

Lic. Luis Baliña, Arq. Alberto Bellucci, Lic. Ludovico Videla, Prof. Carola Blaquier, Mons. Juan Carlos Maccarone, Mons. Eugenio Guasta, P. Dr. José Rovai (Córdoba), P. Dr. Miguel Barriola (Córdoba), P. Dr. Alberto Espezel, Prof. Rafael Sassot, Prof. Rebeca Obligado, Prof. Lucía Piossek Prebisch (Tucumán), Dr. Jorge Saltor (Tucumán), Prof. Julia Alessi de Nicolini (Tucumán), Prof. Cristina Corti Maderna, Prof. Dr. Raúl Valdez, Carlos J. Guyot, P. Lucio Florio (La Plata).

*Director y editor responsable:* P. Dr. Alberto Espezel

*Secretaria de redacción:* Prof. Cristina Corti Maderna

# COMMUNIO

- Creación y ecología* 3
- Hans Urs von Balthasar* 5 **Creación y Trinidad**
- Leonor Colombo de Cudmani* 13 **La creación y el universo de la física contemporánea**
- Hans Eduard Hengstenberg* 27 **Evolucionismo y doctrina de la creación**
- Fernando Ramírez Rossi* 38 **Diálogo entre el imaginario colectivo y un paleontólogo sobre "El origen del hombre"**
- Luis Baliña* 59 **Perplejidades de un filósofo ante un paleontólogo**
- Lucio Florio* 61 **Creación y Mundo Sacramental**
- Peter Henrici* 73 **Hombre y naturaleza en la era técnica**
- Juan B. Terán* 83 **Ecologistas tucumanos "avant la lettre"**
- Alberto Espezel* 84 **La mirada de Guardini**
- Julia Alessi de Nicolini* 93 **Dios en nuestras manos (los gestos del amor)**
- Luis Baliña - Alberto Espezel* 95 **Testimonios: José María de Estrada**

---

# Diálogo entre el imaginario colectivo y un paleontólogo sobre "El origen del hombre"

*por Fernando Ramírez Rozzi\**

El origen del hombre es un tema que deja indiferente a muy poca gente, tal vez a nadie. Sin embargo, es frecuente recibir comentarios en relación con este tema que no se ajustan al conocimiento que tenemos o preguntas que traslucen cierta mezcla de conceptos. Por esto he pensado en tratar de explicar el conocimiento científico actualizado sobre el origen del hombre a través de preguntas y reflexiones que un imaginario colectivo realiza a un paleontólogo.

**IC:** *Varias son las preguntas que me inquietan en relación con el origen del hombre. Algunas, tal vez, no estén específicamente relacionadas con este tema sino más bien con el campo de la ciencia. Por ejemplo, ¿es posible conocer el origen del hombre?*

**P:** Ninguna respuesta científica puede ser categórica. No puedo decir SI, ya que ciertos aspectos escapan siempre a las respuestas que puede dar cualquier disciplina científica, la visión de la realidad por parte de la ciencia es parcial. Tampoco puedo decir que NO, los datos que disponemos son numerosos y nos permiten esbozar un escenario sobre el origen del hombre respondiendo con mayor o menor precisión a diversos interrogantes.

**IC:** *¿Qué significa que la visión de la realidad de la ciencia sea parcial?*

**P:** Tiene que ver con el campo de la ciencia. La ciencia busca dar una explicación racional de los fenómenos, cualquier otro campo distinto del racional

\* Fernando Ramírez Rozzi, nacido en La Plata y egresado como paleontólogo de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata, es investigador del Centre National de la Recherche Scientifique, Francia (Lab. de Paléoanthropologie et Préhistoire du Collège de France, Station M. Berthelot, 30 av. M. Berthelot, 92360 Meudon la Foret, Francia).

escapa al dominio científico. En otras palabras, la explicación científica del origen del hombre se limita a lo racional y por lo tanto, creo yo, no agota el tema.

**IC:** *Siendo el hombre un ser extraordinario, su relación con el resto del mundo natural no es del todo clara. ¿El hombre es una especie separada del resto del mundo natural o al contrario, forma parte de éste?*

**P:** Todas las especies resultan de un proceso evolutivo que sigue ciertas leyes naturales. Las explicaciones que son válidas para explicar la evolución de cualquier ser vivo lo son también para el hombre. Por lo tanto para la ciencia, el hombre es una especie más del mundo natural.

**IC:** *Sin embargo el hombre es diferente, sobresale del resto de los seres vivos.*

**P:** No hay ninguna duda de que el hombre presenta rasgos propios. Hasta el siglo pasado se creía que los seres vivos podían ser ordenados en una escala, "escala de los seres", que iba del ser más primitivo al más complejo, este último era por supuesto el hombre. Sin embargo, la escala de los seres implicaba además de una jerarquización de las especies una orientación de la evolución, o sea una finalidad. La idea de finalidad no es compatible con la ciencia. Para explicar esto tomemos el ejemplo de una roca. La ciencia a partir del hecho de que la roca existe explica su existencia por medio de las leyes físicas y químicas, pero no puede decir que, porque las leyes físicas y químicas existen, la roca va a existir. Para los estudios de evolución, el factor fundamental reside en los procesos naturales que explican el origen del hombre. Estos son los mismos para cualquier otra especie, indicando que el hombre es una especie más en el reino animal.

**IC:** *Pero la complejidad del hombre no es la misma que la de un pez y aún menos que la de una bacteria. ¿Existe entonces una tendencia a la complejidad a lo largo de la evolución de los seres vivos y, en ese caso, el hombre es el más complejo?*

**P:** Para algunos paleontólogos, esta tendencia hacia la complejidad no existe puesto que siempre existieron, como en la actualidad, seres con una estructura muy simple: los seres unicelulares (compuestos por una sola célula). Sin embargo, para otros paleontólogos como en mi caso, la tendencia a la complejidad existe en la evolución de la vida. A lo largo del registro

geológico, donde los fósiles son hallados observamos que los seres con una estructura más compleja van apareciendo a medida que avanzamos en el tiempo.

**IC:** *¿Por lo tanto, es posible hacer una jerarquización de los seres y poner al hombre en su cima?*

**P:** La respuesta es básicamente NO por dos razones. Primero, la complejidad es difícil de medir. Tomemos por ejemplo la complejidad en la organización social. No podemos negar que la organización social del hombre es compleja, pero no estoy seguro de que lo sea más que la de las hormigas donde los individuos de una comunidad funcionan como un todo, con una distribución del trabajo muy específica donde una hormiga obrera presenta una morfología diferente de la de la reina. No es el caso en el hombre, donde una reina y un obrero son exactamente iguales. Segundo, en términos evolutivos, lo más importante no es la complejidad sino la adaptación de una especie a un medio ambiente determinado. El hombre presenta una gran adaptabilidad a diversos medios ambientes gracias al desarrollo de la cultura, pero remarquemos que las bacterias son los únicos seres capaces de vivir en cualquier medio. Además, que una especie esté más adaptada a un determinado medio ambiente siempre va acompañado de una no buena adaptación para otro medio ambiente. Por lo tanto, las especies no pueden ser ordenadas en categorías, sino que se habla de que la especie X está adaptada al ambiente 1 y que la especie Y está adaptada al ambiente 2.

**IC:** *¿Pero qué quiere decir que una especie está adaptada al ambiente?*

**P:** La adaptación es difícil de medir ya que no todas las características de un individuo están adaptadas en mismo grado a un determinado ambiente. Por lo general, la adaptación de una especie se mide por la descendencia que deja cada generación en relación con otra especie: la especie X presenta ciertas características que le permiten dejar mayor descendencia que la especie Y en un medio ambiente determinado. Por ejemplo, la cría de una especie de ciervo que pueda ponerse de pie y correr lo antes posible ciertamente escapará más fácil a un depredador (un león) que la cría de otra especie que necesite más tiempo para desarrollar las capacidades motrices de la carrera. La primera especie de ciervo se continuará a través del tiempo mientras que la segunda muy probablemente se extinguirá. La pri-

mera especie de ciervo está más adaptada que la segunda a un medio ambiente donde existen depredadores. Lo que acabamos de describir no es otra cosa que un ejemplo de Selección Natural.

**IC:** *¿Pero la Selección Natural no era una lucha encarnizada por la supervivencia?*

**P:** La Selección Natural ha sido imaginada como la lucha a muerte entre dos individuos de la misma especie, nada más alejado. Es cierto que dos machos pueden pelear por un harem, pero en casi ninguna especie este enfrentamiento termina con la muerte de un contrincante. La Selección Natural es como la describimos para los ciervos. Pero supongamos ahora que no son dos especies de ciervos distintas sino dos poblaciones de la misma especie de ciervo las que presentan diferencias en el desarrollo de la locomoción. Esta diferencia puede haber surgido por una mutación genética que permite en definitiva a una población estar más adaptada para escapar del depredador. Esta población dejará descendencia y no la otra, por lo tanto, las características genéticas de la especie cambiarán. Este cambio, en una escala de tiempo mayor, es lo que produce la aparición de nuevas especies a través del tiempo.

**IC:** *¿La selección natural depende entonces exclusivamente de las mutaciones genéticas?*

**P:** No exclusivamente. Las mutaciones genéticas son un cambio en la estructura de los genes que son pequeños fragmentos de una molécula llamada ácido desoxirribonucleico, que se halla en el núcleo de cada célula. Los rasgos de un individuo dependen del conjunto de genes. Por lo tanto, una mutación genética producirá una nueva característica sobre la que la selección natural podrá actuar. Pero también puede suceder, y esto fue común en la evolución del hombre, que lo que se modifica es el medio ambiente. Al cambiar el ambiente se modifican las presiones que éste ejerce sobre un animal, llamadas presiones de selección. Por lo tanto, las características que antes servían para adaptar un organismo al ambiente tal vez no sean las más convenientes para adaptarlo al nuevo paisaje que lo rodea. En nuestro ejemplo de los ciervos, supongamos que el ambiente se modifica con las consecuencias de que no existen más los depredadores y que la hierba se hace rala siendo necesario buscarla durante un mayor pe-

río de tiempo. Es muy probable que un lento desarrollo del aparato locomotor se acompañe de una mayor resistencia a la marcha. En este caso, la población que en el ambiente con depredador mostraba una menor adaptación pasa a convertirse, por un cambio en el medio ambiente, en la población más adaptada. En el ambiente anterior, la resistencia no entraba en juego sino la rapidez, el nuevo ambiente determina nuevas presiones de selección donde la rapidez ya no es importante sino la resistencia.

**IC:** *¿Podemos decir lo que va a suceder de aquí a un futuro próximo?*

**P:** La respuesta, por una vez, es un NO rotundo, ya que nada nos permite inferir cuál será la próxima mutación genética ni tampoco cómo será la relación de los seres vivos con un nuevo medio ambiente. Los factores sobre los que actúa la selección natural se modifican al azar, o sea, no son predecibles. Volvemos en cierta forma al ejemplo de la roca.

**IC:** *¿Cuál es la relación de todo esto, mutaciones genéticas, selección natural, modificación del medio ambiente, con el origen del hombre?*

**P:** El hombre como dijimos, es una especie más y todos estos mecanismos o mejor dicho todos estos procesos evolutivos, así como explican de forma satisfactoria la evolución de cualquier especie, explican también la evolución del hombre.

**IC:** *Si el hombre es una especie más en el mundo natural y todas las especies se originan de otra especie, ergo, el hombre tiene su origen en otra especie. ¿Es cierto entonces que el hombre desciende del mono?*

**P:** La respuesta es SI, y no existe mayor duda al respecto. El hombre desciende del mono. Pero ciertos puntos deben ser aclarados ya que la representación general que se hace de esta frase es una cadena en cuyo extremo izquierdo figura el chimpancé y en el extremo derecho, el hombre, existiendo en el medio de la cadena un blanco que correspondería al eslabón perdido. Nada más alejado de la realidad que esta representación. El hombre desciende del mono, pero no del chimpancé, sino de un mono que vivió en África hace alrededor de 3 millones de años. La evolución del mono al hombre no es tan sencilla como puede llegar a inferirlo una simple línea representada por una cadena y la idea del eslabón perdido es más

un concepto imaginario que real. La sentencia correcta acerca del origen del hombre es que el hombre desciende de un antepasado común con el mono; esto significa que el chimpancé y el gorila, denominados en conjunto grandes monos africanos, poseen un antepasado común con el hombre. Lo que debe quedar en claro es que la historia evolutiva del gorila y del chimpancé es la misma que la historia evolutiva del hombre hasta hace 6 millones de años. A partir de este momento, las historias evolutivas divergen. Existen dudas acerca de cuál gran mono africano presenta primero una historia evolutiva propia. Lo más probable es que hace 6 millones de años la historia evolutiva del gorila haya seguido un trayecto propio, diferente de la historia evolutiva hombre-chimpancé. La historia evolutiva del chimpancé habría comenzado a ser distinta de la del hombre hace 5 o 4 millones de años, momento en que habría vivido, entonces, el ancestro común a estas dos especies.

Las especies comprendidas por la historia evolutiva del hombre (especies de monos y de hombres) se agrupan bajo el nombre de homínidos. Por esta razón y para evitar toda alusión a una finalidad, se prefiere hablar no de 'origen' o 'evolución del hombre' sino de hominización o evolución de los homínidos.

**IC:** *Quiere decir que el chimpancé y el hombre son primos y ambos son primos un poco más lejanos del gorila. Pero si el parentesco es cercano deberíamos asemejarnos y en realidad hay varias diferencias.*

**P:** Para explicar esto tomemos el caso de una película. Si nos limitamos a ver sólo un cuadro, y no la película entera, podremos saber quién es probablemente el protagonista, pero no tendremos ni idea de lo que trata la película. Lo mismo se aplica para comprender la diversidad del mundo viviente. Los seres vivos muestran diferencias enormes y no podremos explicarlas si nos contentamos con una foto instantánea de la realidad. La evolución es un proceso que se desarrolla a través del tiempo, al igual que una película. Si observamos las diferencias entre el chimpancé y el hombre desde esta perspectiva, veremos que las diferencias se vuelven fácilmente explicables. Recordemos que el hombre no se origina del chimpancé sino que ambos tienen un antepasado común más cercano que con cualquier otra especie. Esto implica que las diferencias entre el hombre y el chimpancé deben ser menores que las observadas entre el hombre y cualquier otro mamífero. Y así es.

La similitud anatómica entre el hombre y los grandes monos no es una constatación reciente. En el siglo XVII son efectuadas las primeras descripciones anatómicas del chimpancé y en ellas este gran mono africano recibe el nombre científico de *Homo sylvestris*, o sea, se lo considera un hombre pero un hombre, de la jungla. En el siglo XVIII, el científico sueco Lineo realiza la clasificación de las especies a partir de la cercanía anatómica. Esto lo lleva a agrupar al hombre junto al resto de los monos bajo el nombre de Primates. Lineo fue criticado por haber reagrupado al hombre junto al 'bruto' (el chimpancé), y desafió, entonces, a que alguien le mostrara una diferencia estructural que pudiera separarlos. La similitud anatómica es tal que en la actualidad el hombre y el chimpancé no sólo forman parte del orden de los Primates, sino que pertenecen a la misma superfamilia de los Hominoideos. Las diferencias que se pueden observar son a penas de grado: tal hueso es más largo, tal otro es menos ancho, tal articulación es menos rígida o la proporción entre tales huesos es distinta; pero no existe ninguna diferencia anatómica estructural: exactamente los mismos huesos son encontrados en las dos especies.

Otro tipo de evidencia sobre la cercanía del hombre con los monos en general y con el chimpancé en particular proviene de la embriología, que es el estudio del desarrollo de un individuo desde la concepción hasta la formación de órganos ya diferenciados (hasta el tercer mes de embarazo en el hombre). En el siglo XIX, el científico estoniano von Baer sugería que el desarrollo va de lo general a lo particular y que la cercanía evolutiva entre dos especies podía ser inferida a partir de la similitud en el desarrollo embriológico, lo que fue confirmado posteriormente. Esto quiere decir que las diferencias se adquieren en etapas avanzadas del desarrollo, cuanto más próximo sea el parentesco entre dos formas, más tarde durante el desarrollo embriológico aparecerán las diferencias. El desarrollo embriológico del hombre se asemeja, durante un tiempo mucho más prolongado, al de cualquier mamífero que al de un reptil; si consideramos los mamíferos, la similitud del desarrollo embriológico del hombre se asemeja más al de cualquier otro primate que al de otro mamífero. En el caso del chimpancé, el desarrollo embriológico es muy cercano al del hombre, tanto que la semejanza sigue siendo evidente aún después del nacimiento.

La cercanía entre el hombre y el chimpancé también es puesta en evidencia por los estudios genéticos. Las moléculas de ácido desoxirribonucleico donde se hallan los genes toman una forma particular en el momento de la división celular y forman los cromosomas. El número de cro-

mosomas en las células es característico de cada especie, el número de cromosomas es de 46 (o 23 pares) en el hombre y de 48 (o 24 pares) en el chimpancé. Un par de cromosomas determina el sexo y el resto las características corporales (pares de cromosomas somáticos). Cuando un cromosoma de cada par del hombre es comparado con el equivalente en el chimpancé las diferencias son mínimas (figura 4). Las diferencias sólo corresponden al 1% indicando que los cromosomas del hombre son 99 % semejantes a los del chimpancé. Esta estrecha semejanza también es hallada cuando segmentos equivalentes del ácido desoxirribonucleico son comparados.

En conclusión, estudios anatómicos, embriológicos, y genéticos ponen en evidencia la estrecha semejanza del hombre con el chimpancé y confirman, además, que la historia evolutiva del hombre está íntimamente en relación con la historia evolutiva del resto del mundo animal y, muy particularmente, con la de los primates.

**IC:** *Esta conclusión proviene de comparar especies actuales: el hombre y el chimpancé. ¿Qué dice la paleontología a todo esto?*

**P:** La evidencia paleontológica confirma la conclusión precedente, que el hombre y el chimpancé son primos cercanos. Pero la gran ventaja de la paleontología es que nos permite seguir la historia evolutiva de los homínidos y explicar el estado actual desde un punto de perspectiva ubicado en el tiempo.

**IC:** *¿La relación del hombre con el mono del cual se originó, está bien documentada o existe efectivamente el eslabón perdido?*

**P:** Los datos suministrados sobre la evolución de los homínidos por los estudios paleontológicos son numerosísimos. Es cierto que hasta hace sólo 25 años, los restos fósiles eran escasos. Eran aún menos abundantes en el siglo pasado, momento en que se acuñó el término de eslabón perdido para designar una etapa intermedia, faltante en el registro de la cadena que iba del mono hacia el hombre. Como explicamos anteriormente, no existe tal 'cadena' y no se puede hablar de dirección 'del mono hacia el hombre'. La historia evolutiva de los homínidos hay que representársela no como una cadena, sino como un arbusto cuyas ramificaciones son numerosas y en diversas direcciones. Con esta nueva visión de la historia evolutiva de los homínidos, el concepto de eslabón perdido pierde todo su significado.

Un problema actual del paleontólogo no es 'llenar' un espacio entre dos etapas, al contrario es cómo ubicar la cantidad de fósiles disponibles en el arbusto evolutivo de los homínidos.

**IC:** *Uno conoce pocos restos fósiles: Lucy, el Pitecanthropo, el hombre de Neandertal y el de Cro-Magnon. Y usted menciona una 'cantidad de fósiles'. ¿Cómo explicar esto?*

**P:** Los restos más conocidos son aquellos descubiertos hace varios años o los que por ciertos aspectos, sobre todo un esqueleto bastante completo, han merecido la atención de la prensa. Pero en realidad, desde hace 25 años la cantidad de descubrimientos que se realizan anualmente son numerosos e importantes.

**IC:** *¿Qué dice entonces la paleontología de la evolución de los homínidos?*

**P:** La evolución de los homínidos es mucho más compleja que lo que dejan entrever los cuatro nombres mencionados. Trataremos de seguir las grandes líneas evolutivas sin enmarañarnos demasiado con los nombres de las abundantes especies. Dividiremos la evolución de los homínidos en tres grandes etapas. La primera etapa corresponde al período de tiempo que va de hace 4,3 a 2,8 millones de años. En esta etapa, se hallan los primeros homínidos, o sea, aquellos que están en relación con el hombre actual y no con el chimpancé. Los homínidos de esta etapa han sido hallados principalmente en África Oriental: Etiopía, Kenia y Tanzania, sin embargo, recientemente se han hallado restos en África Central (Chad) y en África Meridional (Rep. Sudafricana). Se los agrupa bajo el nombre de Australopithecus, aunque es probable que algunos homínidos de esta antigüedad correspondan, sino al primer Homo (hombre), a aquellos estrechamente vinculados con éste. De este período proviene Lucy, que es un esqueleto parcial de un individuo que vivió hace un poco más de 3 millones de años en Hadar (Etiopía). Los homínidos de esta etapa se caracterizan por una capacidad craneana pequeña, no mayor a la de un chimpancé; el cráneo se ubica detrás de la faz; presentan un prognatismo acentuado como en el chimpancé, pero, a diferencia de éste, los caninos (colmillos) están reducidos. Lo que más llama la atención es que, aunque la morfología del cuerpo indica que estos homínidos todavía conservan una vida arborícola, ellos eran capaces de marchar sobre las dos piernas (bipedismo). Esto está demostra-

do por el espectacular descubrimiento realizado en 1979, en Laetoli, (Tanzania) de pisadas fósiles hechas hace más de 3 millones de años.

La segunda etapa va de hace 2,8 a 1 millón de años. En esta etapa existe un gran número de especies de homínidos. Sin embargo, podemos distinguir tres grandes grupos. El grupo de los *Australopithecus* no está tan expandido, ya que sólo se lo encuentra en África Meridional. La principal diferencia con los *Australopithecus* de la etapa precedente es que el cerebro es un poco más voluminoso. El grupo de los *Paranthropus* (también llamado *Australopithecus robustos*) tiene su origen en los *Australopithecus* de la etapa precedente. Se caracterizan por el desarrollo de un poderoso aparato de masticación, con potentes músculos que producen el desarrollo de crestas óseas en el cráneo y voluminosos dientes. Los *Paranthropus* han sido hallados en África Oriental y Meridional. El tercer grupo comprende al hombre (género *Homo*) cuyos primeros representantes son viejos de hace 2,5 millones de años. Estos se caracterizan por un cráneo dispuesto no detrás de la faz, sino por encima de ella. La capacidad craneana es mayor que en la etapa precedente. Las características del cuerpo en relación con la locomoción no están definidas para ninguno de los tres grupos. Por ejemplo, hay individuos, atribuidos al género *Homo*, cuyo bipedismo es casi el mismo que el del hombre actual, sin embargo hay otros restos, también atribuidos al género *Homo*, que reflejan una gran adaptación a la vida arborícola. Durante este período tiene lugar la gran expansión del género *Homo*. Los representantes más antiguos de este género han sido datados en 1,9 millón de años en Asia (Indonesia) y de 1,8 millón de años en la puerta de Europa (Georgia). En esta etapa aparecen por primera vez de forma indiscutible los primeros utensilios datados en alrededor de 2,5 millones de años. La atribución de los utensilios a algún grupo en particular es incierta. Lo más probable es que no sólo el hombre sino todos los grupos hayan utilizado los utensilios, por ejemplo la anatomía de la mano de los *Paranthropus* sugiere que estos homínidos eran capaces de efectuar una presión fina.

Los *Australopithecus* se extinguen alrededor de hace 1,8 millón de años y los *Paranthropus*, al fin de la segunda etapa. Los hombres son los únicos representados en la tercera etapa que llega hasta la actualidad. La capacidad craneana aumenta y aparecen las características de la locomoción propias del hombre actual. Se asiste a una gran diversidad cultural. En esta etapa encontramos al hombre de Neandertal, que vivió en la actual Europa y el actual Cercano Oriente entre hace 120.000 y 30.000 años. Duran-

te años se consideró a esta especie como una forma bestial del hombre, pero nada más alejado de la realidad. El hombre de Neandertal, especie diferente de la del hombre actual, se caracterizaba por una musculatura poderosa, una contextura física robusta y una capacidad craneana mayor que la del hombre actual. Fue la única especie, además de la del hombre actual, que sepulta a los muertos y que manifiesta una cierta estética. El hombre actual, llamado científicamente *Homo sapiens*, apareció en África hace alrededor de 200.000 años y de allí, por oleadas sucesivas, se expandió hacia los otros continentes, reemplazando las antiguas formas de hombre. El hombre actual es el primero en llegar a América hace 30.000 - 15.000 años.

La división en tres etapas da una visión muy simplificada de la evolución de los homínidos. Sin embargo, en ella persiste un aspecto que se torna muy evidente en un análisis detallado de los restos fósiles y que hay que tener presente. Este aspecto es que las diferencias entre los homínidos no son cualitativas sino cuantitativas. Esto quiere decir que las especies del género *Homo* se diferencian de las especies de *Australopithecus* y *Paranthropus* en que tal característica es más o menos grande o está más o menos desarrollada. Como consecuencia, no es posible establecer un límite entre una forma y otra. Además, la evolución se produce en mosaico, mientras una característica cambia, otra permanece estable. Por lo tanto, la separación entre lo que es *Homo* y lo que no lo es se vuelve arbitraria. Es por esta razón por la que se prefiere hablar no de características sino de tendencias.

La marcha bípeda, que está ausente en otro grupo de primates, se halla presente en todos los homínidos, aun en los más antiguos. El aumento en la capacidad craneana es muy manifiesto de los primeros a los últimos representantes del género *Homo*. A diferencia de los *Paranthropus*, el aparato masticatorio no se desarrolla en el *Homo*, más bien se reduce a través del tiempo. En conclusión, podemos decir que los homínidos se caracterizan por una tendencia al bipedismo y los hombres por una tendencia a la encefalización y otra a la reducción del aparato masticatorio.

**IC:** *Pero hablar de tendencias hace que las características pasen a un segundo plano. ¿Cómo distinguir al hombre? ¿Cómo definir al hombre?*

**P:** El paleontólogo se basa en el estudio del registro fósil, en todo resto o evidencia de actividad del hombre en el pasado. El registro fósil es incompleto y éste es un inconveniente de los estudios paleontológicos. Pero la ventaja es que ubica lo actual en una perspectiva temporal. Si tomamos to-

dos los seres vivos, es fácil distinguir al hombre y, basándonos en el hombre actual, podremos avanzar una definición del mismo. Pero si consideramos las formas fósiles, la distinción, el límite neto entre el mono (el australopithecus) y el hombre es imposible de trazar (lo mismo sucede entre el australopithecus y su ancestro, y así sucesivamente). Hay una tendencia propia a la historia evolutiva del hombre, pero no es posible establecer cuándo termina el mono y cuándo empieza el hombre. Así, con la limitada evidencia paleontológica y con la invaluable perspectiva temporal, el hombre sólo puede ser definido por tendencias en un continuo sin interrupción con el mono.

**IC:** *¿Cómo explican los procesos evolutivos la evolución de los homínidos? ¿Cómo fue que un mono evolucionó y originó al hombre?*

**P:** Determinar cómo han interactuado los diferentes mecanismos evolutivos para explicar cómo una especie se convierte en otra no es nada sencillo. La dinámica básica es que ciertas mutaciones fueron ventajosas en un momento determinado dadas ciertas condiciones del medio ambiente. Pero, cuáles fueron dichas mutaciones, condiciones ambientales y su interacción en cada etapa de la evolución de los homínidos son el aspecto más atrapante de la paleoantropología porque requiere una síntesis de amplios conocimientos. Los datos de la paleoantropología se asocian, así, a los de otras disciplinas (paleontología de mamíferos, primatología, ecología, paleobotánica, palinología [estudio del polen], geomorfología, sedimentología, paleoclimatología, oceanografía, etc.) para esbozar el escenario del origen del hombre.

La imposibilidad de obtener todo este bagaje de datos para cada período resulta en la ausencia de escenarios o escenarios muy hipotéticos. Sin embargo, gran cantidad de datos ha sido obtenida para el período en que aparecen los homínidos y para aquel en que se origina el hombre. La evolución del clima y del medio ambiente, así como la selección natural ejercida sobre los prehomínidos y más tarde en el prehombre, son conocidas permitiendo sugerir escenarios de cómo se produjo la aparición de los homínidos primero y del hombre después.

**IC:** *¿Cómo fue entonces la aparición de los homínidos?*

**P:** La teoría de placas sostiene que la corteza terrestre está compuesta de

placas que se desplazan y con ellas, los continentes (teoría de la deriva continental). Las placas, en su desplazamiento, pueden chocar o separarse. Así, las placas correspondientes a África y a América del Sur se separan alrededor de 2 centímetros por año mientras que la placa correspondiente a la India choca con la placa asiática produciendo el levantamiento y el plegamiento del Himalaya y el maciso tibetano.

La zona de separación entre dos placas se conoce como rift. Un rift se desarrolla desde hace 17 millones de años al Este del continente africano. Este se encuentra sumergido en el Mar Rojo, se prolonga por Etiopía atravesándola de Nordeste a Sudoeste y se continúa hacia el Sur en dos brazos, originando una serie de lagos: Turkana, Tanganika, Victoria, Alberto y finalmente Malawi. En el rift, siendo una zona de inestabilidad geológica, numerosos volcanes se desarrollan. Este rift, denominado rift Valley, separa el África Oriental o cuerno de África del resto del continente y, muy probablemente, un mar allí se desarrollará en millones de años.

Hasta hace 10 millones de años, la selva ecuatorial y la sabana arbórea se extendían del trópico de Cáncer al trópico de Capricornio desde el golfo de Guinea hasta el océano Índico. En esta época se registra una reactivación del rift Valley con la consecuente formación de murallas y la elevación de toda el África Oriental. Esto provocó que la banda continua de vegetación que se extendía del golfo de Guinea al océano Índico haya sido cortada en dos: la parte occidental, influenciada siempre por la humedad y las precipitaciones provenientes del Atlántico, conservó las mismas características: selva ecuatorial y sabana arbórea; mientras que en la zona oriental, al este del rift Valley, la vegetación cambió paulatinamente, puesto que la humedad y las precipitaciones provenientes del Atlántico fueron detenidas sobre el lado oeste de la cadena montañosa formada por el rift. La selva tropical y la sabana arbórea del África oriental desaparecieron, dejando lugar a una vegetación cada vez más abierta, la vegetación herbácea fue tomando más y más importancia en desmedro de la vegetación arbórea.

**IC:** *¿Cuál es la relación entre estos cambios y la evolución de los homínidos?*

**P:** De acuerdo con los indicios fósiles, el ancestro común de los homínidos y de los grandes monos africanos habitaba esta zona. Los cambios geográficos primero y del medio ambiente después separaron las poblaciones de este ancestro común en dos, unas al este y otras al oeste del rift en el África ecuatorial. Cada población seguiría su propia evolución determinada en

gran medida por el medio ambiente en que habitaba. Según esta hipótesis, llamada "ambientalista", las poblaciones al oeste del rift Valley habrían dado origen al gorila y al chimpancé, especies que habitan actualmente esa región; mientras que las poblaciones al este del rift habrían evolucionado originando a los homínidos. La importancia de esta hipótesis, a pesar de sus puntos criticables, reside en haber puesto de relieve la influencia del cambio ambiental en la evolución de los homínidos. La evolución no se produjo por la migración de unos hacia un medio arbóreo y la migración de otros hacia un medio abierto, sino que la selva permaneció para unos mientras que desaparecía para otros.

**IC:** *¿Los cambios del medio ambiente habrían actuado como una presión de selección determinando un cambio morfológico?*

**P:** Así es. La marcha bípeda es considerada como la tendencia propia de los homínidos y es puesta en relación con el cambio del medio ambiente. La relación entre bipedismo y un hábitat abierto puede explicar el origen de los homínidos. Esta relación fue objeto de diversas hipótesis que no son necesariamente contradictorias, sino que ponen el acento en aspectos distintos, como pueden ser la búsqueda de alimentos, la defensa del grupo, el traslado de objetos o el cuidado de la cría. El ponerse de pie sobre los miembros posteriores habría permitido a los primeros homínidos elevarse por sobre las hierbas y escudriñar los alrededores en busca de alimentos y/o en prevención de fieras al acecho. Es probable que la alimentación de los primeros homínidos estuviera basada prácticamente en semillas y/o frutos que obtenían en árboles dispersos en un hábitat abierto. El desplazamiento de un árbol a otro lo habrían hecho sobre dos pies para hacerlo más rápido y aumentar así la eficacia en la recolección de alimentos. Es probable, también, que los primeros homínidos hayan tenido una mayor eficiencia reproductiva, teniendo cría bastante seguido. El bipedismo permitiría la liberación de las manos que habrían sido utilizadas en las hembras para trasladar la cría y en los machos, para transportar alimentos desde los lugares de recolección o caza al sitio donde se encontraba su grupo, esto permitiría que las hembras se encargaran, principalmente, del cuidado de las crías. La liberación de las manos también habría permitido utilizarlas en la fabricación y el transporte de utensilios necesarios para reemplazar en la alimentación una dentición no poderosa y en la defensa unos caninos poco desarrollados.

Las pisadas halladas en Laetoli han sido atribuidas a una especie muy diversa ecológicamente que vivía en un hábitat arbóreo, lo que está de acuerdo con indicios más recientes que indican que la desertificación del África Oriental comienza después de hace 3 millones de años. Por lo tanto, parecería que la aparición del bipedismo tendría poca relación con el cambio de hábitat. Es más probable que el bipedismo haya surgido como medio de desplazamiento en los árboles. Pero una vez desaparecidos los árboles, aquellos seres, que ya eran bípedos en los árboles, estaban mejor adaptados a un hábitat abierto (preadaptación), ya que buscarían y obtendrían más rápido la comida dispersa en los árboles y arbustos.

**IC:** *De esta forma, la evolución de los pies es anterior a la evolución de la cabeza.*

**P:** Durante un siglo, la discusión central en paleoantropología fue si la evolución había comenzado por los pies o por la cabeza. Hoy sabemos que la marcha bípeda apareció antes que la tendencia a aumentar la capacidad craneana. Sin embargo, esto no quiere decir que la marcha bípeda sea totalmente independiente del desarrollo del cerebro. El estar de pie hace que el cerebro tenga menor exposición al sol y no sea alcanzado por las brisas al estar alejado del suelo. El calentamiento es entonces menor que en un ser cuadrúpedo y su funcionamiento, siendo el cerebro un órgano muy sensible, es menos perturbado.

**IC:** *¿Cómo fue la evolución del cerebro?*

**P:** El calentamiento, o mejor dicho el enfriamiento, debe haber sido un factor limitante del desarrollo del cerebro. Los riesgos de hipertermia (elevada temperatura) en el cerebro aumentan a medida que los organismos son más grandes; por lo tanto, dichos riesgos deben haber sido elevados en la evolución del hombre considerando que el tamaño de su cerebro es mucho mayor que en cualquier otro mamífero en relación con la talla del cuerpo. Por lo tanto, un cerebro voluminoso sólo pudo evolucionar si existía un sistema capaz de asegurar una temperatura adecuada. El análisis de la irrigación sanguínea en los primeros homínidos ha sugerido interesantes hipótesis al respecto. Con el bipedismo y la postura erecta, la circulación sanguínea del cerebro, ubicado en posición más elevada que el corazón, necesitó de mecanismos para vencer la fuerza de gravedad. Uno de estos me-

canismos fue el desarrollo de un amplio sistema de pequeñas venas llamadas "emisarias", que conectan las venas subcutáneas con las venas al interior del cráneo.

Estudios sobre la temperatura del cerebro en el hombre actual mostraron que la sangre en las venas emisarias fluye del cerebro hacia afuera en los casos de hipotermia (baja temperatura), mientras que ante una hipertermia (temperatura elevada), la sangre fluye del exterior al interior del cráneo. De esta forma, la sangre del exterior del cráneo, enfriada por vasodilatación y evaporación de la transpiración, sirve para enfriar y mantener una temperatura adecuada del cerebro. El aumento del tamaño del cerebro en el linaje del hombre es acompañado por el desarrollo del sistema de venas emisarias, mayor es la capacidad craneana en los fósiles, más complejo es este sistema. Por lo tanto, es muy probable que el sistema de venas emisarias del cráneo, con su función de enfriar el cerebro, haya posibilitado el desarrollo de un cerebro voluminoso.

**IC:** *Vimos que el hombre se caracteriza por una tendencia a la encefalización. ¿Cómo fue entonces la aparición del hombre (género Homo)?*

**P:** El medio ambiente se modificó poco a poco en África del Este desde la reactivación del rift, pero modificaciones generales en el clima del planeta produjeron que la evolución del medio ambiente fuera acentuada entre 3 y 2 Ma, período de gran interés en paleoantropología, ya que los primeros Homo provienen de depósitos de esta antigüedad. La determinación de medio ambientes en tiempos pasados (paleoambientes) es importante para explicar los procesos evolutivos, y en particular en este caso para comprender el porqué de la aparición del género Homo. El análisis de la flora y de la fauna así como de los sedimentos ponen de manifiesto esta evolución.

**IC:** *¿Cuáles son los medios que se utilizan para establecer los paleoambientes?*

**P:** La vegetación en un paleoambiente puede ser descripta gracias a los restos fósiles de troncos u hojas, pero éstos son rara vez conservados. Esta es reconocida a partir de la palinología: el estudio de los granos de polen. Los granos de polen son las células reproductivas masculinas de las plantas. Están recubiertos por una capa muy dura que resiste el paso del tiempo. Es-

ta capa presenta una morfología que, en general, es propia para cada especie. Así, el análisis de los granos de polen en niveles geológicos permite reconocer qué especies estaban representadas y cuáles predominaban. En la estepa o la sabana, la vegetación de tipo herbácea predomina sobre la vegetación arbustiva o arbórea. Si el análisis polínico indica que los granos de polen de especies herbáceas son más abundantes, es muy probable que el sedimento que analizamos haya sido formado en un ambiente abierto, de tipo estepa o sabana.

Otra forma de determinar el paleoambiente es comparar los fósiles con las formas actuales. La asociación de fósiles en un nivel geológico determinado es comparada con las asociaciones faunísticas actuales de distintos medios ambientes para inferir el hábitat del cual aquélla proviene. Por ejemplo, especies adaptadas a la carrera como las cebras, los impalas y los chitas habitan ambientes abiertos como la estepa o la sabana. Restos fósiles de estos grupos indicarán que estamos en presencia de un paleoambiente abierto de tipo estepa o sabana. Si los fósiles no tienen representantes actuales se sigue el mismo tipo de razonamiento, pero esta vez haciendo hincapié en ciertos aspectos de la morfología. Por ejemplo, si los huesos de las extremidades han sido fusionados y el contacto con el suelo es realizado sólo por el extremo de un dedo (condición observada en el caballo actual) podemos inferir que esta forma fósil estaba adaptada a la carrera y que, por lo tanto, habitaba un medio ambiente abierto.

Los dientes son de suma importancia para establecer los paleoambientes. De acuerdo con el crecimiento, existen básicamente dos tipos de dientes. Dientes cuyo crecimiento finaliza en un momento dado, como los dientes del hombre actual, y dientes de crecimiento continuo, como los incisivos de los roedores. Estos últimos se denominan hipsodontos. Los grupos de mamíferos que poseen este tipo de dientes exponen sus dientes a un fuerte desgaste y es muy probable que los dientes hipsodontos hayan aparecido como una respuesta, una adaptación, a este fuerte desgaste. Aparte de los roedores que utilizan sus incisivos hipsodontos para roer la madera, los mamíferos con molares hipsodontos (caballo, ciervo, etc.) son aquellos que ingieren alimentos abrasivos, como las hierbas. Éstas presentan células que contienen cristales de sílice, un mineral muy duro. Fósiles que presenten molares hipsodontos son un indicio de un medio ambiente donde predominaban las hierbas sobre las formas arbustivas y arbóreas.

Ciertos mamíferos son buenos indicadores del tipo de hábitat que prevaleció en un momento dado, como por ejemplo los suidos (cerdos),

los elefántidos y los bovidos (ciervos), ya que presentan una gran repartición temporal y están bien representados en el registro fósil. Los dientes de los suidos y los elefántidos pueden ser utilizados para establecer tendencias y determinar etapas de evolución. En los bóvidos, a diferencia de los anteriores, lo que es de utilidad son las diferentes especies representadas en el registro fósil.

**IC:** *El hombre habría aparecido entonces entre hace 3 y 2 millones de años en África del Este, ¿cómo era el medio ambiente en ese momento en esa región?*

**P:** Depósitos datados entre 3 y 2 Ma, aunque no son abundantes, son encontrados en África del Este. Los depósitos alrededor del lago Turkana, en Etiopía y Kenia, constituyen un caso único y forman el Grupo geológico del Omo. Éstos cubren en forma continua un período que va desde antes de 3 Ma hasta después de 2 Ma. Los sedimentos son fluviales (de río), deltaicos (de deltas) y lacustres (de lagos) intercalados con niveles de ceniza volcánica (tufa). Las tufas del Grupo del Omo han permitido establecer una datación precisa y continua de los depósitos, además son utilizadas para separar los depósitos sucesivos en unidades geológicas. En cada unidad geológica, la asociación de fauna y flora puede ser caracterizada y datada. El estudio de las sucesivas asociaciones permite describir la evolución del ambiente.

El estudio de los fósiles en el Grupo del Omo permitió reconocer tres asociaciones faunísticas. El reemplazo de una asociación por otra se efectúa gradualmente, aunque es posible distinguir una modificación más abrupta alrededor de hace 2,3 millones de años. El cambio más notable es el aumento de la hipsodoncia en dientes de suidos y elefántidos al igual que la aparición de ciervos y équidos que, además de presentar dientes hipsodontos, se hallaban adaptados para la carrera en un ambiente abierto. Por ejemplo, hacia 2,3 millones de años apareció el grupo de los impalas y los primeros representantes del género *Equus* (genero del caballo actual).

El análisis del espectro polínico confirma los datos de los estudios faunísticos. El número de especies arbóreas disminuye mientras que el de especies herbáceas aumenta a través del tiempo. Además, a partir de 2,3 Ma, algunas especies de árboles indicadoras de humedad no están más representadas.

Todos estos datos indican que el medio ambiente se ha modifica-

do entre 3 y 2 Ma en África del Este, con una aceleración alrededor de 2,3 Ma. Un hábitat más húmedo y arbóreo fue reemplazado por un medio ambiente más seco y abierto con un paisaje de tipo estepa.

La desertificación de África del Este está en relación con el desarrollo del rift Valley. Sin embargo, esto no explica todos los fenómenos observados, como por ejemplo el cambio abrupto alrededor de 2,3 Ma. El medio ambiente depende, en gran medida, de las condiciones climáticas y la evolución del clima es de suma importancia para conocer las modificaciones del hábitat. El estudio de paleoclimas permitió determinar una tendencia general en el clima del planeta que comienza hace alrededor de 50 Ma. Desde esa época hasta ahora ha habido un enfriamiento progresivo de la Tierra con ciertos períodos de oscilación. El clima entre 3 y 2,5 millones de años corresponde a un período de oscilación con temperaturas templadas y entre 2,5 y 2,3 millones de años hubo un descenso abrupto en la temperatura global. Este evento se lo pone en relación con el cambio de hábitat y el reemplazo de especies.

**IC:** *Estos cambios del medio ambiente y climáticos produjeron un reemplazo de especies en varios grupos de mamíferos. ¿Cuál fue el impacto de estos cambios en los homínidos? ¿Es posible que el cambio de clima y hábitat se vea también reflejado en un reemplazo de especies de homínidos?*

**P:** La aparición de los australopithecinos robustos en África del Este y del Sur tuvo lugar hace 2,5 millones de años. Estos australopithecinos se caracterizan por un aparato masticatorio poderoso con características propias de una adaptación a una alimentación dura, muy probablemente herbácea. Por lo tanto, los australopithecinos robustos pueden haberse originado muy probablemente como una respuesta a un ambiente abierto con paisaje de estepa producto de una degradación climática.

Es probable que el origen del género Homo haya tenido lugar alrededor de hace 2,5 millones de años y puede ser entonces relacionado con el cambio climático y ambiental. Sin embargo, no son claras las adaptaciones de este género en relación con el nuevo tipo de hábitat, ya que sus características propias o no pueden ser interpretadas como respuestas a la degradación climática o son ya reconocibles en restos más antiguos. Es probable que el homínido prehomino haya estado preadaptado, como fue el caso del bipedismo, a un hábitat seco y abierto y que la "llegada" de las nuevas condiciones "accionara" ciertas tendencias evolutivas pro-

pías a este género, como por ejemplo, el desarrollo del cerebro.

**IC:** *¿Cómo se explica esto?*

**P:** El sistema de venas emisarias que aseguran el mantenimiento de una temperatura adecuada del cerebro se habría desarrollado cuando aparece el bipedismo o sea mucho antes de 2,5 millones de años. Con la desertificación del paisaje, este sistema de venas se habría revelado apto, permitiendo a los individuos portadores hacer mejor frente a altas temperaturas y a una mayor radiación solar. Los primeros homo, mejor adaptados a un paisaje abierto, habrían explotado recursos diferentes que los australopithecinos robustos.

El traslado en un ambiente abierto en busca de alimentos o cualquier otra intensa actividad (recolección, caza, transporte) expuso a los primeros hombres a mayores presiones de selección. El sistema de venas emisarias se modificó a través del tiempo, respondiendo mejor a las necesidades de mantener una temperatura adecuada del cerebro. Este desarrollo del sistema posibilitó a su vez un mayor tamaño del cerebro. Por lo tanto, las presiones de selección de un hábitat abierto sobre el sistema termorregulador del cerebro explican parcialmente cómo se pudo haber accionado la tendencia hacia un cerebro voluminoso.

**IC:** *¿Existen otros factores que entran en juego en la evolución del cerebro?*

**P:** Muchos y, lamentablemente, no todos son fáciles de explicar. Es muy probable que con el desarrollo del cerebro se haya operado un cambio en la alimentación de los primeros hombres. Un mayor cerebro requiere mayor energía que sólo puede ser lograda por una dieta adecuada. Es probable que la dieta, seguramente omnívora en los primeros homo, haya incluido una mayor proporción de carne para suplir las calorías necesarias. Los primeros hombres pueden haber cazado pequeños animales; no disponiendo de las facultades anatómicas de los depredadores, la carne de grandes presas pueden haberla obtenido a partir de los restos dejados por las fieras.

**IC:** *¿Hay otras características propias del hombre que pueden también ser explicadas como respuestas a la exposición prolongada al calor?*

**P:** Sí, por ejemplo la gran capacidad de sudar, la reducción del pelaje y el desarrollo de una piel oscura, pero lamentablemente éstas no pueden ser conocidas a partir del registro fósil.

**IC:** *Para sintetizar, ¿cuáles son los puntos esenciales por retener?*

**P:** Un punto es que la ciencia contribuye al conocimiento de la verdad. Es cierto que el conocimiento científico está basado en hechos concretos y por lo tanto no explica toda la verdad. Pero su contribución es fundamental, ya que no surge de un estudio somero, sino del análisis profundo de numerosos datos aportados por muchísimas disciplinas científicas.

Otro punto concierne al conocimiento que la ciencia aporta al origen del hombre. El hombre descende de un antepasado común con el chimpancé como lo demuestra la cercanía morfológica, embriológica y genética que existe entre ellos. La evolución desde ese antepasado común hasta el hombre está bien documentada por una serie de fósiles que muestran una continuidad morfológica entre un mono que existió hace 4 millones de años y el hombre actual. Los procesos evolutivos responsables de la evolución de los homínidos son conocidos. Ellos produjeron dos tendencias de cambio, la marcha bípeda primero y la encefalización después, tendencias que determinaron las características propias del hombre.