

La evolución del hombre: conceptos generales a la luz de la moderna teoría sintética de la evolución

Por Bonifacio SANDIN (*)

INTRODUCCION

Es indudable que uno de los primeros temas de estudio que suelen incluirse en cualquier programa de Psicología general concierne a la evolución de ser humano, tomada ésta en un sentido filogenético. Aun cuando esta cuestión es tratada con cierta intensidad en otras áreas de la ciencia, tales como la Antropología, la Biología o la Genética, el conocimiento de la evolución filogenética del hombre es importante para la Psicología ya que puede aportar claves necesarias para constatar con mayor precisión y exactitud las leyes de la conducta humana. Sin embargo, aunque los manuales de Psicología general incluyen algún capítulo (o parte de capítulo) referido a analizar esta cuestión (estudio de la evolución filogenética del hombre), lo cierto es que la información que aportan en este sentido es bastante decepcionante (esta decepción se produce, sobre todo, por el aparente poco interés que se presta a este tema).

El análisis de la evolución filogenética del hombre parece necesario para comprender aspectos diversos de la psicología, tales como, por ejemplo, la Psicología comparada, la Psicología fisiológica, la Psicología de la motivación, la Psicología cognitiva, el aprendizaje de orden superior, la utilización del segundo sistema de señales, etcétera. Incluso, en algunos casos, nos induciría a ser más cautos a la hora de generalizar datos experimentales obtenidos con sujetos no humanos, o a potenciar la investigación con sujetos humanos.

Intentar exponer la evolución del hombre en un trabajo como el que aquí presentamos es absolutamente impensable. Nuestro interés se centra, más bien, en el análisis de algunas facetas relevantes como el linaje evolutivo del hombre, los procesos de hominización y la aplicación de la teoría sintética al estudio de la evolución del hombre. Con este trabajo no nos interesa tanto ofrecer un estudio, más o menos completo, sobre la evolución del hombre, cuanto referir algunos aspectos modernos necesarios para constatar de forma más plausible dicha evolución.

APORTACIONES DESDE DISTINTAS DISCIPLINAS

Recientemente, Washburn (1978) ha hecho hincapié en la necesidad de recurrir a distintas disciplinas científicas para interpretar la evolución humana. Esta necesidad se hace aun más apremiante si tenemos en cuenta que el conoci-

miento que se posee actualmente sobre la evolución del hombre es todavía fragmentario e incompleto. Entre estas disciplinas merece la pena resaltar las siguientes: Anatomía comparada, Registro fósil, Arqueología, Tectónica de placas, Biología molecular y observación de los primates en su entorno natural (Etología, Antropología, Zoología).

La *Anatomía comparada* ha permitido establecer notables relaciones entre el hombre y otros animales, particularmente entre el hombre y ciertos primates. Algunas de las conclusiones más importantes que emergen de estas comparaciones son las siguientes: a) estudios anatómicos de disección han constatado que un chimpancé posee más rasgos comunes con el hombre que con los monos (Tyson, 1969; citado por Ayala, 1980); b) el hombre difiere de los antropoides africanos menos de lo que éstos difieren de los monos (Ayala, 1980); c) las semejanzas entre los esqueletos de un antropoide y de un hombre son tales que algunos huesos, por ejemplo los huesos largos del brazo, resultan difíciles de distinguir (Le Gros Clark, 1959), y d) el hombre difiere de los demás seres en algunos rasgos morfológicos, como la posición bípeda (con los consiguientes cambios en la columna vertebral y huesos del pelvis), liberación (y cambio de forma) de las manos, planta de los pies, reducción de la mandíbula, aumento del cráneo, y aumento del tamaño y superficie del cerebro. La anatomía comparada sugiere que el ser humano posee rasgos que lo diferencian *cualitativamente* de todos los demás animales que existen en la tierra y que, dentro de estas diferencias, el hombre se asemeja más a los antropoides africanos (chimpancé, gorila y orangután) que a cualquier otro animal, lo cual podría indicar la existencia de un posible parentesco evolutivo entre el hombre y los antropoides africanos (Washburn, 1978).

El *registro fósil* es, sin duda, uno de los pilares básicos sobre los que se apoyan las diversas teorías sobre la evolución del hombre. Sin embargo, a pesar del notable incremento de descubrimientos de fósiles en los últimos años, la información sobre el hombre fósil se halla plagada de debates y confusión. Este fenómeno tiene dos causas fundamentales; una es el estado fragmentado de los restos, la otra es la proliferación innecesaria de nombres para identificar los fósiles (Dobzhansky et al., 1977); en algunos casos, incluso, se ha incrementado la confusión por la falsificación deliberada de los datos (piénsese, por ejemplo, en el famo-

(*) Departamento de Psicología (Sede Central). Madrid. Universidad Nacional de Educación a Distancia

so fraude de Piltdown). No obstante, las investigaciones con modernas técnicas de datación utilizadas en el registro fósil han permitido emitir algunas hipótesis importantes; entre ellas merece la pena resaltar las siguientes (Washburn, 1978): a) los homínidos han caminado erguidos, por lo menos, durante unos tres millones de años (esta es la edad que se atribuye a la pelvis de un *Australopithecus* descubierta en la región de los Afar, Etiopía, por D. C. Johanson); b) los primeros individuos que anduvieron erguidos poseían una escasa capacidad craneal (unos 450 centímetros cúbicos; recuérdese que un gorila actual posee una capacidad de unos 500 centímetros cúbicos); c) hace unos 2,5 millones de años, nuestros antepasados construían herramientas líticas y se dedicaban a la caza; d) hace unos 2 millones de años, la capacidad craneal de los homínidos había alcanzado los 750 centímetros cúbicos; y e) hace aproximadamente 1,5 millones de años ya existía *Homo erectus*, con una capacidad craneal de 900 a 1.000 centímetros cúbicos, y con evidencias de una mayor capacidad para construir herramientas líticas (industria acheliense). A partir de estas evidencias parece desprenderse que nuestros antepasados anduvieron en posición bípeda antes de que el aumento de la capacidad craneal, la habilidad para construir herramientas líticas, u otras características, se convirtiesen en típicas de la especie humana (Washburn, 1978); también se desprende que nuestros antepasados construían herramientas líticas y cazaban antes de que aumentase su capacidad craneal.

La Arqueología ha venido interpretando sus resultados junto a los del registro fósil. Los datos más importantes que existen sobre el aumento de la capacidad craneal (además de los propios fósiles) son de tipo arqueológico; en este sentido, parece resultar que existe cierta correlación entre complejidad en la fabricación y utilización de instrumentos líticos (progreso arqueológico) y el incremento de la capacidad craneal. Esto podría sugerir que el aumento en la capacidad craneal debió acompañarse de un aumento paralelo en la complejidad del cerebro.

La *tectónica de placas* ha modificado la idea clásica de la evolución humana basada en una concepción estática de la situación de los continentes. Las investigaciones sobre tectónica de placas permitieron conocer el desplazamiento constante de los continentes. Se ha venido insistiendo que los homínidos se originaron en África; sin embargo, si tenemos en cuenta el desplazamiento de los continentes, parece razonable aceptar que hace varios millones de años existieron notables conexiones entre África y Eurasia. Es importante resaltar, en este sentido, que los restos fósiles de *Ramapithecus*, antepasado de los homínidos, se encuentran desde la India y el Pakistán hasta el Oriente Próximo, la zona de los Balcanes, e incluso en África (Washburn, 1978). Por tanto, la posibilidad de que la especie humana proceda exclusivamente de África se desvanece cada vez más.

El notable desarrollo de la *Biología molecular*, particularmente desde que Watson y Crick dieron a conocer en 1953 la estructura del ADN (ácido desoxirribonucleico) (véase Watson, 1970), ha posibilitado establecer una nueva dimensión metodológica, basada en las técnicas de electroforesis en gel, aplicable al estudio de la evolución en general, y a la evolución humana en particular. La escasez de datos procedentes de los registros fósiles potencia el valor de la moderna biología molecular; esta ciencia permite establecer relaciones evolutivas empleando, por ejemplo, estudios comparativos de ácidos nucleicos (ADN y ARN) y proteínas entre especies diferentes. Una de las proteínas más estudiadas, en este sentido, es el *citocromo c* (proteína implicada en la respiración celular); otra es la *hemoglobina* (Fitch y Margoliash, 1967; Kimura y Ohta, 1971). Los estudios basados en técnicas de la biología molecular presentan dos importantes ventajas con respecto a la anatomía comparada y a otras disciplinas clásicas: a) la información puede cuantificarse

con mayor facilidad y es más objetiva, y b) pueden compararse tipos muy distintos de organismos. La evidencia más reciente ha llevado a la conclusión de que el estudio de las secuencias de aminoácidos de las proteínas sirven para conocer, no sólo el orgen histórico y divergente de las especies, sino también la fecha de tales divergencias (ya que las variaciones en las tasas de sustitución de aminoácidos no son demasiado grandes) (Ayala, 1977). Este mismo autor viene a concluir que: «El estudio de las proteínas nos puede llevar a determinar las fechas de sucesos evolutivos que están actualmente mal establecidas debido a la carencia de fósiles u otras circunstancias» (Pág. 19).

Finalmente, la observación de los primates en su entorno natural (*estudios primatológicos de campo*), a pesar de la extrema novedad de este tipo de investigaciones, sugiere que nuestros antepasados vivían preferentemente en tierra (no sería un especie arborícola, como se sugería con frecuencia), igual que lo hacen actualmente los antropoides africanos. Otras conclusiones diversas, relacionadas con la forma de vida de los primeros homínidos y prehomínidos, se están obteniendo actualmente con estudios etológicos de primates (investigaciones sobre manipulación de objetos, costumbres, maneras de comportarse, etcétera).

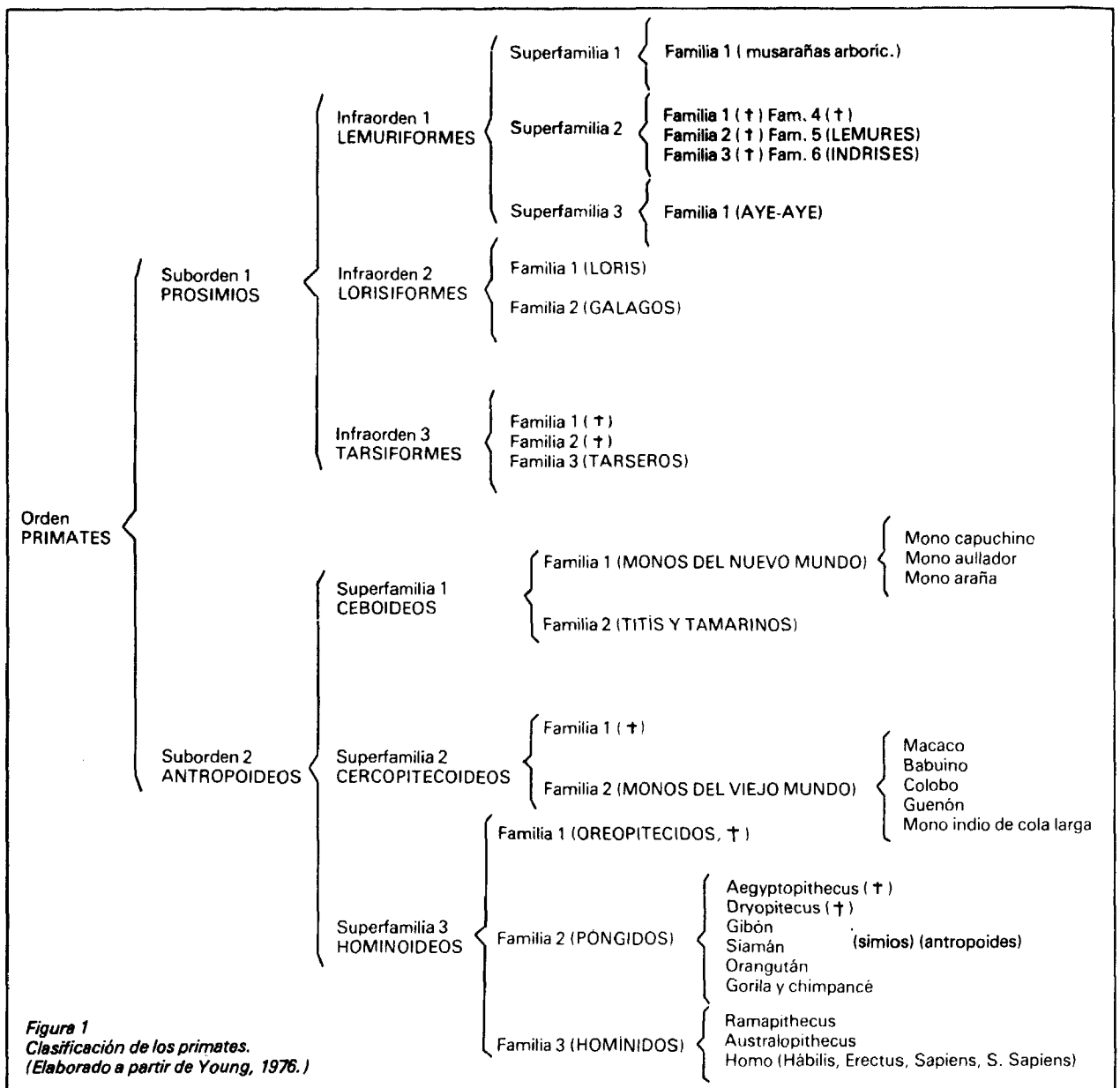
En resumen, las evidencias que hemos expuesto parecen indicar la necesidad de recurrir a información procedente desde distintas disciplinas científicas para interpretar correctamente la evolución del ser humano. Por consiguiente, la psicología deberá tratar de aplicar tales conocimientos y de integrarlos unificadamente en una perspectiva que aporte alguna luz para comprender la conducta humana desde las perspectivas sincrónicas y diacrónicas (filogenética y ontogenéticamente).

SOBRE EL LINAJE EVOLUTIVO DEL HOMBRE

El ser humano se clasifica como perteneciente al orden primates, suborden antropoideos, superfamilia hominoideos, familia homínidos y género homo (Young, 1976). Muchos aspectos de la evolución humana son todavía hipotéticos; sin embargo, las secuencias evolutivas parecen establecerse hoy de la siguiente forma (esto, con independencia de que existan o no algunas escuelas que difieran de este modelo): *Aegyptopithecus*→*Dryopithecus*→*Rhamapithecus*→*Australopithecus africanus*→*Homo hábilis*→*Homo erectus*→*Homo sapiens*→*Homo sapiens sapiens* (Tobías, 1975; Walker, 1976; Ayala, 1980; Dobzhansky et al., 1977). (Ver figura 2).

Aegyptopithecus y *Dryopithecus* (extinguidos, y clasificados en la familia de los póngidos) (figura 1) podrían ser los antepasados comunes a los actuales antropoides (figura 2) y a los primeros homínidos (ya extinguidos). En cambio, *Rhamapithecus* sería el antepasado más antiguo de los homínidos, que no lo es de los antropoides; dicho de otra manera, sería nuestro antepasado más antiguo separado ya del linaje evolutivo de los antropoides. En el contexto de la evolución humana, las fases mejor conocidas parecen situarse entre las secuencias que se inician en *Australopithecus africanus* y terminan en *Homo sapiens sapiens*. Por el contrario, las secuencias que conducen desde *Aegyptopithecus* hasta *Rhamapithecus* son peor conocidas y más hipotéticas.

Australopithecus africanus era bípedo (según se desprende de la evidencia fósil). Su capacidad craneal oscilaba entre 450-500 centímetros cúbicos (semejante a la de los antropoides africanos actuales). Uno de los linajes de *Australopithecus africanus* evoluciona hacia una nueva rama de cerebros mayores y rasgos más humanos denominado *Homo hábilis*. La dirección evolutiva desde este homínido hasta *Homo sapiens sapiens* no parece ser discutida seriamente. Sin embargo, se han planteado algunos problemas a la admisión del paso de *Homo sapiens* (hombre de



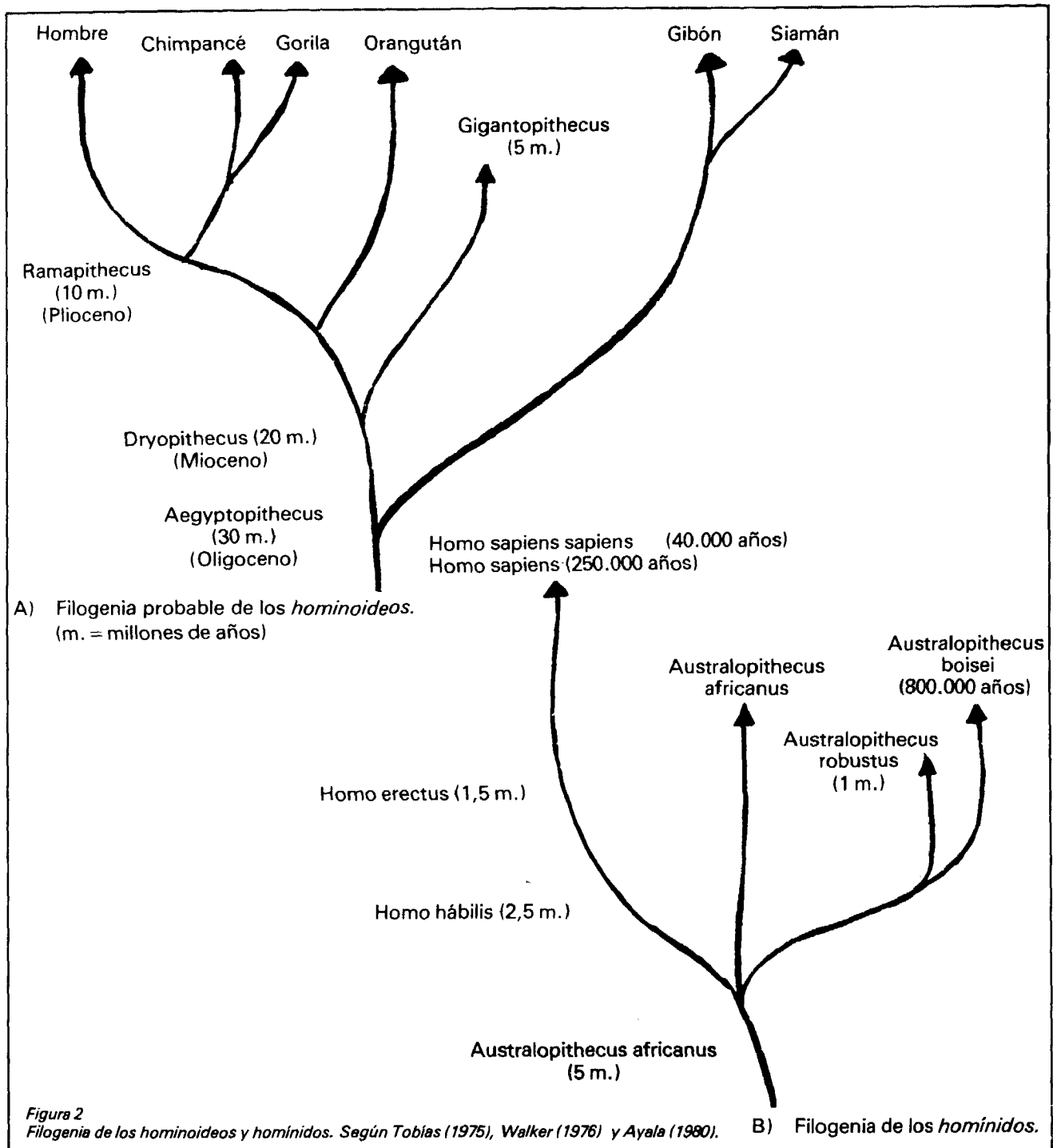
Neandertal) a *Homo sapiens sapiens* (hombre de Cro-Magnon), sugiriéndose la escasez de información de fósiles con cráneos intermedios entre ambos (recuérdese, además, que *Homo sapiens* poseía una capacidad craneal ligeramente superior a *Homo sapiens sapiens* u hombre actual). Este problema, no obstante, ha sido prácticamente solucionado por el descubrimiento (o distinción) de dos tipos o razas diferentes de hombre de Neandertal, los *clásicos* y los *progresivos* (Young, 1976). Esta distinción permite establecer de forma gradual el paso de *Homo sapiens* a *Homo sapiens sapiens*.

Los Neandertal clásicos diferían más del hombre moderno que los progresivos (o renovados). En el clásico, existían aún muchos vestigios de *homo erectus*, tales como arcos superciliares prominentes, existencia de una «cresta» continua por encima de los ojos, mandíbula robusta, frente huidiza y notable desarrollo de la región occipital. Los progresivos poseían un cráneo más corto (menos desarrollo occipital), menor desarrollo de la cresta frontal y frente más alta (mayor desarrollo de la región frontal). La evidencia fó-

sil parece indicar que los Neandertal progresivos poseían un cráneo muy semejante al del hombre actual.

Se postula actualmente que el hombre de Neandertal renovado (o progresivo) procede del clásico (Young, 1976), si bien ambas formas pudieron darse simultáneamente. Apoyan esta hipótesis los fósiles descubiertos en Monte Carmelo (Israel), en las cavernas de Skuhl y Tabun (Young, 1976). Estas cavernas se encuentran próximas y se ha calculado que poseen, aproximadamente, unos 45.000 años de antigüedad. En la caverna de Tabun se hallan tipos de Neandertal clásicos; en la de Skuhl se encuentran fósiles de progresivos.

Parece probable, por tanto, que *Homo sapiens sapiens* evolucionó a partir del *Homo sapiens* progresivo. Esta transición pudo ocurrir durante la última glaciación del Pleistoceno. Los hombres de Neandertal son reemplazados por los de Cro-Magnon. En la actualidad no existe el hombre de Neandertal; es posible que fuesen totalmente aniquilados. Resulta igualmente posible que se cruzasen con invasores Cro-Magnon, al menos algunos de aquellos individuos (Dobzhansky et al, 1977).



PROCESOS DE HOMINIZACIÓN

La hominización debió llevarse a cabo de forma gradual, a través de una serie de pasos evolutivos que, desde *Australopithecus*, desembocaron en el estado de hominización del hombre moderno. En el momento presente parece aceptarse que en la hominización interaccionaron una serie de procesos como los siguientes: posición bípeda, utilización y fabricación de instrumentos, evolución del cerebro (incremento de su tamaño y establecimiento de cambios estructurales), organización social, evolución de la mente, lenguaje y cultura.

Posiblemente la bipedestación fue el factor principal y pri-

mero que determinó el comienzo de la hominización. La posición bípeda permite la liberación de las manos y la utilización y fabricación de herramientas rudimentarias. Tales hechos pudieron ser relevantes para establecer algún tipo de organización social (inicialmente rudimentaria) relacionada, por ejemplo, con la caza de animales. La evidencia fósil indica que los primeros fósiles que anduvieron erguidos (posiblemente *Australopithecus*) poseían una capacidad craneal que no superaba la de los antropoides actuales. Esto parece indicar que el aumento de la capacidad craneal se produjo posteriormente (existe evidencia de que nuestros antepasados construían herramientas líticas y cazaban antes de que aumentase su capacidad craneal; Washburn, 1978).

Pequeños cambios en el cerebro que mejorasen la capacidad de fabricación y uso de herramientas (parece que muy tempranamente se establecieron normas, para la mejor fabricación de herramientas, que eran transmitidas de generación en generación), así como la capacidad para organizarse socialmente, tuvieron que ser forzosamente retenidos por la selección natural. Estos procesos preculturales debieron interaccionar, a partir de aquí, con el crecimiento del cerebro (debió existir una retroalimentación, o feedback, positiva), produciendo como consecuencia que el cerebro pasase (o, si se prefiere, la capacidad craneal) desde 450 centímetros cúbicos en *Australopithecus* hasta 1500 centímetros cúbicos en *Homo sapiens* (con etapas intermedias: *Homo hábiles* = 750 centímetros cúbicos; *Homo erectus* = 1.000 centímetros cúbicos); todo esto en un periodo temporal no superior a los 5 millones de años. Si bien parece cierto que entre el hombre de Neandertal y el de *Cro-Magnon* no se produjeron cambios muy significativos en cuanto al tamaño del cerebro, la estructura cerebral debió modificarse notablemente, incrementándose las regiones frontales y las áreas de asociación (particularmente las relaciones con el lenguaje).

La interacción posterior entre fabricación-uso de herramientas, organización social, tamaño del cerebro (y estructura) y caza (además del lenguaje) trae como consecuencia la configuración del cerebro del hombre moderno; esta hipótesis estaría de acuerdo con algunos postulados de la psicología soviética, que ve en la actividad, el trabajo y el lenguaje los pilares causales del desarrollo filogenético del cerebro humano. Un cerebro como el del hombre actual (no sólo con su capacidad estructural, sino también con su capacidad funcional) estaría directamente relacionado con los últimos hallazgos de la humanización (u hominización), esto es, con la adquisición de un lenguaje abstracto (para Vashburn, 1978, ésta es la característica que más objetivamente distingue al hombre de otros animales), la adquisición de la autoconciencia (con todas las características que esto lleva consigo como, por ejemplo, la religión, la moral, etcétera), la adquisición del arte y la ciencia y, en definitiva, la creación de la cultura, último proceso de hominización que libera al hombre, al menos parcialmente, de la influencia de la selección natural y lo incluye en una evolución determinada por la selección supraorgánica. La arqueología parece sugerir que lo ocurrido durante los últimos 40.000 años se debe a la aparición de un lenguaje abstracto, con capacidad para nombrar objetos, generalizar y expresar conceptos abstractos, esto es, con capacidad para utilizar el segundo sistema de señales. La gran expansión llevada a cabo por el hombre actual, es decir, por *Homo sapiens sapiens*, se debe, indudablemente, a su superior capacidad para la utilización de un lenguaje abstracto (mejor capacidad para la comunicación social).

TEORIA SINTETICA Y EVOLUCION DEL HOMBRE

La moderna teoría de la evolución o teoría sintética (véase Dobzhansky et al, 1977) permite comprender, de una manera más coherente, los mecanismos involucrados en la evolución humana. Los mecanismos fundamentales con los cuales opera la evolución son básicamente dos: variabilidad genética y selección natural. La variabilidad genética se forma a través de dos procesos, la recombinación genética y las mutaciones. Las mutaciones (cambios producidos en la constitución genética de un individuo), bien que sean génicas o cromosómicas, son la base primaria de la variabilidad genética. Se ha calculado que la tasa de mutaciones en el ser humano oscila entre una por cada cien mil (1×10^{-5}) y una por cada millón (1×10^{-6}) de gametos (Ayala, 1980). Aunque las tasas de mutación son bajas, las mutaciones ocurren continuamente en las poblaciones naturales, ya que existen muchos individuos en cada especie y muchos

genes en cada individuo. Se calcula que el número promedio de mutaciones nuevas que han surgido en la humanidad actual es de más de 8×10^4 por cada gen (locus) (Ayala, 1980). Aunque la probabilidad de que exista una nueva mutación en un individuo dado es baja, la cantidad de variación genética que existe en los seres humanos a consecuencia de mutaciones acumuladas es muy alta; los estudios basados en técnicas electroforéticas indican que los seres humanos son heterocigóticos en el 6,7 por 100 de los genes, por lo menos.

La recombinación genética es la segunda fuente de variabilidad genética (además de las mutaciones). La recombinación genética se produce en los organismos con reproducción sexual y consiste en el intercambio de genes (fragmentos de cromosomas) entre cromosomas homólogos durante la meiosis. Los cromosomas resultantes presentan una combinación nueva de alelos. Si asumimos que un ser humano es heterocigótico para el 6,7 por 100 de los genes, es decir, es heterocigótico para unos 2.010 genes, este sujeto tiene la posibilidad de producir 2^{2010} ($\approx 10^{605}$) tipos de gametos diferentes (Ayala, 1978) (cifra extremadamente alta).

Los estudios basados en genética molecular tienden a indicar, pues, que las potencialidades genéticas de evolución son enormemente altas en el ser humano. Esto mismo parece ocurrir en la mayoría de las especies estudiadas, y esto debió ocurrir en nuestros antepasados homínidos. Sin embargo, como es sabido, la variabilidad genética, materia prima de la evolución, no es suficiente para explicar la existencia de los procesos evolutivos. Tanto las mutaciones como la recombinación genética se producen al azar. El azar no puede dar cuenta de la perfección de los organismos ni de su adaptación al medio. Es necesario invocar un nuevo mecanismo postulado inicialmente por Darwin (1859) y conocido como «selección natural». La selección natural, particularmente si se acepta el modelo establecido por Ayala (1977) sobre la «selección natural creativa», es un proceso determinístico (y por tanto adaptativo). La selección natural se acepta actualmente en términos más operativos que la concepción de Darwin; Ayala (1980) ha definido modernamente la selección natural como la «reproducción diferencial de aquellas variantes hereditarias que, con relación a otras, aumentan la probabilidad de sobrevivir y reproducirse de sus portadores» (pág. 60). Entendida la selección natural como proceso creativo (véase Ayala, 1977), la teoría sintética de la evolución ha recuperado el aspecto finalista y determinístico (recuérdese, a este respecto, las discusiones que se han venido estableciendo entre el azar y la necesidad en la evolución). La selección natural es determinista y finalista, es creativa ya que produce combinaciones genéticas adaptativas que nunca hubieran llegado a existir sin la selección natural. La variabilidad genética (mutaciones y recombinación genética) es un proceso de azar. Ambos mecanismos, pues, azar y necesidad, se hallan presentes (sin contraponerse) y se necesitan en la moderna teoría de la evolución.

No vamos a insistir más en este punto, sino solamente indicar que la evolución del hombre puede comprenderse mucho mejor a la luz de esta moderna concepción de la evolución. La incidencia de los primeros procesos de hominización (bipedestación, uso y construcción de herramientas, organización social, crecimiento del cerebro) sobre los modernos *estatus* de hominización y desarrollo del cerebro (Pérez, 1978; Hahn et al, 1979), así como la necesaria implicación de los factores genéticos, nos ayudan a entender los mecanismos de la evolución humana lejos de cualquier postura disparatada (como, por ejemplo, la postura lamarckiana). Por tanto, hay que pensar que toda combinación genética nueva fue retenida por la selección natural siempre que tal combinación favoreciese la adaptación; al retener ciertos cambios, y en función del medio ambiente, la selec-

ción natural participaría en la conformación de combinaciones que por azar serían absolutamente improbables.

CONCLUSION

Hemos intentado resaltar algunos aspectos sobre la evolución del hombre. Pensamos que el psicólogo debe clarificar en lo posible los mecanismos evolutivos del ser humano así como los aspectos que han sido adquiridos merced a estos mecanismos. Muchos fenómenos importantes en psicología como la organización cerebral, la utilización del segundo sistema de señales, la capacidad en general de pensamiento abstracto, la flexibilidad del lenguaje (incluso desafiando algunas leyes del aprendizaje clásico e instrumental), la caracterización de motivos estrictamente humanos, la emergencia de la autoconciencia y, en definitiva, la personalidad humana, necesitan recurrir a concepciones desarrolladas filogenéticamente (por no decir evolutivamente). La psicología soviética ha sabido atender y entender mejor este fenómeno.

Por otra parte, la psicología debe también decir algo a propósito de lo que podría denominarse «futuro evolutivo de la humanidad». La genética ya intenta dar solución a algunos problemas con técnicas específicas como el consejo genético, la ingeniería genética (manejo directo del material hereditario), la selección germinal y, posiblemente, el clonaje. Si partimos de que, a partir de ahora, la evolución del hombre estará más determinada por la selección cultural (supraorgánica) que por la selección natural, es obvio que el psicólogo deberá participar, incluso más efectivamente que el genetista, en el futuro evolutivo del hombre.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AYALA, F. J. (1977): «Evolución y darwinismo». *Boletín Informativo Fundación Juan March*. 62, 3-19.
- AYALA, F. J. (1978): «Mecanismos de la evolución». *Investigación y ciencia, noviembre* (número especial), 18-33.
- AYALA, F. J. (1980): *Origen y evolución del hombre*. Alianza, Madrid.
- DARWIN, C. (1859): *On the origin of species by means of natural selection*. Murray, London.
- DOBZHANSKY, Th., et al. (1977): *Evolution*. Freeman, San Francisco.
- FITCH, W. M., y MARGOLIASH (1967).
- KIMURA, M. y OHTA, T. (1971): «Protein polymorphism as a phase of molecular evolution». *Nature* 229, 467-469.
- HAHN, M. E. et al. (1979): *Development and evolution of brain size: Behavioral implications*. Academic Press, New York.
- LE GROS CLARK, W. E. (1959): «The crucial evidence for human evolution». *Am. Sci.* 47, 299-313.
- PEREZ, D. (1978): *Fundamentos neurológicos de la conducta*. Castillo, Madrid.
- TOBIAS, P. V. (1975): «Long or short hominid phylogenies? Paleontological and molecular evidences». En F. M. Salzano (Ed.), *The role of natural selection in human evolution*. Nort-Holland, Amsterdam.
- WALKER, A. (1976): «Splitting times among hominoids: deduced from the fossil record». En M. Goodman y R. E. Tashian (Eds.), *Molecular anthropology genes and proteins in the evolutionary ascent of the primates*. Plenum Press, New York.
- WASHBURN, S. L. (1978): «La evolución de la especie humana». *Investigación y Ciencia, noviembre* (número especial), 128-137.
- WATSON, J. D. (1970): *The molecular biology of the gene*. (2ª ed.). W. A. Benjamin, New York.

SM
Ediciones

**GRAN
NOVEDAD**

Nuevo libro de Física

M. OLARTE Catedrática de Física y Química de I.B.

E. LOWY Agregado de Física y Química de I.B.

J.L. ROBLES Licenciado en Ciencias Físicas

FISICA C.O.U. (Teoría)

- **FISICA C.O.U.** es el fruto de una larga y creativa experimentación docente.
- **Armoniza las características fundamentales de todo libro de texto: claridad y rigor científico.**
- **Cuida con esmero los aspectos conceptuales y sus fundamentos experimentales; los desarrolla con estilo ameno y sencillo pero sin hacer concesiones de rigor.**
- **El tratamiento matemático se ajusta a las necesidades de cada tema.**
- **El sistema metodológico se apoya en un elemento formativo fundamental: interiorizar en el alumno el método científico en el desarrollo de todo el libro.**
- **La evolución histórica de las teorías y descubrimientos físicos se tiene en cuenta como medio para afianzar el método científico.**

FISICA C.O.U. (Solucionario •

Parte experimental • Temas complementarios)

- Se pretende ofrecer al profesor un instrumento complementario en base al cual puede protagonizar, si así lo desea, la orientación del estudio de sus alumnos.
- Las distintas partes incluidas pretenden facilitar la labor del profesor en las distintas facetas de su acción docente:
 - * SOLUCIONARIO de cuestiones y problemas.
 - * EXPERIMENTOS DE LABORATORIO
 - * TEMAS COMPLEMENTARIOS
 - Determinación de la curva más probable que une los puntos obtenidos en un proceso experimental.
 - Método numérico de Euler para la resolución de algunos problemas de la Física.
 - Resolución de problemas de Física con calculadoras programables.
 - * TABLAS

Distribuidor exclusivo – CESMA, S. A.
C/. Aguacate, 25 – MADRID - 25 – Teléf. 2086940