

Evolución del linaje homínido

Medicina Evolutiva Carrera de Medicina








Dr. Mauricio Moraga, 2023
PGH, ICBM, U. de Chile.

1

Evolución del linaje homínido

Medicina Evolutiva Carrera de Medicina

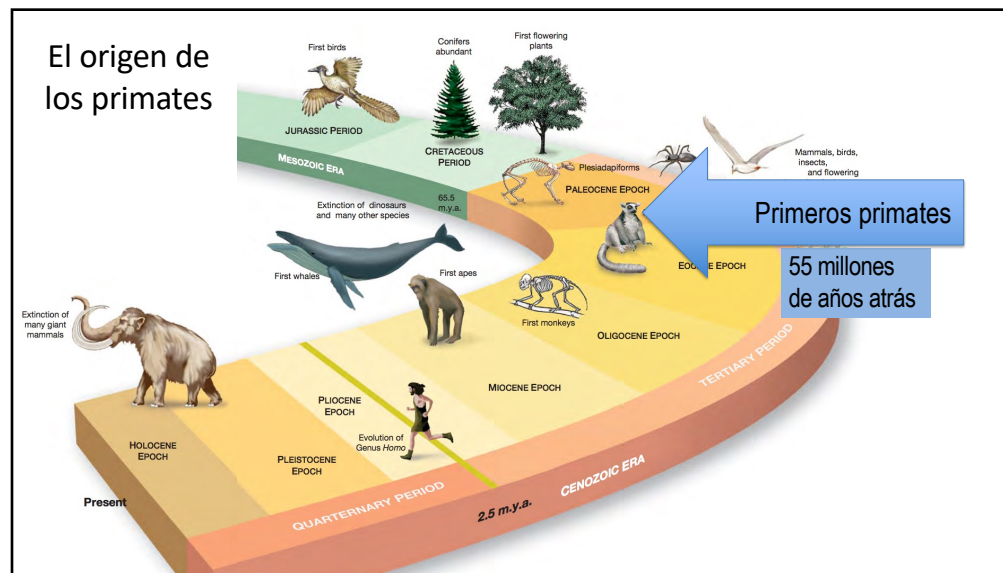
Parte 1

Contenido de la clase:

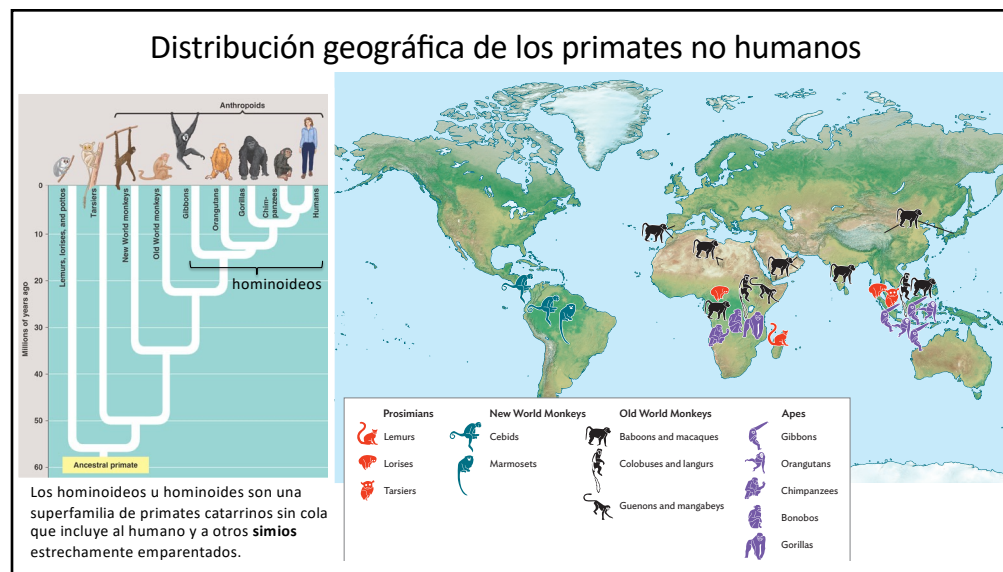
- El origen y la distribución geográfica de los primates
- Comparaciones dentro de la rama de los hominidae
- Los homininos, siete millones de años de historia evolutiva
- La consolidación de la marcha bípeda y la posición ortógrada permanente
- La encefalización
- La evolución del género Homo
- El desarrollo del lenguaje
- La expansión de los humanos modernos



2

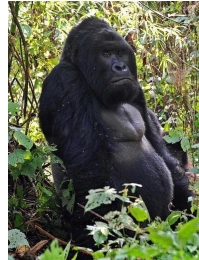


3



4

¿Cuál es nuestro lugar entre los primates?

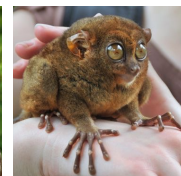
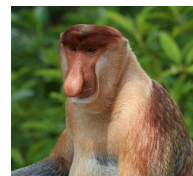
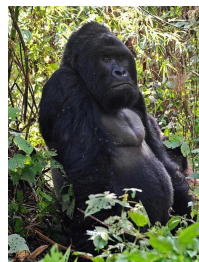
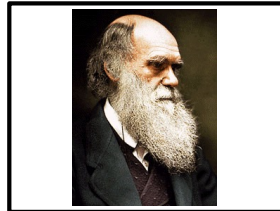


Tres principales características de los primates (By Le Gros Clark):

1. Adaptación arbórea
2. Plasticidad dietética
3. Inversión en el cuidado de las crías

5

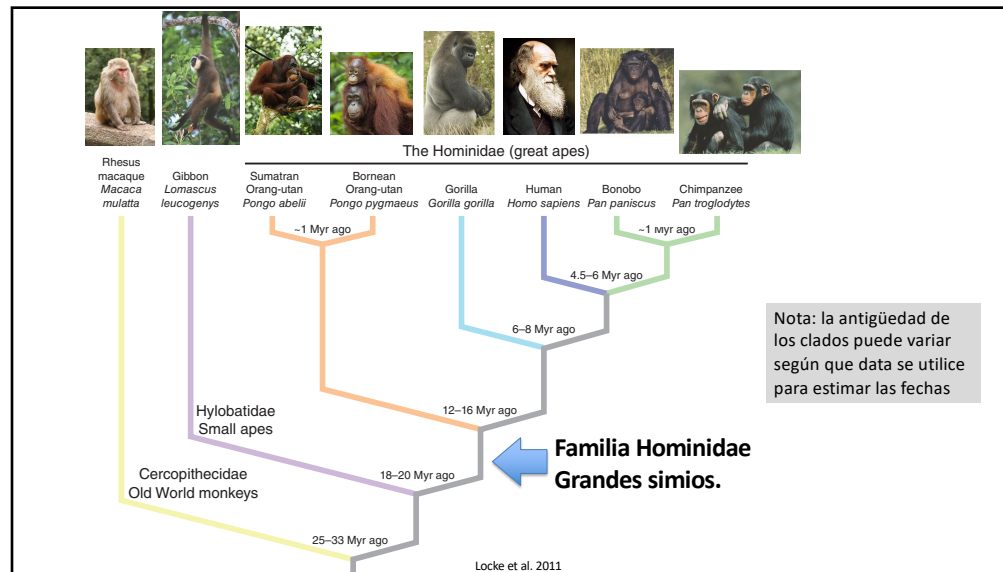
¿Cuál es nuestro lugar entre los primates?



Tres principales características de los primates (By Le Gros Clark):

1. Adaptación arbórea
2. Plasticidad dietética
3. Inversión en el cuidado de las crías

6

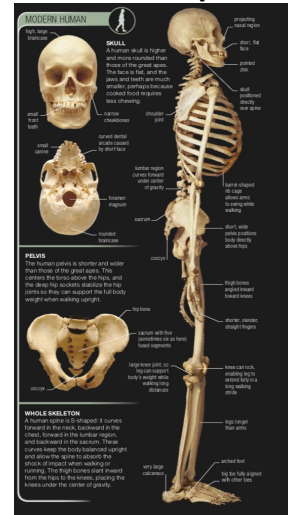


7

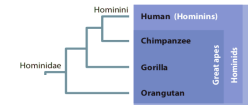


8

Anatomía comparada



Familia Hominidae

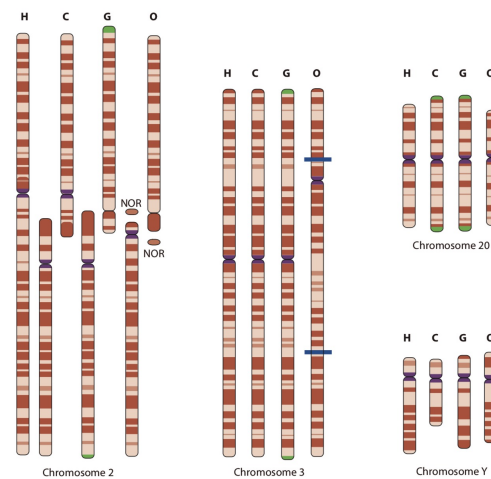


Hay diferencias importantes a nivel del cráneo (forma y tamaño), rostro, longitud de extrmitades, forma de la pelvis, postura, forma de los pies, tamaño de los caninos, etc.

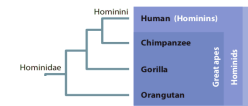


9

Comparación de cromosomas humanos con sus ortólogos en otros primates



Familia Hominidae



Existe una gran similitud entre el cariotipo de humano y el de los grandes simios.

Figure 7.8: Examples of human and great ape chromosomes.
Karyograms of G-banded chromosomes 2, 3, 20, and Y from humans (H), with their orthologs in chimpanzees (C), gorillas (G), and orangutans (O). Conservation of banding pattern is evident. Human chromosome 2 results from a terminal fusion of two chromosomes since the last common ancestor with chimpanzees. One centromere was inactivated. Orangutan orthologs have nucleolar organizer regions (NOR) at the tips of their short arms, where rRNA genes lie. The location of gorilla- and chimpanzee-specific terminal satellites are shown in green. Blue horizontal lines mark the positions of complex inversion breakpoints on the orangutan ortholog to human chromosome 3. The Y chromosome is poorly resolved and highly variable between species. (From Turkis & Prakash O 1982 Science 215, 1525. With permission from AAAS.)

10

A phylogenetic tree of the Hominidae family. The tree shows a common ancestor at the base, which splits into two main lineages. One lineage leads to the Hominini subfamily, which includes the Human (Hominins). The other lineage leads to the Homininae subfamily, which includes the Chimpanzee, Gorilla, and Orangutan. The tree is rooted on the left, and the branches lead to the right. The Hominini subfamily is highlighted in a light blue box, and the Homininae subfamily is highlighted in a light green box. The labels for the species are placed at the tips of the branches.

```

graph LR
    Root --- Node1
    Node1 --- Hominini
    Node1 --- Node2
    Node2 --- Node3
    Node3 --- Human[Human Hominins]
    Node3 --- Node4
    Node4 --- Chimpanzee
    Node4 --- Node5
    Node5 --- Gorilla
    Node5 --- Orangutan
  
```

Hominidae

Hominini

Human (Hominins)

Chimpanzee

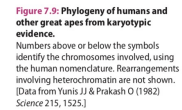
Gorilla

Orangutan

Great apes

Hominids

Hominoids



12

7 a 4.4 millones de años atrás.

*MYA = millions of years ago

Algunos de los homínidos más antiguos podrían ser ancestros de la rama de chimpancé y no de humano

12

A row of seven clay busts illustrating the evolutionary progression of the human skull. From left to right, the busts represent: *Australopithecus africanus* (3-2 million years ago), *Australopithecus boisei* (1-2 million years ago), *Australopithecus ergaster* (1.9-1.4 million years ago), *Homo habilis* (2.4-1.5 million years ago), *Homo erectus* (700,000-200,000 years ago), *Homo neanderthalensis* (400,000-40,000 years ago), and *Homo sapiens* (modern humans, 300,000 years ago to present). The busts show a clear trend of increasing brain size and a more rounded, vertical forehead over time.



Propuestas de relaciones filogenéticas...

Propuestas de relaciones filogenéticas...

Antigüedad (millones de años)

7 6 5 4 3 2 1 0

Primeros homínidos

Sahelanthropus tchadensis (?)

Ardipithecus kadabba

Ardipithecus ramidus

Orrorin tugenensis

Australopithecinos

Au. africanus

Au. sediba

Kenyanthropus platyops

Au. anamensis

Au. afarensis

Au. garhi

Au. bahrelghazali

Humanos

H. rudolfensis

H. habilis

H. floresiensis

H. erectus

H. luzonensis

H. ergaster

H. antecessor

H. heidelbergensis

H. neanderthalensis

H. rhodesiensis

H. sapiens

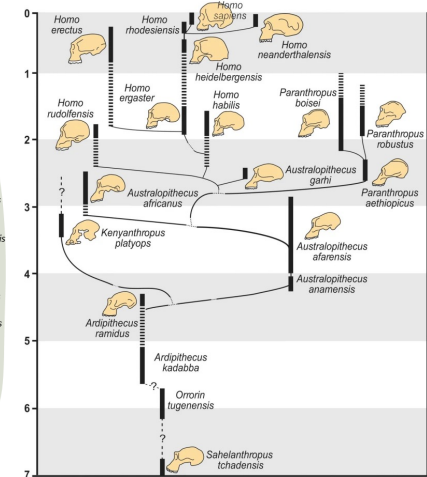
Parántropos

P. robustus

P. aethiopicus

P. boisei

Nutrackerman.com

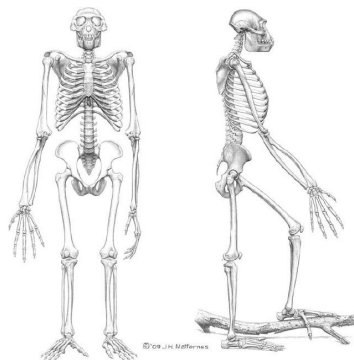


14

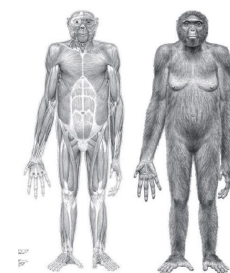
Primeras evidencias de bipedestación



Fig. 3. The ARA-MP-6500 skeleton. This is a composite photograph to show the approximate



Ardipithecus ramidus 4,4 Millones de años.



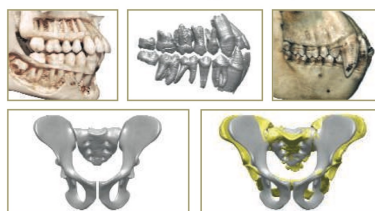
From the inside out. Artist's reconstructions show how Ardi's skeleton, muscles, and body looked and how she would have moved on top of branches.

Probablemente *Ardipithecus* podía moverse semierguido sobre las ramas y el suelo, pero aún no tenía una marcha bípeda permanente

15

Primeras evidencias de rasgos “humanos”

Ardipithecus ramidus 4,4 Millones de años.



Unexpected anatomy. Ardi has an opposable toe (*left*) and flexible hand (*right*); her canines (*top center*) are sized between those of a human (*top left*) and chimp (*top right*); and the blades of her pelvis (*lower left*) are broad like Lucy's (*yellow*).

www.sciencemag.org **SCIENCE** VOL 326 2 OCTOBER 2009



Pies más parecidos a los de chimpance actuales.

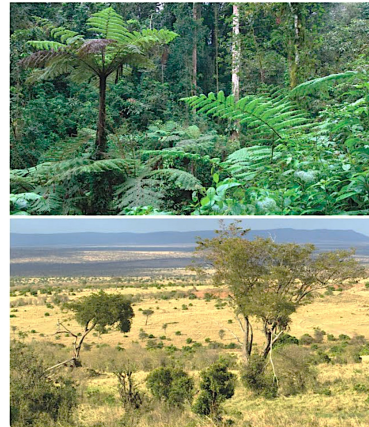
Pelvis con similitudes a Australopithecinos.

Manos con similitudes con humano actual.

16

Cambios ambientales asociados a la consolidación de la bipedestación en homíninos

La disminución de la selva húmeda en el África subsahariana oriental y el surgimiento y expansión de las sabanas generó condiciones favorables para los homíninos bípedos por sobre los cuadrúpedos



WOODLAND

African apes still live in forest and woodland habitats, suggesting that they were important in early hominin evolution. Bipedal, ground-living primates like the early hominins probably lived in open, seasonal woodlands rather than in dense tropical forests. Here food resources are less predictable, and exploiting them successfully requires flexibility in diet and in foraging behavior.

GRASSLAND

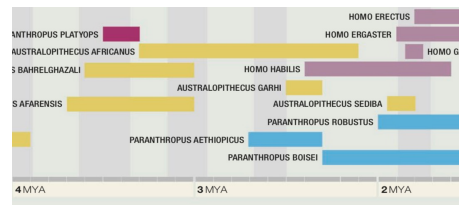
The African savanna and other grassland habitats are more open than woodlands. They tend to support a larger number and greater diversity of terrestrial mammal and plant species. Many food resources, such as nuts, underground tubers, and bone marrow scavenged from animal carcasses, could only be accessed by hominins using tools.

17

Los Australopithecus

3,8 a 1,6 millones de años atrás.

Durante este periodo se puede identificar en África varias especies de Australopithecus, algunas más gráciles como *A. africanus* o *A. afarensis* y otras más robustas clasificadas generalmente como *Paranthropus*



18

Los Australopithecus



Esqueleto de una hembra de *Australopithecus afarensis* encontrado por Donald Johanson en 1975 y conocida mundialmente como "Lucy"



Craneos de *Australopithecus robustus* y *Australopithecus boisei* clasificadas en ocasiones como *Paranthropus robustus* y *Paranthropus boisei*

Craneos de *Australopithecus afarensis* y *Australopithecus africanus*



19

Los Australopithecus

La consolidación de la marcha bípeda y la posición ortógrada permanente

3,2 millones de años atrás.



La capacidad craneana era de alrededor de 480 cc, no muy distinta de un chimpancé actual.

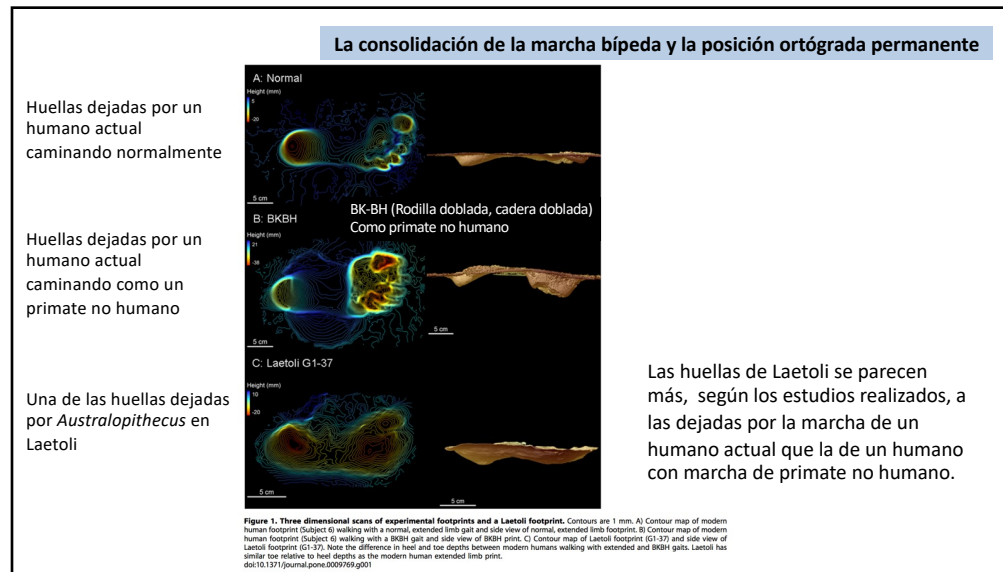
Las huellas de Laetoli, en Hadar, Etiopía, conservadas en cenizas volcánicas fosilizadas, fueron dejadas por un *Australopithecus afarensis* hace unos 3.2 millones de años atrás.



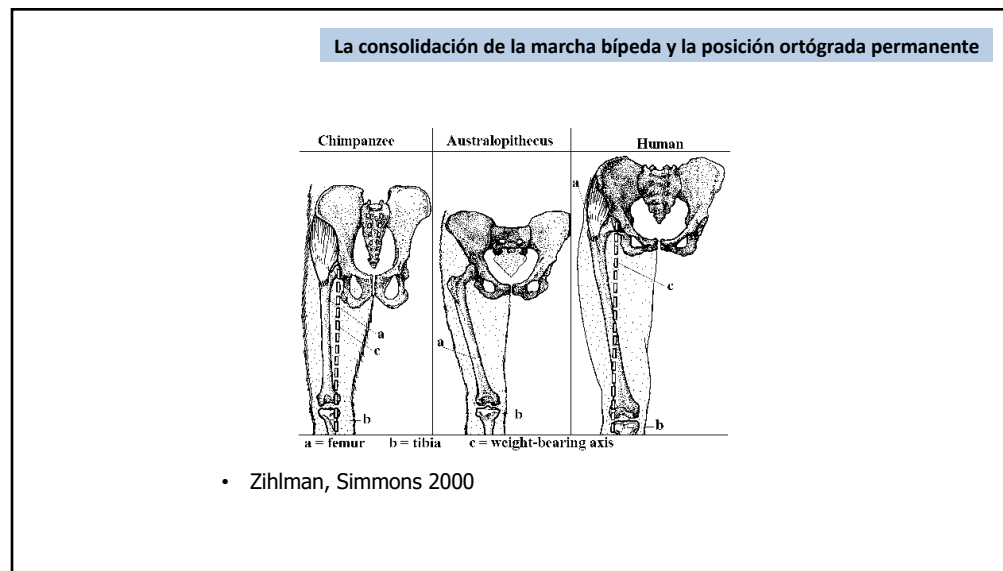
Articulación de la rodilla sin patella perteneciente a un *Australopithecus afarensis* de 3.0 a 3.2 millones de años, descubierto en 1976 en la localidad de Hadar, Etiopía.



20

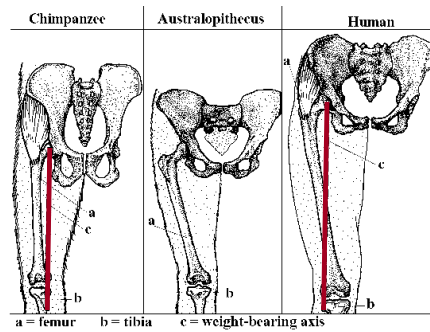


21



22

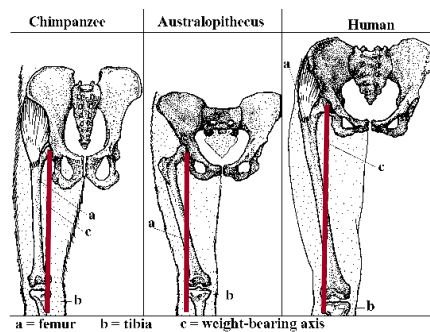
La consolidación de la marcha bípeda y la posición ortógrada permanente



- Zihlman, Simmons 2000

23

La consolidación de la marcha bípeda y la posición ortógrada permanente



- Zihlman, Simmons 2000

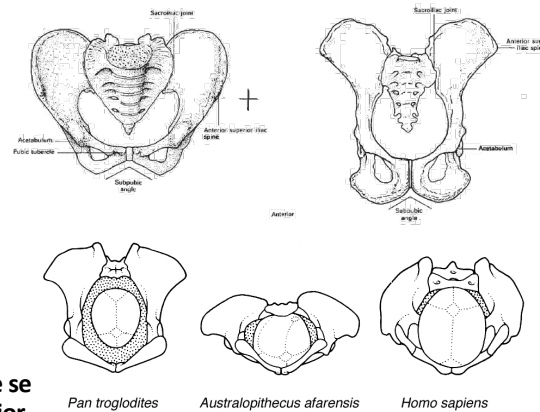
24

La consolidación de la marcha bípeda y la posición ortógrada permanente

La **bipedestación** confirió ventajas para el desplazamiento en los nuevos ambientes.



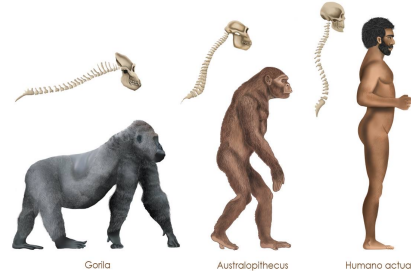
Pero también implicó restricciones al tamaño y forma del canal de parto que se volvieron más complejos con el posterior aumento del tamaño del cráneo.



25

La consolidación de la marcha bípeda y la posición ortógrada permanente

La **bipedestación** confirió ventajas para el desplazamiento en los nuevos ambientes.



Pero también el cambio de la posición del cuerpo implicó una distribución diferente del peso sobre la columna lo que genera problemas a los humanos actuales

El **Lumbago** puede ser considerado el resultado de este contrainst o un mismatch con la actividad actual (sentado frente a un computador)



Constraints: restricción de la estructura biológica
Mismatch: mal adaptación con el entorno

26

Evolución del linaje homínido

Medicina Evolutiva
Carrera de Medicina

Recapitulemos:

Los primates existen desde unos 55 millones de años atrás.
El ancestro común entre chimpancé y humano vivió en torno a 6 a 7 millones de años atrás según la inferencia genética.
El registro fósil de homíninos más antiguos se encuentra en África oriental, principalmente en el valle del Rift, y tiene casi 7 millones de años.
La primera evidencia de marcha bípeda se aprecia en *Ardipithecus ramidus* 4,4 millones de años atrás, antes del surgimiento de las praderas.
Los *Australopithecus* se consolidan en la marcha bípeda y se expanden por las sabanas africanas a partir de 3,8 millones de años atrás.

Podemos considerar la bipedestación como el hito fundamental de este periodo.



27

Evolución del linaje homínido

Medicina Evolutiva
Carrera de Medicina

Parte 2

Contenido de la clase:

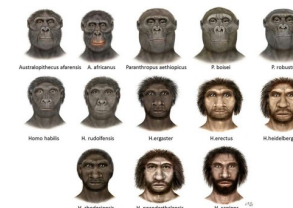
El origen y la distribución geográfica de los primates
Comparaciones dentro de la rama de los hominidae
Los homíninos, siete millones de años de historia evolutiva
La consolidación de la marcha bípeda y la posición ortógrada permanente

La encefalización

La evolución del género Homo

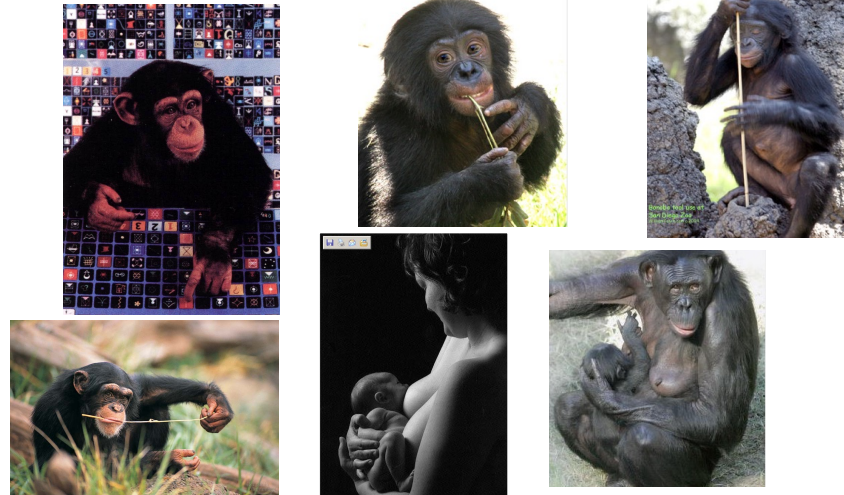
El desarrollo del lenguaje

La expansión de los humanos modernos



28

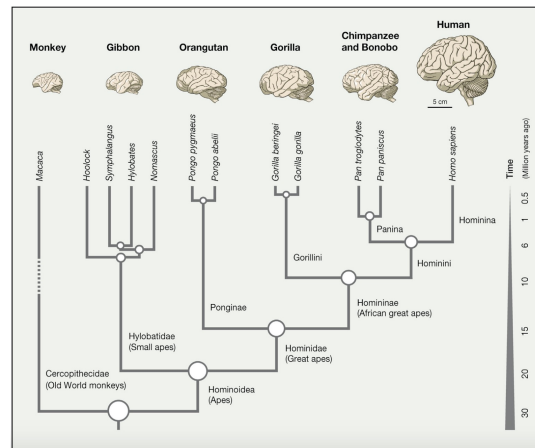
Evolución humana: La génesis de lo humano



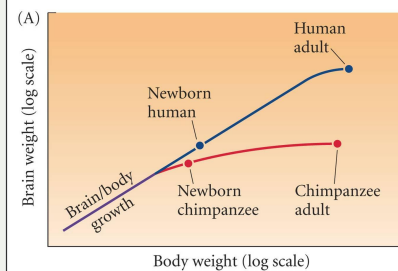
29

Evolución humana: La génesis de lo humano

Diferencias en el tamaño del cerebro entre primates

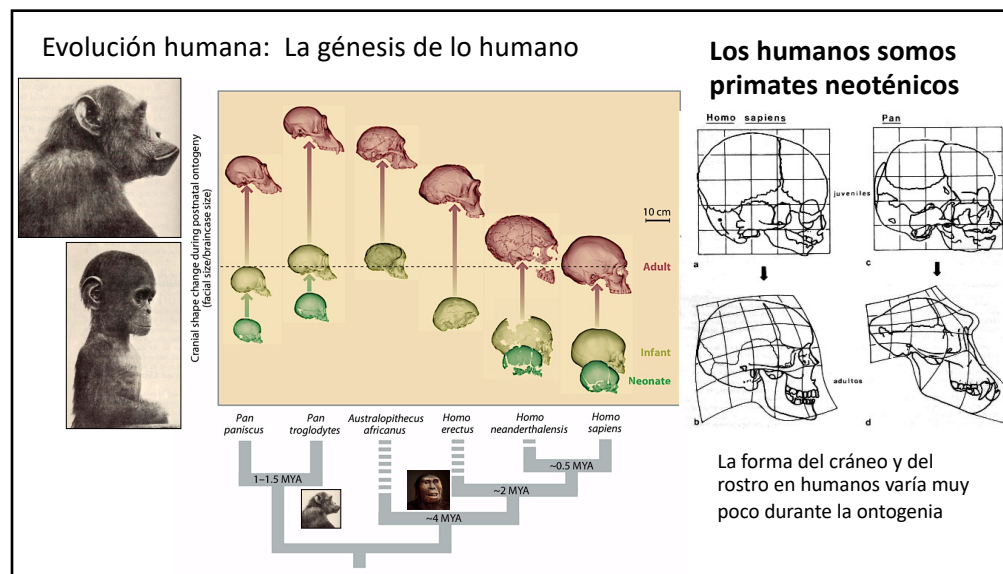


Crecimiento postnatal del cerebro en primates

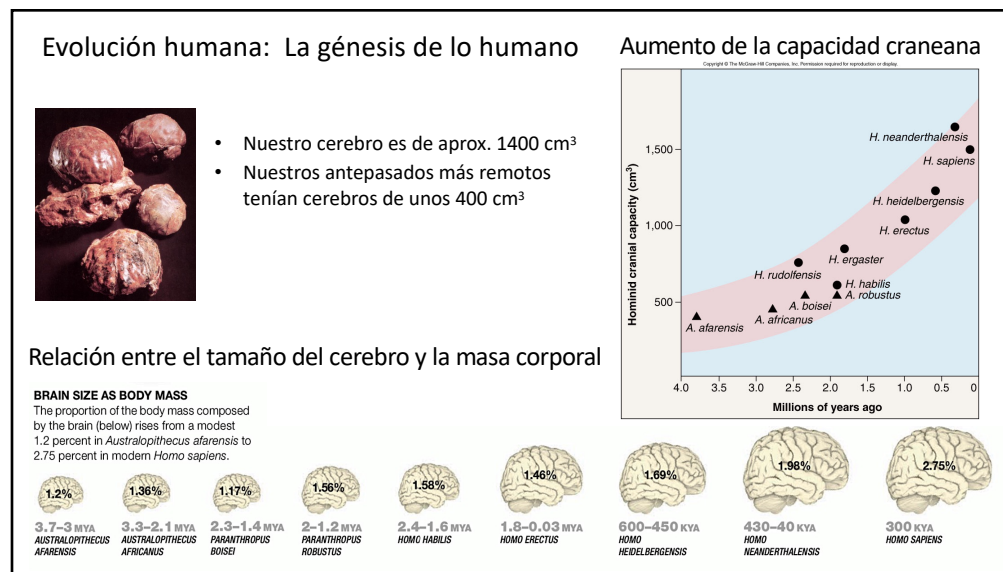


Además del crecimiento en tamaño hay cambios en el número de conexiones interneuronales y en la complejidad de la corteza cerebral.

30



31



32

Evolución humana: La génesis de lo humano

SRGAP2 y la evolución del cerebro humano

El gen SRGAP2 es uno de los pocos genes que presenta duplicaciones ausentes en los otros primates y estaría asociado al desarrollo del cerebro.

El gen SRGAP2 ha experimentado tres duplicaciones parciales en la evolución del linaje homínido, la primera 3,4 millones de años atrás, posiblemente asociada al surgimiento del linaje; la segunda 2,4 millones de años atrás y la última aproximadamente 1 millón de años atrás.

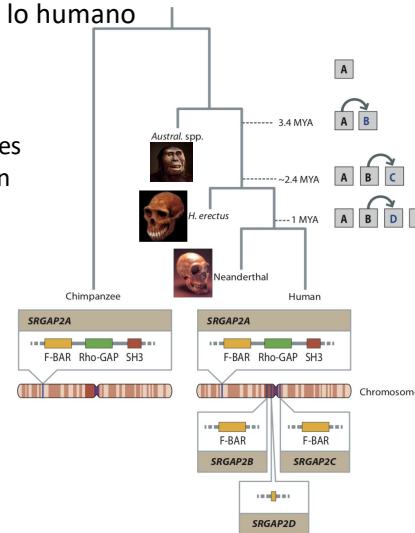


Figure 8.15: Duplication events of SRGAP2 genes in hominin history. Location of SRGAP2 paralog on human chromosome 1 with putative protein products and their functional domains based on cDNA sequencing. Arrows show the reconstructed evolutionary history of SRGAP2 duplication events. The first duplication involved only the first 9 of 22 exons of the SRGAP2A gene containing the F-BAR domain and all subsequent copies, therefore, contain only the F-BAR domain of the protein which is further truncated in paralog D. Copy numbers of the paralogs, and expression analyses, suggest that paralogs B and D are nonfunctional pseudogenes, whereas A and C are likely to encode functional proteins. [Adapted from Dennis MF et al. (2012) Cell 149: 912. With permission from Elsevier.]

33

SRGAP2 y la evolución del cerebro humano

Las duplicaciones del gen SRGAP2 en humanos permite la formación de un número mucho mayor de espinas dendríticas y una prolongación del periodo de desarrollo del sistema nervioso lo que aumenta su plasticidad y tiene un impacto positivo en el desarrollo de las habilidades cognitivas en humanos.

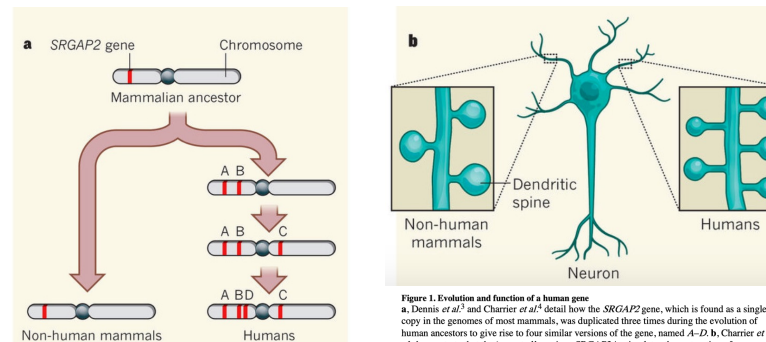
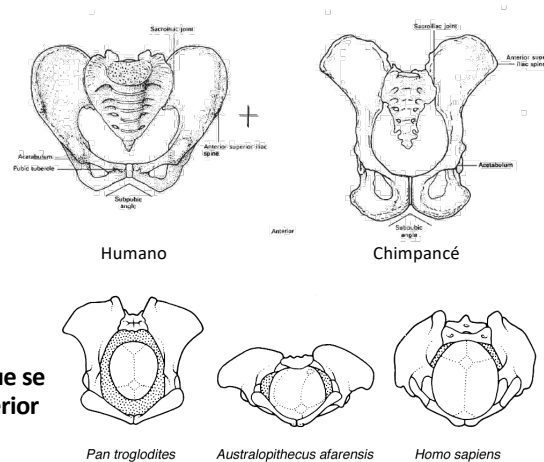


Figure 1. Evolution and function of a human gene
a. Dennis *et al.*³ and Charrier *et al.*⁴ detail how the *SRGAP2* gene, which is found as a single copy in the genomes of most mammals, was duplicated three times during the evolution of human ancestors to give rise to four similar versions of the gene, named A-D. b. Charrier *et al.* demonstrate that the "ancestral" version, *SRGAP2A*, stimulates the maturation of dendritic spines (protrusions) on the surfaces of neurons, whereas *SRGAP2C* promotes an increased number of immature spines in humans. This development might have contributed to the evolution of human cognitive abilities.

34

La consolidación de la marcha bípeda y la posición ortógrada permanente

La **bipedestación** confirió ventajas para el desplazamiento en los nuevos ambientes.



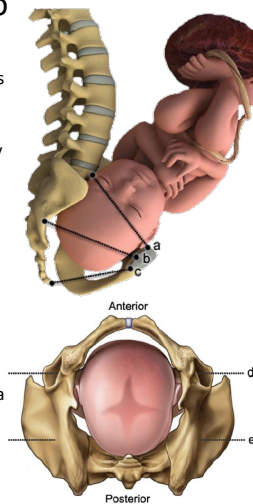
Pero también implicó restricciones al tamaño y forma del canal de parto que se volvieron más complejos con el posterior aumento del tamaño del cráneo.

35

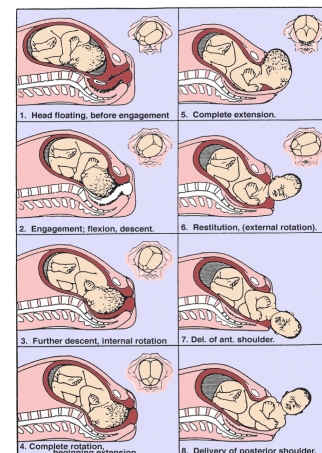
El dilema obstétrico

El dilema obstétrico se refiere al conflicto entre las modificaciones de la pelvis y del canal de parto que se seleccionaron por efecto de la bipedestación por un lado y el aumento progresivo del tamaño del cerebro y por tanto del cráneo en los integrantes del género *Homo*.

Aparentemente las soluciones pasan por el nacimiento de un bebé "premature", un parto dificultoso y la selección de conductas sociales relacionadas a la asistencia de la madre durante el parto.



Pero también implicó restricciones al tamaño y forma del canal de parto.



36

Homo habilis

El Género *Homo*

2.4 millones de años atrás hasta hoy.

Homo habilis vivió en el este de África hace entre unos 2,2 y 1,6 millones de años.

37

El Género *Homo*

2.4 millones de años atrás hasta hoy.

Homo habilis

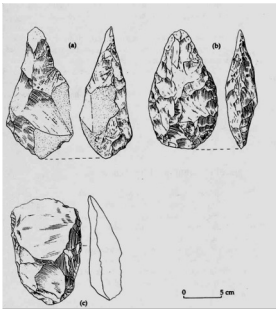
Defining the Genus *Homo*

Recall that a genus name implies a certain adaptive strategy, so the switch from *Australopithecus* to *Homo* should tell you to expect to see a suite of adaptive differences between species in the two genera. In general, genus *Homo* differs from *Australopithecus* by having a larger braincase, a smaller, less projecting face, smaller teeth, and eventually a larger body and more efficient striding bipedalism. These features may be related to an adaptation that includes a shift to a more animal-based diet, greater ranging, and greater food processing through tool use. However, early members of the genus *Homo* differ too strongly from *Australopithecus* than do later members and therefore are harder to distinguish from them. In fact, the first species of *Homo* are not all that different from some *Australopithecus*.

- Cráneo más grande
- Rostro más pequeño y menos proyectado
- Dientes más pequeños
- Cuerpos más grandes
- Marcha bípeda más eficiente
- Cambio a una dieta basada en animales
- Mayor rango de alimentos
- Uso de herramientas para obtener y procesar alimentos

Tres vistas de la reconstrucción de un cráneo de *Homo habilis*: aun cuando su capacidad craneana es algo mayor que la de los *Australopithecus*, la forma del cráneo no difiere demasiado de *A. africanus*.

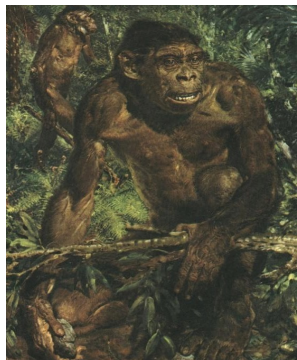
38



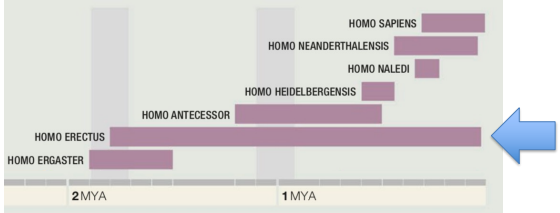
El Género *Homo*

Homo erectus

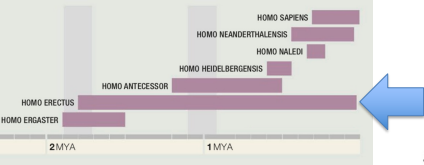
Homo erectus que vivió entre hace 1,8 y 0,1 millones de años atrás.



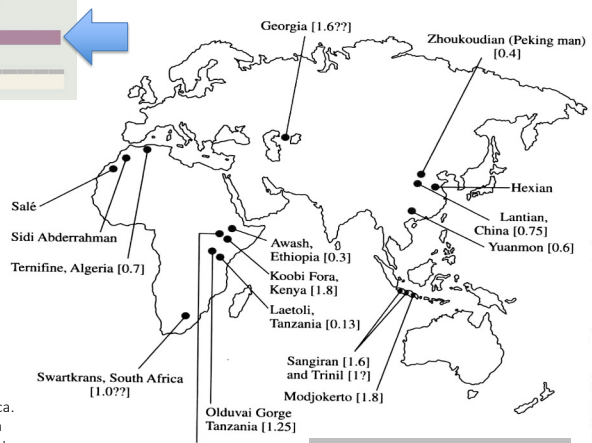
Mientras *Homo ergaster* se quedó en África, *Homo erectus* ocupó gran parte de Asia, encontrándose sus restos en varios sitios en China y el sudeste asiático.




39



El Género *Homo*

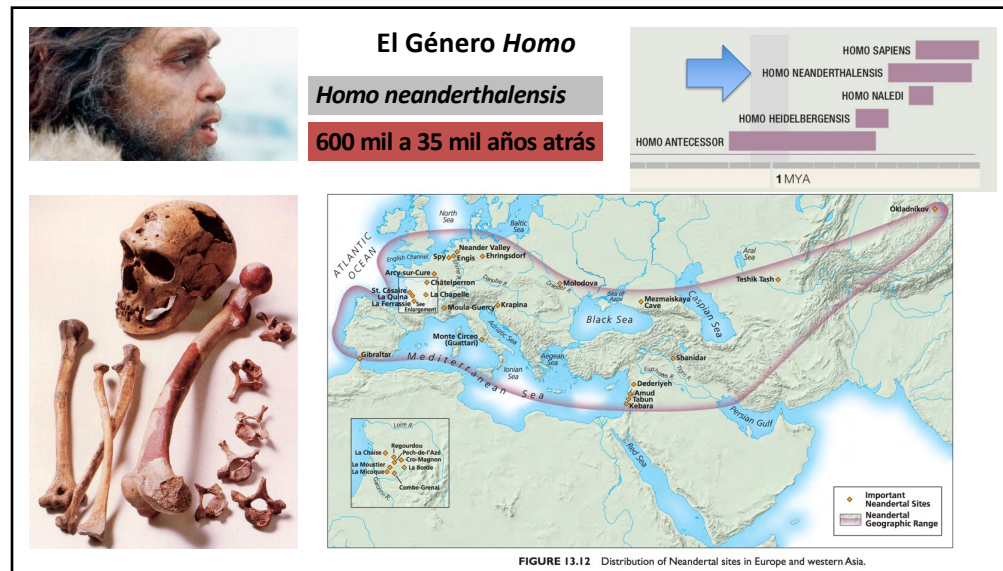


Homo erectus



Principales sitios de *Homo erectus* en el mundo. *H. erectus* fue el primer homínido que se aventuró fuera de África. Sus restos han sido encontrados en gran parte de África y Asia como lo muestra el mapa.

40

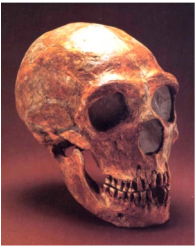




41

El Género *Homo*

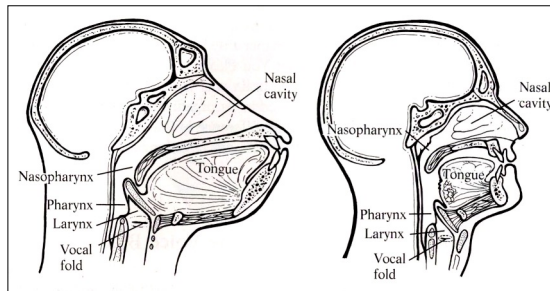
Homo neanderthalensis

Antes de la secuenciación del genoma de Neandertal ya se habían tenido avances en la secuenciación total de su genoma mitocondrial y el estudio de genes como FOXP2 involucrados en el desarrollo del lenguaje en humanos.

42

El Lenguaje



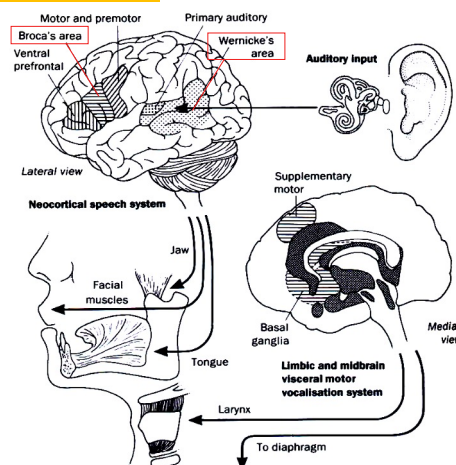
Cuando los humanos nacen la laringe está alta y evita que el bebe se atragante, después de los tres meses esta desciende.

Una laringe baja es una desventaja, luego si se ha mantenido es porque el lenguaje es una ventaja mayor.

La posición de la laringe es más baja en humanos que en chimpancé. Dejando mayor movilidad a la lengua y aumentando el espacio para las cuerdas vocales.

43

El Lenguaje



Las áreas de Broca y Wernicke en el hemisferio izquierdo del cerebro controlan las funciones del lenguaje.

Las vocalizaciones no lingüísticas son controladas por el sistema límbico.

La evidencia muestra que la gramática y vocabulario se transmiten culturalmente, pero hay una gramática intuitiva que la experiencia experimental sugiere es propia de los circuitos neuronales asociados al lenguaje.

44

El Lenguaje

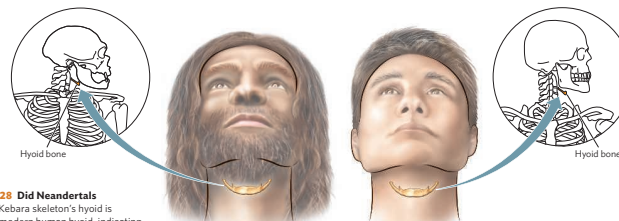


FIGURE 12.26 Did Neandertals Speak? The Kebara skeleton's hyoid is identical to a modern human hyoid, indicating that Neandertals could speak.

Evidencias recientes muestran que Neandertal tenía un hioides similar a nosotros.

El hueso hioides es clave para hablar y se relaciona con una laringe más baja. Evidencias recientes muestran que Neandertal tenía un hioides similar a nosotros.

Una laringe baja es una desventaja, luego si se ha mantenido es porque el lenguaje es una ventaja mayor.

45

El Lenguaje

FOXP2

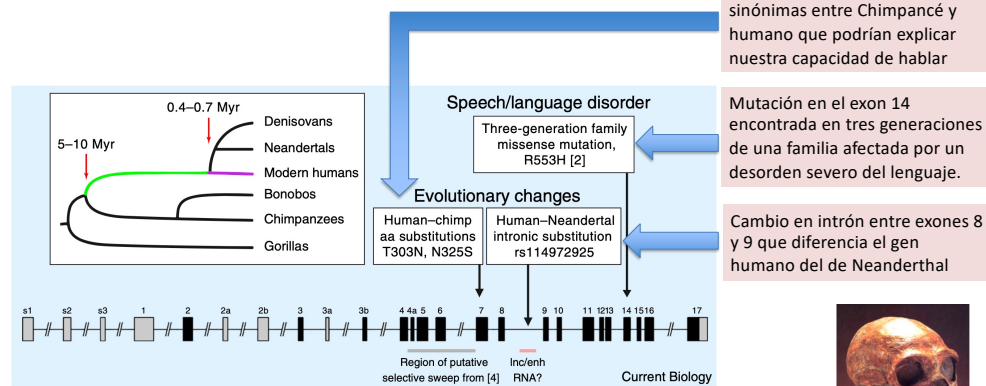


Figure 1. Changing views of FOXP2 and human evolution. The human FOXP2 locus spans more than 600 kilobases of genomic DNA. Boxes represent exons (present in processed mRNA); lines represent introns (removed from mRNA by splicing), and black shading indicates exons that code for protein. In 2001 an exon 14 missense mutation (R553H) was found in members of a three-generation family affected by a rare speech disorder [2]. Evolutionary changes in the FOXP2 locus that have been hypothesized as relevant for human origins are highlighted, including: two amino-acid (aa) substitutions in exon 7; the putative selective sweep originally proposed by [4]; an intronic derived polymorphism between exons 8 and 9 and a conserved element in that intron which may represent a long noncoding (lnc) or enhancer (eRNA) RNA. Note that the evolutionary changes [4-6, 11] and known disorder-causing mutations [2, 7] are entirely distinct from each other. Top left shows an evolutionary tree of hominids and closest primate relatives (adapted from [13]), with the lineage leading to archaic hominids in green, and the lineage leading exclusively to modern humans in purple.

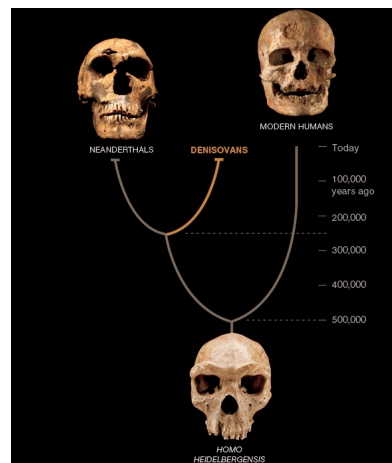
Neandertal pudo tener lenguaje similar al de los humanos modernos

46

El Género *Homo*

Homo denisoviensis

El hombre de Denisova es el nombre dado a una nueva especie de *Homo*, identificada a través del análisis del ADN de restos óseos encontrados en Siberia, y que tendría una mayor cercanía evolutiva con Neandertal que con *H. sapiens* moderno.

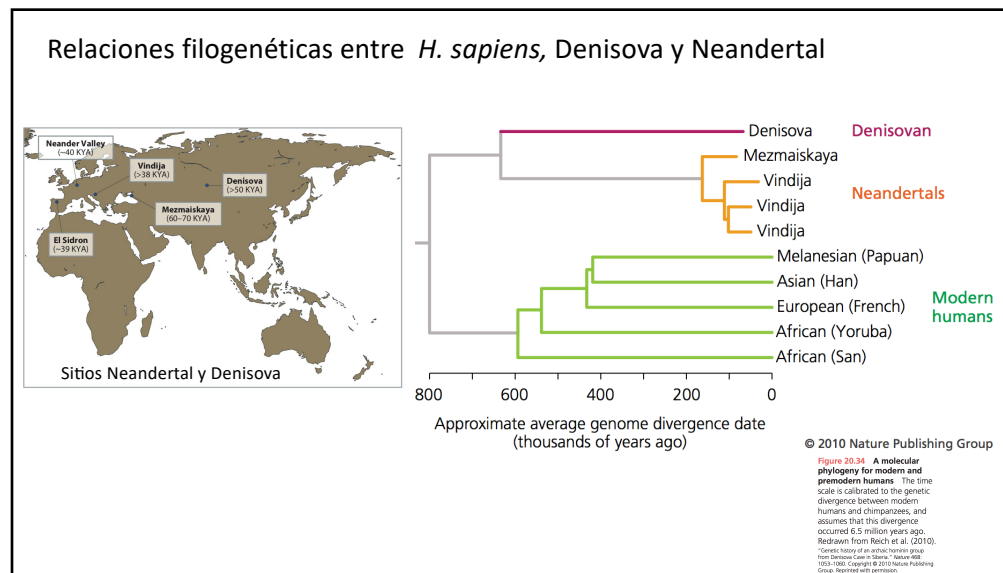


47

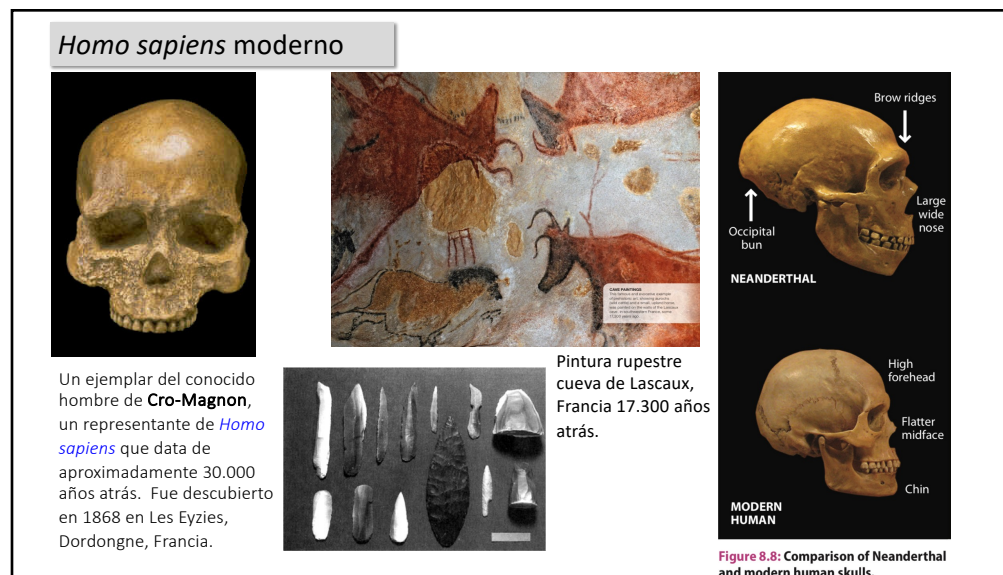
Svante Pääbo, premio **Nobel** de fisiología y medicina 2022 por sus avances en paleogenómica.



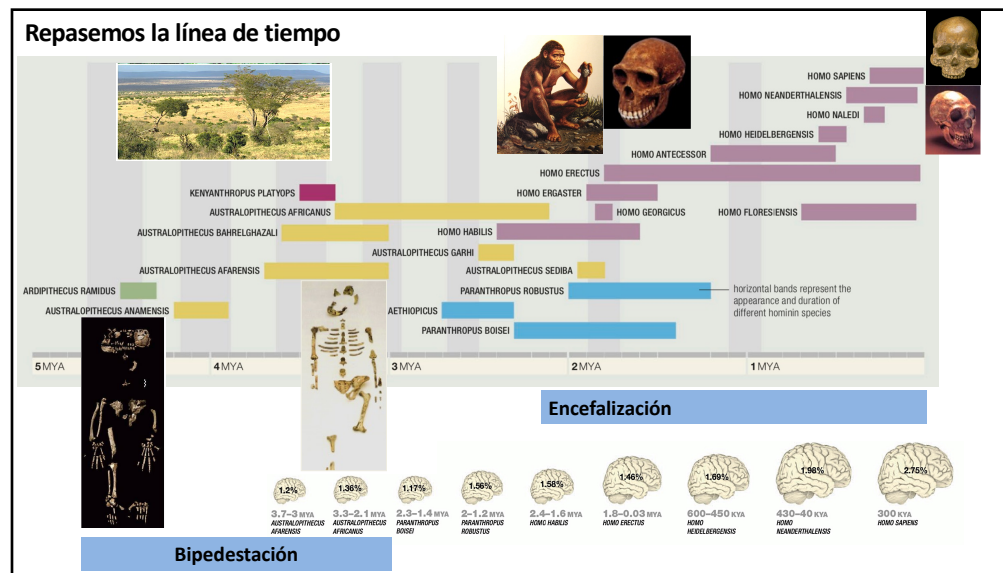
48



49



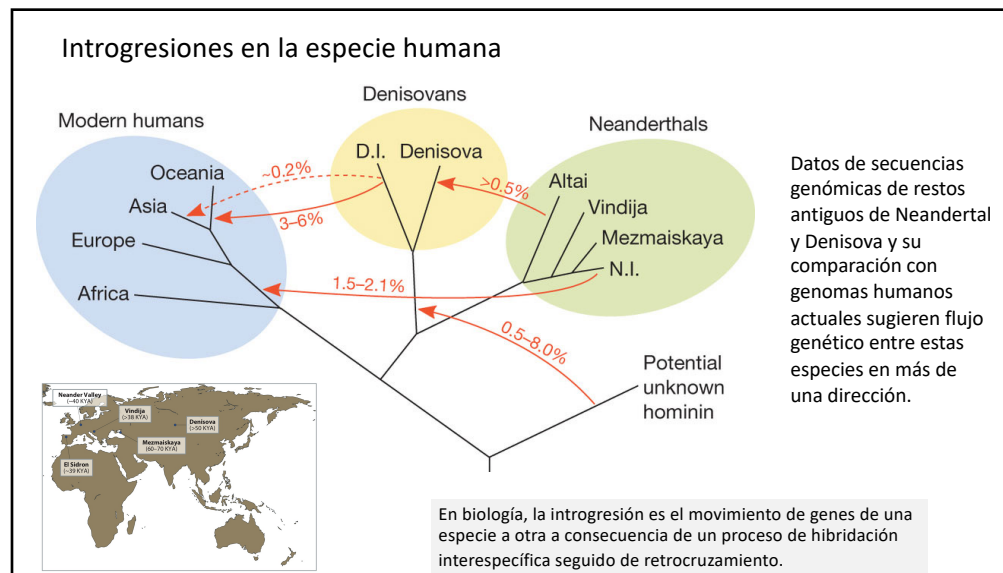
50



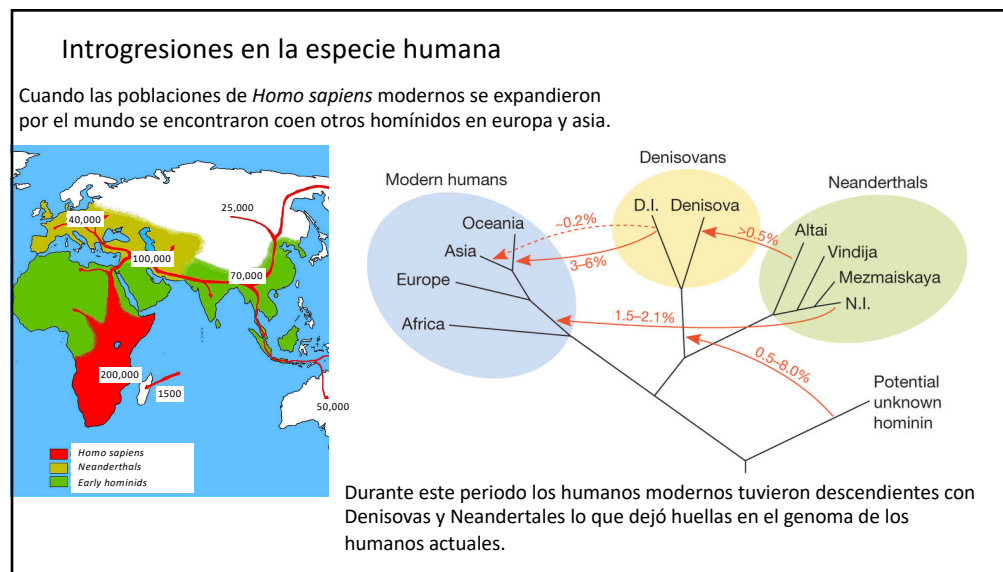
51



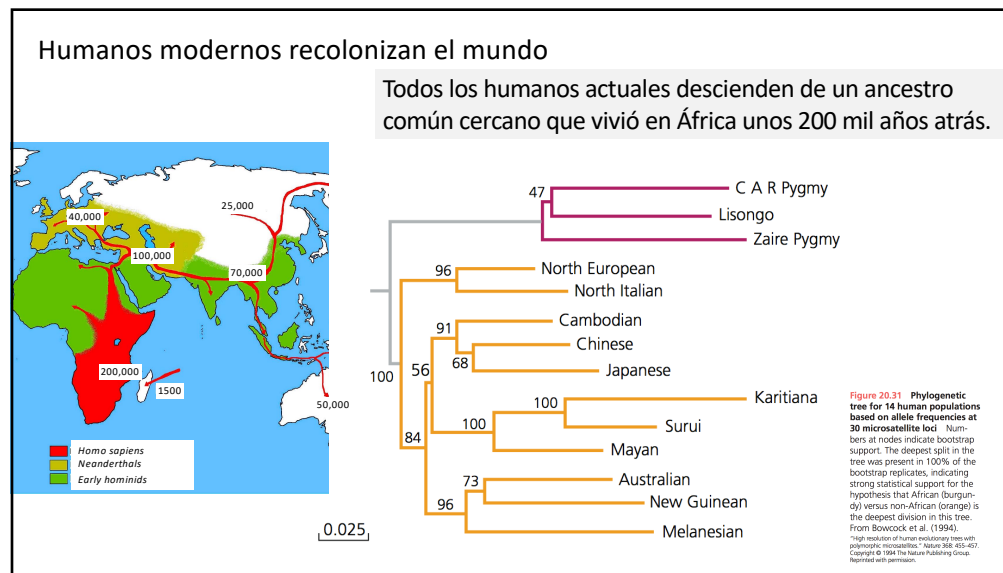
52



53



54



55

Evolución del linaje homínido

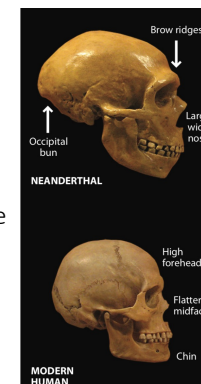
Medicina Evolutiva
Carrera de Medicina

Recapitulemos:

El aumento del tamaño del cerebro y del cráneo representan el segundo hito clave en la evolución humana, después de la bipedestación.

La retención de caracteres juveniles en el humano adulto (neotenia) permite a los humanos prolongar su desarrollo durante su ontogenia. La duplicación de genes asociados a la maduración del cerebro confiere mayor plasticidad y nuevas capacidades a *Homo sapiens*.

Los primeros miembros del género *Homo* se inician en la construcción de herramientas.



56

Evolución del linaje homínido

Medicina Evolutiva
Carrera de Medicina

Recapitulemos:

Homo erectus se establece fuera de África ocupando gran parte de Asia.

La aparición del lenguaje constituye otro hito en la historia evolutiva humana.

La expansión de los humanos modernos ocurrió en menos de 100 mil años a partir de poblaciones de *Homo sapiens* que sobrevivieron en África.

Existió flujo genético entre humanos modernos y Neanderthals y Denisoviensis.

