 1964. "A New Species of the Genus *Homo* from Olduvai Gorge." *Nature* 202 (1964): 7–9.
Leakey: A Century of the Family in East Africa. "Louis Seymour Bazett Leakey." Última modificación Agosto 14, 2014. http://www.leakey.com/bios/louis-seymour-bazett-leakey.
Lovejoy, C. Owen. "The Origin of Man." *Science* 211, no. 4480 (1981): 341–350.
Lovett, Richard. "Butchering Dinner 3.4 Million Years Ago." *Nature* (August 11, 2010). Consultado en Octubre 30, 2014. http://www.nature.com/news/2010/100811/full/news.2010.399.html.
Shultz, Susanne, and Mark Maslin. "Early Human Speciation, Brain Expansion and Dispersal Influenced by African Climate Pulses." *PLoS One* 8, no. 10 (2008): e76750. Consultado en Octubre 28, 2014. doi:10.1371/journal.pone.0076750.
Smithsonian National Museum of Natural History. "What Does It Mean to Be Human?" Última modificación Octubre 24, 2014. http://humanorigins.si.edu/.
White, Tim D., G. Suwa, and B. Asfaw. "*Australopithecus ramidus*, A New Species of Early Hominid from Aramis, Ethiopia." *Nature* 371, no. 6495 (1994): 306–312.

AUTORES

Original en inglés escrito por Paul Strode, PhD, Fairview High School; Stephanie Keep, consultora; y Laura Bonetta, PhD, HHMI
Revisado por Paul Beardsley, PhD, California Polytechnic State University; Briana Pobiner, PhD Smithsonian Institution
Ilustraciones por Heather McDonald, PhD