

La gran historia del agua



OLGA GARCÍA MORENO
ARMANDO MENÉNDEZ VISO
(EDITORES)

La gran historia del agua



2022



Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada (by-nc-nd): No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas.



Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, bajo las condiciones siguientes:



Reconocimiento – Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el licenciadore:

García Moreno, O.; Menéndez Viso, A. (editores) (2022). *La gran historia del agua*. Universidad de Oviedo.

La autoría de cualquier artículo o texto utilizado del libro deberá ser reconocida complementariamente.



No comercial – No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin obras derivadas – No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

© 2022 Universidad de Oviedo

© Los autores

Algunos derechos reservados. Esta obra ha sido editada bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional de Creative Commons.

Se requiere autorización expresa de los titulares de los derechos para cualquier uso no expresamente previsto en dicha licencia. La ausencia de dicha autorización puede ser constitutiva de delito y está sujeta a responsabilidad.

Consulte las condiciones de la licencia en:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es>

Este libro ha sido sometido a evaluación externa y aprobado por la Comisión de Publicaciones de acuerdo con el Reglamento del Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.



Esta Editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo

Edificio de Servicios - Campus de Humanidades

ISNI: 0000 0004 8513 7929

33011 Oviedo - Asturias

985 10 95 03 / 985 10 59 56

servipub@uniovi.es

www.publicaciones.uniovi.es

ISBN: 978-84-18324-51-2

DL AS 2922-2022

ÍNDICE

PRÓLOGO: LA IMPORTANCIA DEL AGUA	11
I. EL SIGNIFICADO DEL AGUA EN LA GRAN HISTORIA	15
EL DESCUBRIMIENTO DEL PLANETA AZUL	15
EL CONCEPTO DEL AGUA	20
<i>Principio</i>	20
<i>Sustancia elemental</i>	22
<i>De elemento a compuesto</i>	25
<i>El agua como fuerza histórica</i>	35
<i>Fuerza geológica</i>	35
<i>Fuerza vital</i>	37
<i>Fuerza económica</i>	38
<i>Fuerza simbólica</i>	39
EL AGUA Y LA GRAN HISTORIA	43
II. EL ORIGEN DEL AGUA EN EL UNIVERSO Y EN LA TIERRA ..	49
CREACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO	49
NUCLEOSÍNTESIS PRIMORDIAL.....	52
RECOMBINACIÓN Y FORMACIÓN DEL FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS ...	55
COMPOSICIÓN DEL UNIVERSO	59
LA CREACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRELLAS	63
FORMACIÓN DEL AGUA EN EL UNIVERSO	68
FORMACIÓN DEL SOL Y DEL SISTEMA SOLAR	70
ABUNDANCIA DEL AGUA EN EL SISTEMA SOLAR	73
FORMACIÓN DE LA TIERRA Y ORIGEN DEL AGUA TERRESTRE.....	78
¿POR QUÉ LA TIERRA ES EL ÚNICO PLANETA DEL SISTEMA SOLAR QUE TIENE AGUA LÍQUIDA EN SU SUPERFICIE?	80
EL PAPEL REGULADOR DEL AGUA PARA EL CLIMA TERRESTRE	83
CONCLUSIONES	85
III. EL AGUA EN LA TIERRA	89
EL PLANETA AZUL	89

DÓNDE ESTÁ EL AGUA EN LA TIERRA	92
EL PLANETA DEL AGUA Y DE LA VIDA	99
IV. LA VIDA Y EL AGUA	109
INTRODUCCIÓN	109
LUCA EVOLUCIONA, SE DIVERSIFICA EN EL AGUA Y SUS	
DESCENDIENTES LIBERAN OXÍGENO.....	110
SURGIMIENTO DE LOS EUCARIOTAS EN EL AGUA	112
PREPARANDO EL ACCESO VEGETAL A LA TIERRA.....	115
DONDE TAMBIÉN SE ENCUENTRAN LOS HONGOS	116
ORIGEN DE LOS PRIMEROS ANIMALES O METAZOOS	116
LAS ESPONJAS.....	119
CNIDARIOS, CTENÓFOROS Y LA SIMETRÍA RADIAL.....	120
LOS GUSANOS PLANOS Y LA APARICIÓN DE LA BILATERALIDAD	121
MOLUSCOS, ANÉLIDOS Y OTROS INVERTEBRADOS MARINOS.....	122
LOS EQUINODERMOS Y LOS PRIMEROS CORDADOS	123
LA APARICIÓN DE LOS PECES.....	125
EL PALEOZOICO, EL ABANDONO DEL AGUA Y LAS PRINCIPALES	
INNOVACIONES EVOLUTIVAS.....	126
EL ORIGEN DE LAS PLANTAS TERRESTRES Y LOS PRIMEROS ARTRÓPODOS.....	128
LOS PRIMEROS ANFIBIOS.....	131
LOS TERÁPSIDOS DEL PÉRMICO Y EL AMBIENTE ACUOSO DEL	
HUEVO AMNIOTA	132
DINOSAURIOS (INCLUIDAS LAS AVES), MAMÍFEROS Y PLANTAS	
CONTINENTALES.....	135
LOS MAMÍFEROS MARINOS DEL CRETÁCICO	140
LA EMERGENCIA DE LAS ANGIOSPERMAS	142
ORIGEN DE LOS PRIMATES	144
V. EL SIGNIFICADO DEL AGUA EN LA EVOLUCIÓN Y	
DISPERSIÓN DE NUESTRA ESPECIE	157
EL AGUA Y LA VIDA	157
EL PARAÍSO DEL MIOCENO COMO PUNTO DE PARTIDA.....	159
LOS ESTUDIOS SOBRE LA EVOLUCIÓN HUMANA.....	162
¿EL ÚLTIMO ANTEPASADO COMÚN ERA ESTEAFRICANO?.....	167
LOS AUSTRALOPITECOS Y LOS AMBIENTES ACUÁTICOS	170

LOS PARÁNTROPOS EN UN MUNDO QUE SE SECA	172
LOS PRIMEROS HUMANOS Y EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS ACUÁTICOS.....	174
<i>HOMO ERGASTER</i> , MIGRACIONES Y RECURSOS MARINOS	176
LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS EN ASIA Y SU SIGNIFICADO EN EL LINAJE HUMANO	179
LOS ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES Y EL CRECIMIENTO DEL CEREBRO	183
EL HOMBRE DE NEANDERTAL Y EL VALOR DEL AGUA EN LA SUPERVIVENCIA ..	186
LOS HUMANOS ANATÓMICAMENTE MODERNOS Y SU DISPERSIÓN POR EL PLANETA.....	190
AUSTRALIA, NUEVA GUINEA Y TASMANIA	199
LA ENTRADA EN EUROPA.....	201
LA LLEGADA A AMÉRICA.....	203
LA OCEANÍA REMOTA	205
 VI. LA PREHISTORIA Y EL AGUA.....	 219
LOS SENDEROS PALEOLÍTICOS Y LA ORGANIZACIÓN DEL HÁBITAT.....	219
SECUENCIAS DEPOSICIONALES Y TAFONOMÍA.....	223
GOTA A GOTA, GRAFÍAS RUPESTRES Y CRONOLOGÍA	228
FLUJO ACUOSO, PATRIMONIO RUPESTRE Y CONSERVACIÓN	231
LA PALABRA Y EL AGUA	234
CONCLUSIONES	235
 VII. EL AGUA Y LA VIDA: CÓMO LOS ANIMALES ACUÁTICOS CAMBIARON NUESTRA HISTORIA.....	 243
PRIMEROS ALIMENTOS DE ORIGEN ACUÁTICO, APARICIÓN Y DESARROLLO DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA.....	244
ANIMALES ACUÁTICOS MEDICINALES Y PRODUCTOS TERAPÉUTICOS DE ORIGEN ACUÁTICO	252
IMPORTANCIA DE LOS GUSANOS MARINOS PARA EL HOMBRE Y EL ECOSISTEMA: LOS POLIQUETOS EUNICIFORMES COMO EJEMPLO.....	265
 VIII. ECOLOGÍA ACUÁTICA Y SERES HUMANOS: PERSPECTIVA DIDÁCTICA	 271
INTRODUCCIÓN	271
EL AGUA Y LA DISTRIBUCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	272

CICLO NATURAL DEL AGUA	273
CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y CORREDORES FLUVIALES	273
IMPORTANCIA CULTURAL DE LA ECOLOGÍA ACUÁTICA	278
LA HUMANIDAD MODIFICA EL CICLO DEL AGUA...	280
... TRASLOCA ESPECIES	283
... AFECTA A LA CALIDAD DEL AGUA...	284
... Y MODIFICA LAS COMUNIDADES DE SERES VIVOS ASOCIADAS.....	288
REVERTIENDO INTERACCIONES NEGATIVAS	290
ALGUNAS ORIENTACIONES DIDÁCTICAS	292
IX. AGUA, DESASTRES Y GÉNERO.....	305
INTRODUCCIÓN	305
EL AGUA Y LOS DESASTRES.....	306
EL AGUA Y EL GÉNERO	310
LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN EL ESTUDIO DE LOS DESASTRES ASOCIADOS AL AGUA	317
<i>El enfoque de la vulnerabilidad</i>	318
<i>El enfoque de las capacidades</i>	326
LA AGENDA INTERNACIONAL SOBRE EL AGUA Y LOS DESASTRES DESDE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO	328
REFLEXIONES FINALES.....	330
X. LA PEQUEÑA GRAN HISTORIA DE OVIEDO Y EL AGUA ..	335
OVIEDO, UNA CIUDAD SIN RÍO. EL CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOGRÁFICO..	336
<i>De agua a roca</i>	336
<i>La formación del relieve</i>	338
<i>De la atmósfera a la hidrosfera</i>	345
<i>El agua en circulación</i>	349
<i>De la hidrosfera a la biosfera</i>	350
OVIEDO, UNA CIUDAD SIN RÍO. LA HISTORIA HIDRÁULICA URBANA.....	356
<i>El agua en la ciudad medieval</i>	357
<i>El agua en la ciudad moderna</i>	362
<i>El agua en la ciudad contemporánea</i>	372

V. EL SIGNIFICADO DEL AGUA EN LA EVOLUCIÓN Y DISPERSIÓN DE NUESTRA ESPECIE

Belén López Martínez y Carmen Alonso Llamazares

Departamento de Biología de Organismos y Sistemas,
Universidad de Oviedo

EL AGUA Y LA VIDA

A pesar de lo simple de su estructura, el agua, con sus dos pequeños átomos de hidrógeno de carga positiva unidos, mediante un enlace covalente, a un gran átomo de oxígeno cargado negativamente, es un elemento crucial para la vida en la Tierra y para cada organismo que en ella habita.¹

Cuando en el siglo XIX Charles Darwin intentaba explicar el origen de la vida, ya afirmaba que este había tenido lugar en pequeñas charcas terrestres de agua tibia. La cuestión sigue sin estar completamente resuelta y, desde hace tiempo, los científicos mantienen abiertas las puertas a una apasionante discusión sobre el dónde y el cómo apareció el primer ser vivo del que derivaron todos los demás organismos, pasados y presentes. Son varias las hipótesis formuladas que tratan de explicar la eclosión de esa primera forma orgánica de vida a partir de materiales inorgánicos. Una de las más conocidas, durante muchos años la dominante, planteaba que el inicio de la vida estaría en un *caldo primordial* que se habría formado en aguas someras terrestres; fue propuesta, de

¹ Ball, 2008.

manera independiente, por el bioquímico A. I. Oparin y el genetista de poblaciones J. B. S. Haldane.² La hipótesis hidrotermal alcalina submarina es, sin embargo, la que actualmente parece tener más partidarios, a la luz de los experimentos sobre el surgimiento de la vida realizados por la NASA. En este caso, se propone como fuente original de la vida los respiraderos hidrotermales de las profundidades del océano, donde la actuación de factores químicos y ambientales habría dado lugar a formas primigenias de vida muy simples.³

Todos los organismos vivientes son fundamentalmente agua, lo que significa que este elemento es el componente principal de sus células, aunque la proporción varía de unos seres a otros. En los humanos, alrededor de un 60-65 % del cuerpo de un adulto es agua y esa cantidad es aún mayor si analizamos la composición de alguno de nuestros órganos: los pulmones y el cerebro, un 85 %; el corazón, el hígado y los riñones, un 75 %; los ojos cerca de un 95 %; e incluso el tejido óseo es, en más de un 30 %, agua.⁴ Por ello, para los seres humanos, al igual que para el resto de los seres vivos, el agua es imprescindible. Podemos estar aproximadamente un mes sin ingerir alimentos, pero apenas resistiremos tres días sin beber agua. Necesitamos de su continuo suministro para poder llevar a cabo funciones vitales como la termorregulación, la reproducción, el transporte de sustancias y, por supuesto y entre muchas otras, el propio metabolismo.⁵ En una publicación reciente se afirma que el cuerpo humano evolucionó para usar entre un 30 % y un 50 % menos de agua al día que los simios antropomorfos, que son los organismos actuales más próximos al ser humano. Los autores explican que el estrés hídrico, debido a cambios en el clima, al que nuestros ancestros se vieron sometidos, aparentemente, condujeron a adaptaciones en la dieta y en el comportamiento que permitieron una eficiente conservación del agua en el propio organismo.⁶

Pero, además, el agua, y en concreto su ciclo hidrológico, tiene una gran importancia para la preservación de los ecosistemas naturales y para la regulación del clima, aspectos por los que la vida en la Tierra se ve condicionada y el ser humano no es ajeno a ello. Actualmente vivimos un proceso de cambio global del clima, lo que supone una alteración significativa en los valores medios de las condiciones climáticas con respecto a lo que sería esperable. A lo largo de

² Kauffman, 2012.

³ Barge, Flores, Baum, Vander Velde y Russell, 2019.

⁴ Poccock y Richards, 2005.

⁵ Bossingham, Carnell y Campbell, 2005.

⁶ Pontzer, Brown, Wood, Raichlen, Mabulla, Harris... y Ross, 2021.

la historia geológica de la Tierra no es, ni mucho menos, el primero en suceder y eso nos permite prever sus posibles consecuencias. Los cambios climáticos han sido, en general, una amenaza para la existencia de muchas de las formas de vida que prosperan en un momento dado. Sin embargo, sí es la primera vez en que la intervención humana, a través de su actividad diaria, está alterando la naturaleza y acelerando este proceso de cambio. El resultado tangible es el desarrollo de fenómenos meteorológicos extremos, tales como sequías, riadas, vientos intensos y olas de calor, con resultados devastadores para la naturaleza en general y para nuestra especie en particular: hambrunas, desplazamientos de seres humanos, una mayor vulnerabilidad frente a las enfermedades, etc.⁷

Somos, pues, seres dependientes del agua, vivimos condicionados por su mayor o menor disponibilidad. Es más, las evidencias científicas han demostrado la existencia de eventos climáticos adversos en relación con la mayor o menor disponibilidad de agua en el transcurso de nuestra evolución. Por ello, no es difícil deducir que en esos momentos el papel del agua tuvo que ser importante e, incluso, en ocasiones, decisivo en el devenir evolutivo de nuestro linaje.

EL PARAÍSO DEL MIOCENO COMO PUNTO DE PARTIDA

Hace unos 16 millones de años, durante el Mioceno medio, la bonanza climática había transformado al continente euroasiático en algo parecido a un jardín del Edén de la flora y la fauna. Los nuevos óptimos de temperatura y humedad convirtieron a la mayor parte de los ecosistemas de esa gran masa continental en un paraíso frondoso de bosques caducifolios subtropicales o laurisilvas, en los que una magnífica diversidad animal y vegetal prosperaba bajo esas condiciones favorables que apenas variaban a lo largo del año. Muchos de los organismos que dominaban aquellos paisajes o sus ulteriores descendientes han desaparecido de este lugar de la Tierra o, definitivamente, se extinguieron del planeta y tan solo han dejado como testigos de su existencia sus restos fosilizados.

En la Figura 1 se muestra una recreación de aquel momento en Eurasia, donde eran frecuentes, entre otras, las especies relacionadas con los actuales pecaríes (cerdos salvajes). También ocupaban amplios territorios algunos antepasados de los hipopótamos (hoy exclusivamente en África subsahariana), especies de proboscídeos que eran parientes lejanos de los actuales elefantes y

⁷ Houghton, 2015.

muy extendidos posteriormente por Europa en el Cuaternario. Los imponentes tigres de dientes de sable o macairodontinos de los que se cree que ocuparon Europa hasta la llegada de los humanos modernos (*Homo sapiens*) o los anisodones, perisodáctilos extintos emparentados con caballos y rinocerontes.

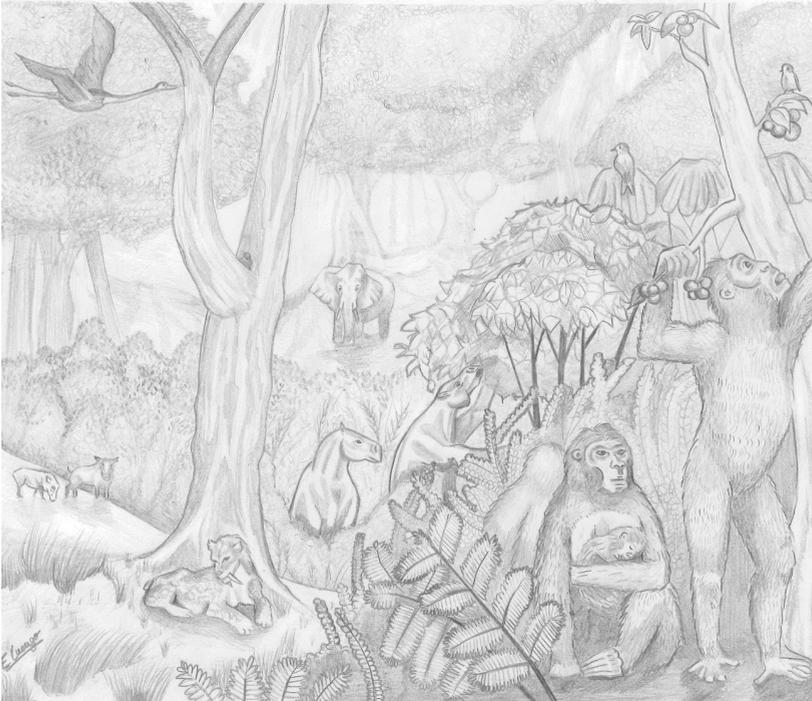


Figura 1. Ecosistema euroasiático del Mioceno medio con abundante fauna. Antepasados de los pecaríes, *Gomphotherium* y *Prodeinotherium*: proboscídeos, tigres de dientes de sable y anisodones, perisodáctilos extintos emparentados con caballos y rinocerontes.

Dibujo de Elena Luengo.

De aquella época se han recuperado, en diversas localizaciones euroasiáticas, restos fósiles de un grupo de mamíferos de orígenes africanos que son antepasados muy lejanos de nuestro linaje. Se trata de algunos de los primeros simios antropomorfos extrafricanos, primates sin cola, cuyo éxito en Eurasia dio lugar a un notable incremento tanto de la diversidad como del número de primates de este tipo (radiación adaptativa). Se les conoce con el término

general de *primates hominoideos*,⁸ aunque dentro de esta denominación se incluyen varios géneros fósiles (y, a su vez, especies) como *Pliopithecus*, *Griphopithecus*, *Sivapithecus*, *Dryopithecus*, *Lufengpithecus*, *Ouranopithecus* o *Ankarapithecus*, entre otros. Sin ninguna duda, y a juzgar por la riqueza de formas nuevas, las condiciones ecológicas de Eurasia favorecieron la rápida aparición de adaptaciones (dieta, locomoción, desarrollo encefálico, etc.) en estos simios.⁹ Eran primates con un cerebro mayor de lo hasta entonces conocido (primates no hominoideos) y practicaban la locomoción suspensoria, aspecto que implicó el desarrollo de innovaciones corporales que, a su vez, eventualmente, pudieron haber facilitado la posición erguida en el suelo en algunas especies de la época, en condiciones de insularidad, como fue el caso de *Oreopithecus banbolii*, que habitó en entornos de bosques pantanosos y mostraba adaptaciones dentales y locomotoras para el consumo de los recursos acuáticos tales como juncos, carrizos, enneas, nenúfares, charales o equisetos, tal y como se deduce del espectro de pólenes y esporas fósiles recuperados y asociados a este primate.¹⁰

Progresivamente estos primates hominoideos fueron ampliando su área de distribución y continuaron su diversificación hasta mediados-finales del Mioceno. Hace unos seis millones de años se produjo la crisis de salinidad del Messiniense. A partir de entonces, comenzó un nuevo y gradual cambio del clima hacia condiciones más secas, frías y con una estacionalidad más marcada y heladas invernales en el hemisferio norte (reemplazamiento de faunas y extinciones de grupos). Los periodos de escasez de ciertos alimentos se hicieron habituales debido al recambio del bosque subtropical por una vegetación de tipo esclerófila, más adaptada a la sequía. Cabe recordar que los primates (subórdenes Strepsirrhini y Haplorrhini) son, en general, mamíferos de distribución tropical y fuertemente dependientes de una temperatura más o menos constante a lo largo del año. Esto les asegura un suministro constante de frutas, elemento fundamental de su dieta, aunque en porcentaje variable en cada grupo. Las nuevas condiciones en Eurasia resultaron fatales, un fuerte agente selectivo para la mayoría de esos grupos de simios hominoideos, muchos de los cuales desaparecieron para siempre. Sin embargo, algunos de aquellos se desplazaron en dirección sur siguiendo los ecosistemas más favorables y se establecieron en las zonas tropicales de Asia (antepasados de orangutanes e hilobátidos) y de África

⁸ Los hominoideos actuales descendientes de los hominoideos del Mioceno son los hilobátidos, orangutanes, gorilas, chimpancés, bonobos y seres humanos

⁹ Begun, 2015.

¹⁰ Harrison y Rook, 1997.

(antepasados de gorilas, chimpancés y humanos). Entre estos simios europeos migrantes y, según algunos expertos, podría haber llegado el que sería el último antepasado común de los grandes simios africanos y del hombre —otros autores opinan que ese antepasado común no tuvo orígenes europeos—. Con el tiempo, algunas de estas poblaciones se adaptaron con éxito a los climas subtropicales y menos estacionales del continente africano y experimentaron nuevas radiaciones adaptativas en la región.¹¹

LOS ESTUDIOS SOBRE LA EVOLUCIÓN HUMANA

La evolución de nuestro linaje es un proceso mucho más enrevesado de lo que tan solo hace unas décadas se creía. Ni siquiera hoy en día conocemos bien sus fases, ni sus protagonistas y tampoco existe un pleno consenso acerca de las relaciones filogenéticas de nuestros ancestros —habitualmente representadas mediante un diseño arborescente—. Sin embargo, los continuos descubrimientos de fósiles y el avance en diversas técnicas de investigación aplicables a los mismos nos están permitiendo profundizar en nuestro pasado evolutivo. Antiguamente, la representación de nuestra evolución era una simple secuencia lineal antepasado-descendiente que culminaba en nuestra especie (Figura 2). Esta errónea imagen lineal ha sido muy perjudicial para la interpretación del proceso evolutivo, dando lugar a la equivocada idea de que una especie de simio progresó en el tiempo adquiriendo mejoras que, en último término, dieron lugar al *Homo sapiens*.

La forma más actual de representar la evolución temporal de linaje humano es la de un árbol envejecido, retorcido y enmarañado, reflejo del laberíntico proceso que nos ha traído hasta nosotros. Sus numerosas e incompletas ramificaciones ponen de manifiesto la complejidad de establecer relaciones entre los varios géneros y las numerosas especies¹² que nos precedieron en el tiempo. En nuestra historia evolutiva también existieron callejones evolutivos, líneas que no llevaron a ninguna parte y cuyos representantes desaparecieron sin dejarnos pistas de su continuidad (Figura 3). Es amplio el número de ciencias que nos aproximan a una imagen cada vez más real de cómo, cuándo, por qué y quién protagonizó cada fase. Por mencionar un par de ejemplos, los avanzados

¹¹ Rosas, 2019.

¹² Cuando se trabaja con fósiles se utiliza el concepto paleontológico de especie o morfoespecie, en el que estas quedan definidas por sus rasgos morfológicos y no entra en establecer si son o no especies biológicas.

métodos de datación de fósiles nos permiten, en la mayoría de los casos, determinar con precisión en qué momento vivieron esos grupos ancestrales. La paleoecología, por su parte, nos dibuja el escenario ecológico y los elementos ambientales que pudieron ser determinantes en el desarrollo y evolución de los rasgos que hoy nos definen. En suma, todos estos aspectos han dado lugar a ardientes y fructíferos debates dentro de la comunidad científica, reflejo, sin duda, del enorme interés por conocer quiénes somos y de dónde venimos.



Figura 2. Representación lineal de la evolución humana. Dibujo de Elena Luengo.

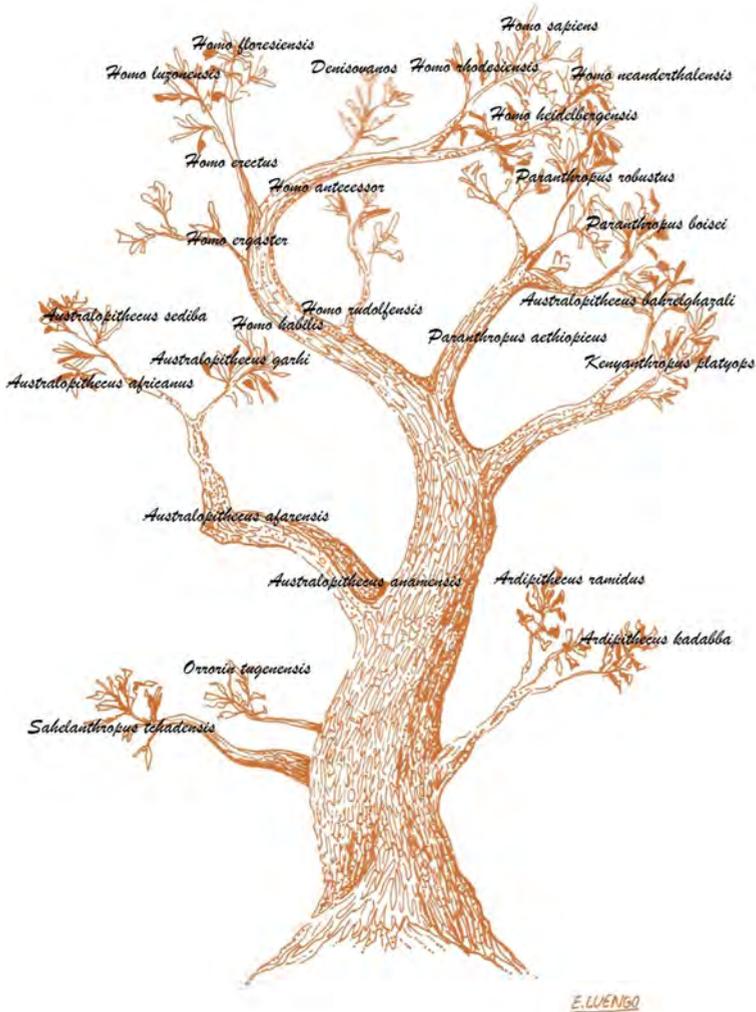


Figura 3. Esquema de la filogenia actual del linaje humano. No pretende establecer relaciones entre los grupos, solo representar la complejidad del proceso.
Dibujo de Elena Luengo.

Las perspectivas desde las que es posible analizar el proceso evolutivo de nuestra especie son variadas y todas ellas son necesarias para una visión sintética del mismo: la anatómica, la cultural o la referida a la dispersión geográfica serían algunos ejemplos. También es posible abordarlo desde la más actual y detallada

visión genética que, desde hace ya algún tiempo y gracias al vertiginoso desarrollo de las técnicas de paleogenética, ha permitido obtener secuencias de ADN de miembros de nuestro linaje con antigüedades cada vez mayores, lo que nos ha llevado a comprender mejor la complejidad de nuestro pasado como base genética de lo que somos hoy (hibridaciones, migraciones, etc.).¹³

Por otro lado, también son diversos e interesantes los estudios que analizan la influencia de los factores ecológicos que, de una manera u otra, han condicionado la evolución de nuestro linaje.¹⁴ De entre todos los factores ambientales, en este capítulo abordaremos el papel del agua como fuerza que influyó en nuestro aspecto físico y el desarrollo intelectual que nos caracteriza. Para finalizar, abordaremos el indiscutible papel de este elemento en la dispersión geográfica de algunos miembros de nuestro linaje y, sobre todo, de nuestra propia especie.

En nuestros días, no son pocos los humanos que sienten una gran atracción por el medio acuático y por la vida que se desarrolla en él: deportistas, científicos, naturalistas, etc. El ser humano es un mamífero que, aun siendo terrestre, es un excelente nadador y tiene una notable capacidad de buceo (o al menos tiene el potencial para serlo, claro). ¿Quién no se ha asombrado comprobando la rapidez con la que los bebés aprenden a nadar antes incluso que a caminar u observando su ancestral reflejo de inmersión? Es igualmente sorprendente el caso de algunas poblaciones del sudeste asiático, cuya vida gira en torno a los ambientes acuáticos de los que tienen unos conocimientos excepcionales. Tal es el caso de los moken del archipiélago de Mergui en el mar de Andamán, los orang laut que habitan entre Malasia, Sumatra y el archipiélago Riau o los sama-bajau que ocupan zonas del archipiélago de Jolo y también de los mares que rodean a la isla de Célebes.¹⁵ Se trata de pueblos seminómadas para los que el mar es su forma de vida, compartiendo una cultura íntimamente relacionada con los entornos marinos de los que dependen en exclusiva para su subsistencia. Asimismo, han desarrollado aptitudes para la vida en ese medio, como es la capacidad de inmersión a pulmón libre (apnea) a más de cincuenta metros de profundidad, la resistencia durante cerca de 15 minutos bajo el agua en busca de presas o su excepcional vista, que les permite enfocar dentro del agua.¹⁶

¹³ Krause y Trappe, 2020.

¹⁴ Andrews, 2019.

¹⁵ Stacey, Steenberg, Clifton y Acciaioli, 2018.

¹⁶ Stacey y Allison, 2019.

Además de esos ejemplos anecdóticos, la necesidad de consumir agua diariamente es un hecho que unifica a todos los humanos del pasado y del presente. Y, a pesar de ello, tradicionalmente, desde una perspectiva evolutiva, los científicos han dirigido sus esfuerzos no tanto a investigar el papel del agua, sino el de la alimentación, haciéndose preguntas sobre qué comían nuestros antepasados, cómo obtenían los alimentos o cómo ha ido evolucionando la dieta. Sin embargo, el agua es, igualmente, un elemento indispensable en nuestro día a día. El significado que, como fuerza moldeadora de nuestra evolución, pudo haber tenido se puede intuir contemplando el comportamiento de muchas especies de primates antropoideos no humanos (como organismos más próximos al ser humano) en la naturaleza. En ambientes acuáticos, estos otros primates se bañan, nadan, vadean a dos patas en busca de plantas y animales acuáticos e incluso se llegan a sumergir por completo.¹⁷ Por homología es posible inferir que nuestros antepasados practicaban en el agua comportamientos semejantes y que su dependencia del elemento no siempre abundante pudo condicionar nuestro destino como especie. Y ni que decir tiene cuando descubrimos las posibilidades que este medio ofrecía para el desplazamiento a largas distancias.

En la década de los setenta del siglo pasado la escritora científica británica Elaine Morgan popularizó la hipótesis del simio acuático —esbozada primeramente por el biólogo marino A. C. Hardy¹⁸ y conocida también como *AAH* por sus iniciales en inglés (*Aquatic Ape Hypothesis*), mediante la que trataba de explicar el origen de algunas características únicas de la humanidad: ausencia de pelo corporal, grasa subcutánea, descenso de la laringe o la locomoción bípeda, entre otras. Esta hipótesis sugería que los homínidos habrían tenido su origen en una especie acuática o que al menos pasaba una buena parte del tiempo en el agua.¹⁹ A lo largo del tiempo, sus ideas recibieron desde un incómodo silencio a fuertes críticas, y también, todo hay que decirlo, contó con convencidos seguidores. En la actualidad ni siquiera se menciona en los libros de texto sobre evolución. Sin embargo, esto no significa que los medios acuáticos no jugaran un papel importante e incluso definitivo en la vida de nuestros antepasados y eso es precisamente lo que trataremos de explicar en las siguientes líneas, mediante la valoración de la interacción ecológica y económica de los homínidos con los medios acuáticos o semiacuáticos.

¹⁷ Kempf, 2009.

¹⁸ Hardy, 1960.

¹⁹ Morgan, 1999.

¿EL ÚLTIMO ANTEPASADO COMÚN ERA ESTEAFRICANO?

Nuestra especie se incluye dentro del orden biológico de los primates y el chimpancé es el organismo que genéticamente está más próximo a nosotros, con el que compartimos un 95-98 % de nuestro genoma (la variación depende de la parte del genoma que se analice). Eso significa que humanos y chimpancés tenemos un antepasado común relativamente cercano, que se ha determinado que existió hace unos 8-6 millones de años. Por los restos fósiles de aquella época, sabemos también que era cuadrúpedo y que vivía en los densos bosques tropicales africanos.²⁰

Durante mucho tiempo, el contexto con más seguidores para explicar la divergencia de los dos linajes, y por tanto nuestro origen, fue la hoy rechazada hipótesis ecológica del *East Side Story* de Yvens Coppens, que explicaba el proceso de diferenciación a través de un mecanismo de especiación alopátrica debido a la barrera geográfica del gran valle del Rift.²¹ Situado en el levante africano, el Rift es una gran fractura geológica de casi cinco mil kilómetros que se extiende desde el lago Niassa en Mozambique hasta el mar Rojo. Comenzó a hacerse significativo hace unos 10 millones de años (el inicio de formación podría remontarse a los 30-25 millones de años) y aún continúa fracturándose. Una consecuencia visible es la imponente muralla geológica y los profundos valles que junto con los grandes lagos caracterizan esa región oriental africana.

En tiempos del último antepasado común de chimpancés y humanos, el África ecuatorial estaba aún sometida a la influencia de las corrientes oceánicas del Atlántico que mantenían esa zona húmeda y con una cubierta forestal propia del bosque húmedo tropical. A medida que las montañas del Rift fueron ganando altura, los vientos cargados de agua comenzaron a toparse con esa barrera natural que contenía e interrumpía el avance de las precipitaciones. El resultado fue que los ecosistemas al este del Rift se fueron secando y, poco a poco, despejándose de vegetación arbórea. Las poblaciones de simios de ese lado, aisladas de las del oeste, donde la situación se mantuvo estable, tuvieron que adaptarse a ese nuevo medio abierto. Según Coppens, en esas condiciones desarrollaron los caracteres propios de nuestro linaje que, como la bipedestación o locomoción a dos pies (rasgo primigenio de nuestro linaje), les permitía desplazarse eficazmente en ambientes escasamente arbolados. Durante muchas décadas, los únicos yacimientos de homínidos que se conocían se localizaban al este del Rift, en las zonas de sabana y, por tanto, la explicación de nuestro

²⁰ Pilbeam y Lieberman, 2017.

²¹ Coppens, 1994.

origen se argumentaba en la metamorfosis del paisaje debida a una menor cantidad de agua (humedad ambiental), que habría transformado el bosque tropical en pastizales, actuando como fuerza evolutiva para dar comienzo al linaje cuyos últimos representantes somos nosotros.

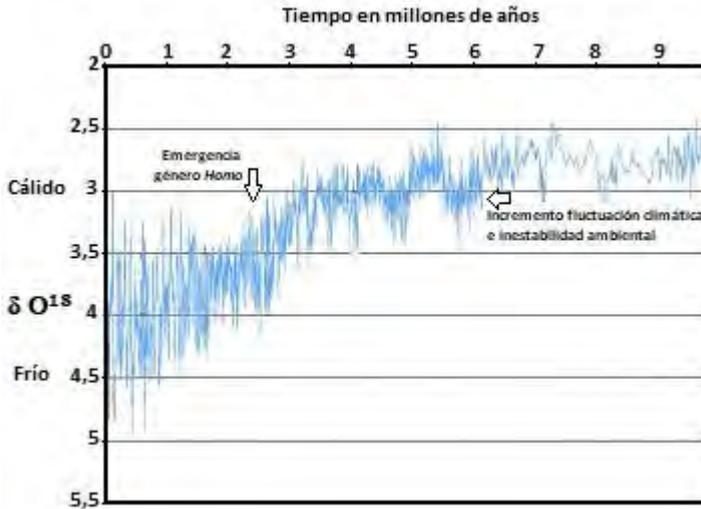


Figura 4. Curva isotópica del oxígeno ($\delta^{18}O$) durante los 10 últimos millones de años. Abscisas tiempo en millones de años y ordenadas es la medida del isótopo $\delta^{18}O$: ratio entre el isótopo pesado ^{18}O y el ligero ^{16}O (adaptado de Smithsonian Institution; datos de Zachos et al., 2001).

El descubrimiento de nuevos yacimientos de homínidos muy antiguos y fuera del este africano hizo que esta hipótesis, que explicaba nuestro origen elegante pero incorrectamente, cayera en desuso. Sin embargo, el clima y sus oscilaciones, y sobre todo la influencia de periodos secos y húmedos, se han mostrado como muy relevantes en el transcurso de nuestra evolución. En la Figura 4 se representa la evolución del clima en los últimos 10 millones de años a través de la relación que existe entre dos de los isótopos de oxígeno, $^{18}O/^{16}O$, obtenidos de muestras de foraminíferos, unos organismos unicelulares con concha de carbonato cálcico procedentes de sedimentos de aguas profundas. En ella se detalla la temperatura y su variación en el periodo que comprende nuestra evolución. Se observa una tendencia clara hacia un mundo progresivamente más frío, seco e inestable. Destacan también las oscilaciones del clima desde los 6 millones de años y cómo esta situación de sequía se agudiza en los

últimos 2,5 millones de años, momento que coincide con la emergencia del género *Homo* en ambientes más heterogéneos (mosaicismo ambiental) y en el que se adquieren las principales adaptaciones que nos caracterizan.²² A partir de entonces, algunos de nuestros ancestros amplían sus rangos de distribución tanto dentro como fuera del continente africano.

Los fósiles más antiguos que pertenecen a nuestro linaje están datados entre 7-6 millones de años y los científicos tienen todas las evidencias para afirmar que, al contrario que los simios antropomorfos miocénicos, los primeros homínidos ya no vivían en las profundidades del dosel del bosque. En ese momento se inicia un tiempo de fluctuaciones climáticas significativas que supusieron cambios drásticos en los paisajes: los desiertos se extienden allí donde había zonas verdes, y los ambientes abiertos y herbáceos comienzan a dominar las grandes áreas donde vivían.

La especie *Sahelanthropus tchadensis*, datada en unos 7 millones de años, es una de las más antiguas de nuestro linaje.²³ Su localización en el desierto centroafricano de Djurab, en el Chad, vino a tambalear los cimientos de lo que hasta entonces se creía que había significado el este de África en la evolución humana. La reconstrucción paleoecológica nos dice que *Sahelanthropus* no vivió en un ambiente de sabana, sino en un hábitat perilacustre, entre el paleolago Megachad y el desierto.²⁴ A partir de sus restos fosilizados, de evidencias geológicas (marcas onduladas en diferentes direcciones, indicativo de inundaciones y sequías) y de fósiles de otras especies animales de peces, anfibios, cocodrilos, hipopótamos, nutrias, tortugas, etc., y vegetales, como diatomeas y restos de plantas pantanosas, se atestigua la presencia de agua dulce y bien oxigenada en el hábitat de este homínido. Probablemente consumió ocasionalmente juncos de la orilla del lago y otra vegetación acuática disponible. Los fósiles de monos y otros mamíferos arbóreos evidencian la existencia de bosques donde, a buen seguro, *Sahelanthropus* se alimentaba también de los frutos que recolectaba.²⁵

²² Zachos, Pagani, Sloan, Thomas y Billups, 2001

²³ Rosas, 2019.

²⁴ La recuperación de homínidos (u otros vertebrados) en ambientes de humedales no significa necesariamente que estos vivieran o incluso frecuentaran estos ambientes. Los huesos se conservan preferentemente en sedimentos lacustres o fluviales, por lo que casi por defecto se asociarían siempre a entornos acuáticos. Los científicos buscan indicios de modificación carnívora o transporte fluvial en los huesos de los homínidos para afirmar que el homínido pudo haber vivido (y muerto) en este entorno.

²⁵ Finlayson, 2015.

Mucho tiempo después, hace unos 4,4 millones de años, en el este de África, vivió una especie con una mezcla de caracteres morfológicos primitivos y derivados (mosaicismo). Es *Ardipithecus ramidus* y los estudios paleoecológicos de los yacimientos de los que se extrajeron sus fósiles nos revela que ocupó hábitats de bosque ribereño o de bosque con praderas hidratadas por aguas subterráneas.²⁶ Es cierto que no sabemos en qué grado explotarían los ecosistemas acuáticos, pero podemos inferirlo de la observación de habilidades para el forrajeo ribereño o lacustre de los primates no humanos, y nada nos hace pensar que los ardipitecinos no tuvieran, al menos, las mismas capacidades y se comportasen de una manera semejante a ellos en ambientes similares.

En resumen, es muy probable que los primeros homínidos vivieran en ambientes muy parecidos al hábitat boscoso del último ancestro común con los chimpancés, donde los ecosistemas de ribera y los bosques galería con inundaciones estacionales fueron ambientes recurrentes. Estos lugares son similares a los bosques euroasiáticos del Mioceno descritos al inicio del capítulo y coinciden con los ocupados por la subespecie de chimpancé *Pan troglodytes schweinfurthii* del este de África en la actualidad.²⁷ No se han encontrado homínidos basales asociados a bosques tropicales o a bosques de montaña, como ocupan actualmente gorilas, bonobos y algunas subespecies de chimpancés (*Pan troglodytes verus*; oeste de África). De todo ello podríamos deducir que los muy lejanos antepasados miocénicos europeos que entraron en África pudieron haber ocupado los ambientes a los que ya estaban adaptados y la transición del bosque húmedo templado a un bosque más estacional podría haber sido facilitada por la existencia de lagos y otros tipos de humedales que se comportarían como ocurre actualmente en zonas de marismas, con momentos húmedos y momentos de sequía.²⁸

LOS AUSTRALOPITECOS Y LOS AMBIENTES ACUÁTICOS

Los australopitecos son un grupo de especies de homínidos sociales que caminaron erguidos practicando una bipedia facultativa (aún está lejos de las formas modernas de bipedestación) y que se diversificaron por el centro, este y sur de África desde hace 4,2 hasta los 2 millones de años. Entre los diferentes ambientes que se han descrito para los *Australopithecus* (especies eutrópicas)

²⁶ Cerling, Levin, Quade, Wynn, Fox, Kingston... y Brown, 2010.

²⁷ Piel, Strampelli, Greathead, Hernandez-Aguilar, Moore y Stewart, 2017.

²⁸ Finlayson, 2015.

predominan los paisajes cálidos y húmedos próximos a zonas boscosas, con puntos de agua de escasa o poca profundidad como lagos, lagunas, riberas fluviales, marismas, etc.²⁹ El por qué eligieron estos ambientes, donde la presencia de agua es importante, seguramente fuera por la mayor facilidad para encontrar alimentos, particularmente fruta. A juzgar por el registro fósil, es más improbable que ocuparan espacios abiertos y tampoco se cree que habitaran en bosques forestales densamente cubiertos, más allá de algunas incursiones en busca de frutos maduros.³⁰

Una serie de estudios sobre desgaste dental e isótopos estables ha aportado información sobre el tipo de dieta de los australopitecinos. Se ha determinado que eran sobre todo alimentos blandos, no siendo las hojas ni los frutos secos algo habitual en su dieta, excepto como dieta de último recurso (cuando no había otra cosa). No obstante, existen excepciones dentro del grupo, como es el caso del *Australopithecus sediba*. Se trata de una especie sudafricana (yacimiento de Malapa) del Pleistoceno temprano, (1,95-1,7 millones de años), con una capacidad craneal de unos 450 cm³ y aunque era un bípedo facultativo en el suelo, trepaba a los árboles como los grandes simios. Este homínido juega un papel destacado tanto en la discusión sobre la persistencia de las adaptaciones trepadoras y el cuándo evolucionaron aquellas otras que dirigen al bipedismo obligado como en el propio origen del género *Homo*.³¹ El desgaste dental indica que su dieta sí se sostenía fundamentalmente en alimentos duros, incluyendo los juncos, lo que indica que también vivía cerca del agua y se alimentaba de plantas acuáticas.³² Más del 95 % de los yacimientos de australopitecos estudiados revelan que ocupaban espacios arbolados con presencia de agua (ambientes que son nutricionalmente muy interesantes por la variedad y abundancia de alimentos), por lo que suponemos que rara vez se encontrarían lejos de ese recurso. Esto les proporcionaba la protección y el refugio de los árboles, además de importantes fuentes de alimento tanto de los árboles como otro tipo de productos comestibles que están disponibles en las orillas del agua. Por analogía con primates actuales, podemos suponer que tendrían la capacidad de vadear en busca de alimentos, o incluso de nadar y sumergirse.³³

²⁹ Behrensmeyer y Reed, 2013.

³⁰ Finlayson, 2015.

³¹ Williams, Prang, Meyer, Nalley, Van Der Merwe, Yelverton... y Berger, 2021.

³² Sponheimer, Alemseged, Cerling, Grine, Kimbel, Leakey... y Wynn, 2013.

³³ Finlayson, 2015.

El cambio climático que ocurrió en el entorno de los 2,8 millones de años³⁴ supuso la reducción de las zonas pantanosas en África, que adquirieron un carácter más estacional, lo que pudo haber supuesto un gran estrés para los australopitecinos, aumentando su mortalidad. Consecuentemente también se habría intensificado la presión a favor de aquellas características que supusieran una ventaja en términos de supervivencia.

LOS PARÁNTROPOS EN UN MUNDO QUE SE SECA

Hace 2,6 millones de años la glaciación se recrudece aún más en el hemisferio norte, y en las regiones tropicales de África se traduce en un aumento de la sequía con la resultante extensión de la aridez y de las zonas abiertas (sabana) y una significativa reducción de los bosques y de las áreas arboladas.³⁵ El clima seco y variable afectó a la vegetación leñosa, que fue progresivamente siendo sustituida por praderas boscosas (la extensión de los pastizales vendría posteriormente).

Como la disponibilidad de agua es un factor crítico en la distribución de las especies, es lógico intuir que el deterioro climático repercutió en la evolución de los homínidos. En este momento crítico se aprecian, al menos, dos modelos de adaptación diferentes: la especialización de los parántropos y las estrategias generalistas del género *Homo*.

Los parántropos representan una fase de *experimentación evolutiva*, un linaje paralelo al nuestro (*Paranthropus* significa al lado del hombre) y, por tanto, no fueron nuestros antepasados. Sus tres especies se distribuyen temporalmente entre algo menos de 3 y 1,2 millones de años en la región oriental y meridional del continente africano. Su entrada en escena coincide plenamente con esos momentos de cambios climáticos globales que tienen como consecuencia una alteración de los ecosistemas.

Los parántropos —sobre todo los esteafricanos— se especializan desde un punto de vista ecológico y de aprovechamiento de recursos. Tienen una anatomía craneal novedosa y muy especializada en lo que se refiere a su característico aparato masticador, adaptado a una dieta que incluía frecuentemente alimentos vegetales abrasivos, de bajo contenido calórico y que necesitaban poca preparación antes de su consumo; tal es el caso de algunas plantas duras tropicales como el papiro, los juncos, además de frutos secos, semillas, etc. (Figura 5).

³⁴ Robinson, Rowan, Campisano, Wynn y Reed, 2017.

³⁵ De Menocal, 2004.

También es posible que solo recurriesen a ellos en los momentos más críticos de escasez de otros productos más blandos y apetecibles, lo que se infiere tanto a nivel morfológico como por el desgaste funcional de los dientes.³⁶



Figura 5. *Paranthropus* en busca de alimento. Dibujo de Elena Luengo.

³⁶ Rosas, 2015.

Nuevamente, el estudio paleoecológico de este grupo nos habla de una preferencia por los hábitats próximos a puntos de agua en la práctica totalidad de los yacimientos analizados.³⁷ También se describe como característica de sus nichos ecológicos la baja presencia de árboles en amplios espacios abiertos, siendo poco importantes los medios arbustivos. Debido a las circunstancias climáticas descritas, tampoco es extraño que en algunos de los yacimientos de parántropos no se hayan encontrado evidencias de árboles.³⁸

Posiblemente su elevado grado de especialización, que les permitió sobrevivir milenios tanto en el este como en el sur de África, fue, al mismo tiempo, la probable causa de su extinción. Cuando las condiciones climáticas cambiaron de nuevo, en la transición Plioceno–Pleistoceno, no pudieron adaptarse y desaparecieron sin dejar descendencia (un callejón evolutivo sin salida).

LOS PRIMEROS HUMANOS Y EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS ACUÁTICOS

Con el paso del tiempo, alguna de las especies de *Australopithecus* más recientes habría dado lugar a nuestro género *Homo* durante un periodo de aumento de la inestabilidad ambiental. Hace algo más de 2 millones de años, *Homo habilis*, *Homo rudolfensis* y, posiblemente, alguna otra especie más que aún no conocemos representaban formas de homínidos mucho más próximas a nosotros que cualquiera de las anteriores. Tradicionalmente se ha considerado como rasgos derivados (originales) del género *Homo* las extremidades inferiores más largas respecto a las superiores y una pelvis moderna. Sin embargo, la anatomía del *Australopithecus sediba*, también de esa misma antigüedad, demuestra que ambos caracteres ya estaban presentes en los últimos representantes australopitecinos, desafiando la hipótesis de que los primeros *Homo* se identificaban por un cambio claro en la eficiencia de su desplazamiento (caminar y correr). La aparición del género *Homo* sí parece que va acompañada de un significativo aumento del tamaño, que llega a ser aproximadamente del 30 %, tanto en la capacidad cerebral como en la masa corporal respecto a los australopitecos.^{39, 40}

Los yacimientos donde encontramos restos fósiles de los primeros *Homo* evidencian su preferencia por los paisajes arbolados y su dependencia de lugares próximos a fuentes de agua, pero, a la vez, se movían habitualmente por

³⁷ Reed, 1997.

³⁸ Finlayson, 2015.

³⁹ Pontzer, 2012.

⁴⁰ Anton, Potts y Aiello, 2014.

los espacios abiertos.⁴¹ Su capacidad para desenvolverse en ausencia de árboles fue, posiblemente, gracias a la necesaria explotación de refugios rocosos. Este entorno debió de resultar fundamental para la supervivencia (algunas especies tanto de *Australopithecus* como de *Paranthropus* también podrían haberlo usado esporádicamente), ya que reducía mucho el coste de ir de los árboles al agua y regresar. Aceptando esa nueva alternativa de protección y la ventaja en gasto energético que supone, no resulta nada extraño que, coincidiendo con un evento de gran sequía en África, las herramientas de piedra aparezcan, por primera vez de manera habitual, asociadas a estas primeras especies de *Homo*.⁴² El uso de herramientas está, a su vez, vinculado con un importante cambio en la dieta a partir de ese momento. Los primeros *Homo* tenían una alimentación poco especializada y bastante generalista, aunque el análisis de la dentición indica que evitaban los alimentos duros. Algo novedoso es que la carne y las grasas animales formaban parte habitual de su dieta, estos se habían hecho accesibles gracias al empleo de sus nuevos instrumentos. La fabricación de utensilios de piedra y su uso para acceder a los tejidos animales por parte de los homínidos del Plioceno abrió paso a la explotación de un nuevo nicho alimentario al que hasta ahora no tenían acceso solo con sus propios dientes, marcando el origen de una adaptación clave de la historia evolutiva humana. Ciertamente, un paso que fue decisivo para convertirnos en humanos.⁴³

Específicamente, la mayor masa corporal y el aumento del cerebro que hemos descrito para los primeros *Homo* se explicaría, en parte, por el aumento de la calidad de la alimentación, que sugiere una expansión dietética y un incremento, en general, en la disponibilidad de energía. Esa suficiencia nutricional resultó del uso de herramientas y la cooperación social (evolución cognitiva de las especies), que implicaba el transporte e intercambio de alimentos y materiales. Por otro lado, también influyó una decisiva reducción en la asignación de energía a otras funciones costosas como la digestión (se redujo el tamaño de los intestinos con respecto a los australopitecos), que fue redirigida hacia la locomoción bípeda eficiente, el crecimiento y la reproducción.⁴⁴ Y todo ello sin disminuir la energía necesaria para cerebros más grandes o una mayor actividad,⁴⁵ lo que supuso también un incremento en el número y la distancia de

⁴¹ Roberts, Boivin, Lee-Thorp, Petraglia y Stock, 2016.

⁴² Finlayson, 2015.

⁴³ Ungar, Grine, y Teaford, 2006.

⁴⁴ Navarrete, van Schaik y Isler, 2011.

⁴⁵ Pontzer, 2012.

los desplazamientos; quizás se sentían más seguros cuando se aventuraban por esos paisajes despejados de árboles y lejos de refugios en busca de alimento y de nuevos puntos de agua. No cabe duda de que su bipedestación obligada les permitía alejarse y regresar al refugio de los árboles con relativa desenvoltura.⁴⁶

En suma, en esta época el cambio climático global hizo que se redujeran notablemente las zonas húmedas del continente africano, que tendrían un comportamiento más estacional (inundaciones y sequías). En la época seca las limitaciones de agua podrían haber intensificado la presión de selección en favor de aquellas adaptaciones que, progresivamente, mejoraran la supervivencia ante estas condiciones: extremidades inferiores que les permitieran moverse rápido a lo largo de los espacios y un aumento progresivo de la capacidad craneal que les permitiera recordar los lugares donde se encontraban las fuentes de agua. En esos desplazamientos descubrían nuevos emplazamientos con puntos de agua y permanecían cuando llegaban a zonas con mejores posibilidades de alimentación.

En las últimas décadas el número de yacimientos de estos primeros *Homo* que contienen evidencias de explotación de recursos terrestres y acuáticos (continentales y marítimos) asociados a esa primera industria lítica (Olduvayense) ha ido en aumento. Se han recuperado restos de mariscos, peces, aves marinas, mamíferos marinos y otra fauna acuática (tortugas, cocodrilos, etc.). En general podemos decir que no era infrecuente el forrajeo basado en peces, moluscos o invertebrados acuáticos, indicando que, definitivamente, el consumo de recursos acuáticos comenzó relativamente temprano en nuestra historia.^{47,48} Esto querría decir que los primeros humanos, aunque esporádicamente o quizás recurrente y sistemáticamente, incorporaban productos acuáticos de alta calidad nutritiva, que podrían haber estado en el origen del definitivo y progresivo incremento del cerebro en general y, particularmente, de la corteza cerebral. Incluso, algunos proponen, que podría tratarse de las especies llamadas a protagonizar la primera salida del continente africano.⁴⁹

***HOMO ERGASTER*, MIGRACIONES Y RECURSOS MARINOS**

Entre 1,8 y 1,6 millones de años se produce un segundo evento climático adverso, con una tendencia general al enfriamiento. El clima en África se

⁴⁶ Ruff, 2009.

⁴⁷ Erlandson, 2001.

⁴⁸ Braun, Harris, Levin, McCoy, Herries, Bamford... y Kibunjia, 2010.

⁴⁹ Agustí y Lordkipanidze, 2011.

vuelve más seco y variable y se producen importantes cambios en la fauna. Las fuentes de agua se vuelven más dispersas, y los espacios, aún más abiertos. Muchos de los paisajes, otrora bosque tropical, se han ido transformando en hábitats despejados con algunos parches de árboles, las fuentes de agua se dispersan aún más y el efecto de la estacionalidad (inundaciones–sequía) se agudiza.

En este escenario evolucionó un nuevo tipo de homínido, el *Homo ergaster*. El esqueleto postcranial es notablemente más próximo a los humanos modernos (sin embargo, el cráneo es perfectamente distinguible del de este) que cualquiera de las formas homínidas anteriores: su cuerpo era de mayor tamaño respecto a los australopitecos y las proporciones corporales estaban más cercanas a las modernas. Este aspecto tiene importantes implicaciones ecológicas, puesto que, en términos de coste energético, es más eficiente tener las extremidades inferiores alargadas.⁵⁰ Al comparar las nuevas proporciones corporales con las de un australopiteco, se ha estimado que en este último el consumo podría ser hasta un 50 % superior. Por otro lado, la posesión de miembros inferiores largos reduce también el coste energético de la carrera. Es decir, hubo una selección a favor de un cuerpo (esqueleto) optimizado para preservar la energía durante la locomoción, mejorando la habilidad para que, en su desplazamiento, los *Homo ergaster* y las especies posteriores, pudieran cubrir mucho más espacio en la misma cantidad de tiempo que sus predecesores.⁵¹ Esto les permitió moverse hábilmente entre diferentes fuentes de agua durante el ciclo anual, ofreciéndoles nuevas alternativas alimenticias (dieta más variada) y, a la vez, les sometía a constantes presiones selectivas –diferentes condiciones ambientales que encontraron en sus desplazamientos– favoreciendo cualquier innovación genética que promoviera la mejora de la movilidad.

Nuestros ancestros se hicieron grandes exploradores y durante estos desplazamientos, con toda seguridad, encontraron animales recién muertos (Figura 6). Puesto que ya tenían un tamaño relativamente grande, podrían competir con otros carroñeros interesados también en esos cadáveres que representaban un tesoro energético para el mantenimiento de los miembros del grupo. Tener satisfechos los recursos imprescindibles de agua y alimentos permitió a estos grupos alejarse cada vez más.^{52,53} Seguramente, además de la modificación del

⁵⁰ Aiello y Wells, 2002.

⁵¹ Anton Potts y Aiello, 2014.

⁵² Roach, Hatala, Ostrofsky, Villmoare, Reeves, Du... y Richmond, 2016.

⁵³ Finlayson, 2015.

hábitat o el aumento demográfico, los movimientos migratorios de otras especies animales pudieron ser otro excelente aliciente para esta dispersión.



Figura 6. El género *Homo* aprovechaba la carroña que encontraba en sus desplazamientos. Dibujo de Elena Luengo.

En cuanto a la relevancia del agua en esta especie, son varios los yacimientos africanos asociados a *H. ergaster* en los que se han recuperado

huesos, espinas, caparazones, etc. con marcas de corte. Estos restos pertenecen a especies animales acuáticas o semiacuáticas, típicas de hábitats con aguas poco profundas (lacustres y fluviales) y estacionalmente pantanosas y que podrían representar hasta un 7 % de la fauna total de los yacimientos. Se cree que esta especie consumía habitualmente peces, tortugas, cocodrilos, mamíferos acuáticos e incluso en algún momento de mayor sequía pudieron recurrir a peces pulmonados que vivían en el fango.⁵⁴

El *Homo ergaster* es la primera especie de nuestro linaje de la que tenemos certeza que salió del continente natal (*Out-of-Africa 1*), lo que no descarta que este gran paso, como ya se ha apuntado, no lo hubiera dado alguna especie anterior. En esa migración se atrevió a explorar latitudes mucho más elevadas, alcanzando la vertiente sur del Cáucaso en la linde entre Europa y Asia, en donde sus descendientes (*Homo georgicus* –hominino de Dmanisi–) se establecieron y sobrevivieron a los fríos inviernos gracias a una dieta en la que el protagonismo de la carne y las grasas animales tuvo que ser importante.⁵⁵ El qué los llevó a aventurarse fuera y lejos de África es posible explicarlo por una combinación de factores intrínsecos, como el aumento demográfico, la bipedestación obligada, que le aportaba mejor habilidad en la dispersión, y una tecnología avanzada y, además, un conjunto de ingredientes extrínsecos relacionados con las condiciones ambientales y del clima incluyendo la apertura de corredores geográficos.⁵⁶

LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS EN ASIA Y SU SIGNIFICADO EN EL LINAJE HUMANO

La especie *Homo erectus* pudo haber ocupado Asia continental y el sudeste asiático desde hace 1,8 millones de años y permaneció en la zona hasta hace unos 100 000 años, coincidiendo con la llegada de los *Homo sapiens* o *humanos anatómicamente modernos* (HAM). Algunos autores hablan de una posible distinción de dos grupos, uno de mayor antigüedad, que estaría representado por los fósiles del yacimiento de Trinil en la isla de Java (sudeste asiático) y en el sur de China, y otro más moderno, que habría ocupado zonas más templadas y menos boscosas de China.⁵⁷

⁵⁴ Stewart, 2010.

⁵⁵ Rightmire, Lordkipanidze y Vekua, 2006.

⁵⁶ Carotenuto, Tsikaridze, Rook, Lordkipanidze, Longo, Condemi y Raia, 2016.

⁵⁷ Rosas, 2016.

El hallazgo de un número elevado de fósiles de *H. erectus* en los diferentes yacimientos de la isla de Java solo puede explicarse por un importante poblamiento de la zona en aquel momento. Alguno de los interrogantes que surgen al observar la geografía de la isla es cómo estos homínidos pudieron alcanzarla: ¿acaso ya sabían navegar?, ¿podían construir embarcaciones que facilitaran la colonización del archipiélago indonesio? Pues la respuesta parece ser que no, que, al menos, no fue necesario que hicieran frente ni al oleaje ni a las corrientes y profundidades marinas. La tectónica de placas del límite del Plio-Pleistoceno, acompañada de una mayor actividad volcánica y las propias fases glaciares, hicieron frecuentes las fluctuaciones del nivel del mar que afectaron a la configuración de las masas terrestres en el sudeste asiático. La plataforma de Sunda o Sonda, una extensión hacia el sur de la plataforma continental conocida como *Sundalandia* y que incluye la península de Malaca, las islas de Borneo, Java, Sumatra y las islas circundantes, por entonces estaba emergida (Figura 7). Este corredor pudo servir como puente terrestre y ruta de migración para *H. erectus* y muchos otros grandes mamíferos que alcanzaron la isla de Java.⁵⁸

Según algunos autores, es muy probable que, dada la variedad de hábitats descritos para *H. erectus*, en general vinculados al agua (ríos, lagos, áreas pantanosas y estuarios de agua salobre),^{59, 60} los recursos a los que habría podido acceder serían muy variados. El análisis de los fósiles confirma que habrían mantenido una dieta omnívora de tipo generalista y oportunista, que incluía productos vegetales tales como hojas, semillas o frutas, invertebrados como moluscos o insectos y, además, vertebrados de diferente tamaño.⁶¹ En los yacimientos javaneses se han recuperado también cientos de restos de animales acuáticos, incluidos mamíferos, que revelan una conexión cercana de esta especie con el medio acuático. Todo ello nos hace suponer que los *H. erectus* de Java vivían próximos a las orillas de los ríos, lagos y zonas pantanosas boscosas, posiblemente con una menor influencia marina. Las estrategias empleadas por esta especie para la obtención de los recursos acuáticos incluyeron tanto el forrajeo de las riberas en busca de moluscos y peces como una fase más avanzada, en la que podrían haber iniciado una actividad pesquera muy elemental. El uso para la alimentación de moluscos (*Pseudodon*, especie de agua dulce) ha sido

⁵⁸ Carotenuto, Tsikaridze, Rook, Lordkipanidze, Longo, Condemi y Raia, 2016.

⁵⁹ Cabe recordar que los márgenes de los sistemas acuáticos (lagos, ríos, deltas, etc.) son tafonómicamente favorables a la fosilización.

⁶⁰ Huffman, Zaim, Kappelman Ruez, de Vos, Rizal, Aziz y Hertler, 2006.

⁶¹ Joordens, Wesselingh, de Vos, Vonhof y Kroon, 2009.

ratificado recientemente, desde el punto de vista tafonómico. Además, también se ha determinado el uso de las valvas de estos organismos como herramientas y, lo que resulta más sorprendente, también sirvió de lienzo para un trazado geométrico en forma de zigzag, que podría ser el grabado más antiguo realizado por un miembro de nuestro linaje.⁶²



Figura 7. Sunda y Sahul son las dos plataformas continentales emergidas durante los periodos glaciales del Pleistoceno Superior. Sunda estaba formada principalmente por la península malaya y las islas de Sumatra, Java, Bali y Borneo. Sahul se constituía por Australia, Nueva Guinea y Tasmania y otras islas circundantes. Wikimedia Commons.

Está claro que los *H. erectus* tuvieron algunas habilidades acuáticas tales como vadear, nadar o incluso realizar algunos desplazamientos simples mediante dispositivos de flotación, pero no hay evidencia de que fueran verdaderos

⁶² Joordens, Joordens, d'Errico, Wesselingh... y Roebroeks, 2015.

navegantes.⁶³ Algunos autores, sin embargo, sí van más allá y consideran que esta especie poseía destrezas náuticas que posibilitaron su dispersión costera mediante el uso de embarcaciones marineras (balsas de bambú). Añaden, además, que una de las implicaciones de estas primeras expediciones marítimas es la posibilidad de que hubieran favorecido algún tipo de comunicación verbal (lenguaje rudimentario) y por lo tanto habrían sido poseedores de una tecnología y una cultura mucho más sofisticadas de lo que se pensaba hasta ahora.^{64,65}

Los *Homo erectus* posiblemente también pudieron sufrir estrés en este tipo de ambientes boscosos, húmedos y cálidos y elegirían para instalarse los márgenes del bosque húmedo, a la vez que tratarían de buscar constantemente remedios para su supervivencia. La solución podría ser la dispersión, pero eso suponía enfrentarse al mar abierto, algo que nunca había hecho un primate, pero los científicos creen que *H. erectus* sí lo hizo.

Uno de los hechos más sorprendentes en el campo de la paleoantropología tuvo lugar en el año 2004, cuando se descubrieron, en el interior de la cueva de Liang Bua de la isla de Flores (Indonesia), un centenar de restos óseos de una especie humana de aproximadamente un metro de estatura, unos 25 kilos y un cerebro de algo más de 400 centímetros cúbicos, todo ello asociado a numerosas herramientas de piedra de diseño sofisticado. Las características anatómicas hicieron que los fósiles fueran asignados a una nueva especie, *Homo floresiensis* (~100 000–60 000 años),⁶⁶ que ha sido considerada como un endemismo derivado de *H. erectus* que habría alcanzado la isla alrededor de hace 800 000 años, fecha que se corresponde con las dataciones de los yacimientos líticos de Mata Menge, Boa Lesa y Kobatuwa.^{67,68} La geografía, el clima y la vegetación del sudeste asiático en general y de la isla de Flores en particular habrían favorecido la vida cerca de los ríos y de las costas durante las fases cálidas y húmedas, cuando el bosque tropical invadía la Tierra. Una vez establecidos en la isla, los recién llegados *H. erectus* permanecieron aislados por el agua durante un tiempo suficientemente largo. Mediante el mecanismo de especiación alopátrica, debido a ese aislamiento geográfico extremo, habrían evolucionado hacia homínidos de pequeño tamaño.

⁶³ Erlandson, 2010.

⁶⁴ Barham y Everett, 2021.

⁶⁵ Bednarik, 2014.

⁶⁶ Brown, Sutikna, Morwood, Soejono, Wayhu Saptomo, y Awe Due, 2004.

⁶⁷ Morwood, O'Sullivan, Aziz and Raza, 1998.

⁶⁸ Brumm, Aziz, Van Den Bergh, Morwood, Moore, Kurniawan... y Fullagar, 2006.

Explicar la llegada del *H. erectus* a Flores es complicado. En función de la información faunística y batimétrica, no es nada probable que en aquel momento existiera algún tipo de puente terrestre entre la plataforma de Sunda y Flores, aparentemente la ruta más corta.⁶⁹ La otra alternativa para ese mismo itinerario ya implica la salida a mar abierto en más de una ocasión, con distancias de hasta 20 kilómetros y con una navegación especialmente complicada por la fuerte corriente de flujo de norte a sur de Indonesia. Un modelo alternativo sugiere un viaje a través de Filipinas y Célebes (Sulawesi), una ruta que, aunque hubiera requerido varios cruces entre islas, podría haber sido más fácil gracias a esas mismas corrientes norte-sur.⁷⁰ Independientemente de cuál fuera la ruta que siguieran, se cree que la navegación fue accidental, sin que se pueda descartar la posibilidad de un tsunami o una tormenta. En Flores también se encontraron varios taxones de mamíferos, aves y reptiles que eran capaces de flotar o nadar y que procedían de varios lugares, incluyendo Java, Sulawesi y Sahul.⁷¹

LOS ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES Y EL CRECIMIENTO DEL CEREBRO

Estamos viendo cómo, desde el inicio de nuestra andadura evolutiva, el consumo de productos vegetales y animales procedentes del agua, tanto continental como marina, ha tenido un papel importante en la alimentación. Su protagonismo, además, fue acrecentándose en los últimos dos millones de años a medida que se progresaba hacia formas más modernas y cuantitativamente más encefalizadas.

En la actualidad, nuestro cerebro triplica holgadamente el tamaño del de un chimpancé o el de las primeras formas de nuestro linaje, cuyos sucesivos representantes experimentarán un aumento exponencial de la capacidad craneal hasta la aparición de los *Homo sapiens*. Desde hace tiempo, los científicos plantean que esta realidad pudo deberse, al menos en parte, a la explotación de recursos alimenticios de alta calidad procedentes de ecosistemas acuáticos.⁷² Es decir, si la dependencia de este tipo de recursos se fue incrementando a lo largo de nuestra historia evolutiva, no podemos dejar de explicar la influencia de las estrategias de subsistencia acuáticas y las aportaciones dietéticas que ello supuso

⁶⁹ Van Heteren y de Vos, 2012.

⁷⁰ Morwood y van Oosterzee, 2007.

⁷¹ Dennell, Louys, O'Regan y Wilkinson, 2014.

⁷² Joordens, Kuipers, Wanink y Muskiet, 2014.

en la consecución de un cerebro con las excepcionales facultades intelectuales de los homínidos.

El tejido cerebral es energéticamente costoso, tanto en su formación como en su funcionamiento. Ese órgano, que apenas representa el 2 % del peso corporal (el 11 % en niños), consume algo más del 20 % del oxígeno y de la glucosa del organismo (hasta un 74 % en infantes) y de ahí la importancia de mantenerlo mediante el suministro de alimentos de calidad.⁷³ El mayor componente estructural del tejido nervioso en mamíferos son los lípidos (10–12 %) y entre ellos los más importantes son los ácidos grasos esenciales, lo que significa que el organismo no es capaz de sintetizarlos (carece de las enzimas para su producción) y tiene que obtenerlos a partir de la dieta.

Existen dos tipos de ácidos grasos, los saturados y los insaturados. En los saturados, todos los átomos de carbono (C) están unidos a átomos de hidrógeno (H), formando una cadena. En los insaturados, entre dos átomos de carbono puede haber un doble enlace (C=C); a mayor número de dobles enlaces se les considera más insaturados. Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga de átomos de carbonos (LC-PUFA, del inglés *Long Chain PolyUnsaturated Fatty Acids*) se consideran nutrientes limitantes para un adecuado crecimiento del tejido neural. Dentro de ellos destacan la serie ω6 y la serie ω3, cuyos precursores son el ácido linoleico (ω6) y el ácido linolénico (ω3) que, mediante la acción de enzimas específicos, permite la obtención del ácido araquidónico (AA; omega-6) y del ácido docosahexaenoico (DHA; omega-3), que forman la mayor parte (~ 90 %) de la composición química del cerebro.^{74, 75}

Los alimentos más ricos en AA son la yema de huevo, las vísceras y, en general, la carne magra de los animales terrestres, pero también son fuentes muy importantes de este elemento los peces de aguas tropicales y los mariscos (también tienen DHA, pero el contenido en AA es, habitualmente, mayor). El DHA se encuentra sobre todo en peces (pescado azul) y mariscos marinos de aguas frías, además de en algunos tipos de algas, pero en mucha menor proporción.⁷⁶ En general, los alimentos acuáticos, en comparación con los que se obtienen de los ecosistemas terrestres, contienen grandes cantidades de estos ácidos grasos (además de otros micronutrientes como el hierro, el yodo y diferentes vitaminas), lo que es debido al fitoplancton que, junto con las algas, representa el nivel

⁷³ De Felipe, 2014.

⁷⁴ Nelson and Cox, 2009.

⁷⁵ Gil and Mataix, 2005.

⁷⁶ Ackman, 2008.

trófico primario en los ecosistemas acuáticos de agua dulce y marinos. Estos organismos son productores de DHA y AA, que se acumulan en otros organismos acuáticos (zooplankton, moluscos, peces, etc.) a través de la cadena trófica.⁷⁷

La presencia de homínidos vinculados a ambientes tanto lacustres como marinos que se ha descrito hasta ahora y que, como veremos seguidamente, se acentuará hasta la llegada de los humanos anatómicamente modernos habría proporcionado estos elementos de alta calidad nutritiva en abundancia. Inicialmente, el consumo de vegetación acuática pudo hacer que, ocasional y fortuitamente, supusiera la ingesta de pequeños peces e invertebrados que pudieron jugar un papel determinante y precursor del posterior consumo deliberado y constante de estos alimentos. El aumento de la inestabilidad climática y la tectónica en el Plio-Pleistoceno creó, como hemos visto, una mayor dependencia de los homínidos de los humedales y sus fuentes de alimentación, que fueron en mayor o menor grado sustituyendo a las terrestres. Esta intensificación del consumo de peces y moluscos, alimentos especialmente selectivos para el cerebro por contener nutrientes esenciales y hormonas, estaría detrás del papel de la dieta de alta calidad. Actuando como «liberadores» de energía que pudo ser redirigida hacia el crecimiento del cerebro, estos alimentos podrían haber iniciado o acelerado el proceso de encefalización. También esa energía extra pudo favorecer otros cambios evolutivos relacionados con el esqueleto post-craneal, con aspectos fisiológicos y de comportamiento⁷⁸ con implicaciones demográficas, conductuales y cognitivas.⁷⁹ Incluso se cree que los momentos de fluctuaciones más drásticas de los niveles de agua habrían ocasionado muertes a gran escala de peces e invertebrados acuáticos que habría resultado en un aumento cíclico de grandes cantidades de estos productos disponibles para nuestros ancestros. Las sequías del Pleistoceno medio y tardío, como veremos a continuación, obligaron a los homínidos a desplazarse hacia las zonas costeras, donde aumentó la explotación de los recursos marinos, entonces ya accesibles debido a la posesión de una industria tecnológica más avanzada.

Sin embargo, y teniendo en cuenta que es un tema complejo que necesitaría de varios párrafos para una mejor comprensión, hay autores que consideran que la dieta no pudo haber sido la única fuerza impulsora del insólito crecimiento del cerebro en nuestra evolución. Proponen que tanto el aumento de la masa cerebral como el posterior desarrollo de la cognición fueron

⁷⁷ Kainz, Arts y Mazunder, 2004.

⁷⁸ Stewart, 2010.

⁷⁹ Steele, 2010.

impulsados por fuerzas de selección direccional, que posiblemente incluyesen una selección sexual de la inteligencia; eso sí, apoyada nutricionalmente por la explotación de recursos alimenticios de alta calidad y alto contenido de LC-PUFA procedentes de ecosistemas acuáticos.⁸⁰

EL HOMBRE DE NEANDERTAL Y EL VALOR DEL AGUA EN LA SUPERVIVENCIA

Una de las especies más emblemáticas y mejor conocidas de nuestro linaje es, sin duda, el Neandertal. *Homo neanderthalensis* habitó la mitad occidental del continente euroasiático desde hace 350 000 años, e incluso podría haberse diferenciado como especie bastante antes. Las últimas evidencias de su existencia se pierden alrededor de hace unos 40 000 años. No está claro cuál fue exactamente el punto de origen de esa especie, pero se cree que podría estar en Europa occidental.⁸¹ De esta especie podemos decir que, durante buena parte de su existencia, se vio sometida a unas condiciones de vida francamente duras, entre continuas alternancias de periodos de frío extremo (glaciaciones) y periodos templados (interglaciares). En algunos momentos, durante episodios glaciales, la deriva genética produjo su particular morfotipo (neandertales clásicos) con individuos de estaturas bajas (155-165 cm), robustos (70 a 90 kg), con extremidades cortas y sobre todo muy musculosos (modelo hiperártico), diseño que se adecua muy bien a la preservación del calor en condiciones de frío. No son pocos los autores que debido a su constante necesidad de adaptación a entornos tan variables, con tamaños de población bajos y con escasa diversidad genética, reconocen a los neandertales como una especie caracterizada por una asombrosa resiliencia, que pudo haber desarrollado estrategias bioculturales y compensaciones genéticas para atenuar el efecto de la endogamia.^{82, 83}

Los neandertales se asocian a hábitats rocosos, posiblemente más que cualquier especie hasta ahora conocida, lo que está relacionado con el clima frío de Europa en los periodos glaciares. Además, el fuego se convirtió en una parte importante de su repertorio tecnológico, con numerosos ejemplos donde se constatan sus espectaculares conocimientos pirotecnológicos, con un manejo del fuego similar al documentado para los grupos del Paleolítico superior.⁸⁴

⁸⁰ Joordens, Kuipers, Wanink y Muskiet, 2014.

⁸¹ Wragg, 2020.

⁸² Juric, Aeschbacher y Coop, 2016.

⁸³ Ríos, Kivell, Lalueza-Fox, Estalrich, García-Taberner, Huguet... y Rosas, 2019.

⁸⁴ Roebroeks y Villa, 2011.

El rango geográfico de distribución de los neandertales estuvo condicionado por las circunstancias climáticas. Llegaron a ocupar amplias zonas al oeste de Europa desde la península ibérica (llegando a Gales) hasta Siberia central e incluso más al este, pudiendo haber alcanzado China y Mongolia. En los momentos más duros de las glaciaciones, cuando los mantos de hielo llegaron a cubrir buena parte de las islas británicas y el norte del continente euroasiático, tuvieron una distribución más restringida. En semejantes condiciones solo podrían haber vivido en refugios templados y en determinados lugares como la costa suroeste entre Lisboa y Gibraltar, que, dadas las peculiaridades de su clima, suave y poco árido, pudieron haber sido el gran bastión de esta especie en los tiempos más complicados.

En el levante mediterráneo, los neandertales encontraron también un lugar donde establecerse (entre hace 80 000 y 55 000 años) y se vinculan a regiones boscosas mediterráneas. Hasta hace poco solo se habían descubierto en cuevas, pero actualmente también está confirmada su presencia en campamentos al aire libre (yacimiento de Ein Qashish).⁸⁵ Cabe mencionar que esa área también fue ocupada por los *Homo sapiens* y que la evidencia genética sugiere varios eventos de hibridación entre las dos especies. Ambas compartimos el 99,5 % del ADN. El componente neandertal en el genoma humano es omnipresente (al menos en poblaciones no africanas) y, sin embargo, el legado genético de los neandertales en la actualidad representa en promedio aproximadamente un 2 %.⁸⁶

Si repasamos el patrón de extinción de esta especie tanto en Europa como en Oriente Medio, vemos que no fue algo homogéneo. Los neandertales desaparecen tempranamente de las áreas más continentales y, además, es de destacar que no huyen primero de las áreas más frías sino de las más áridas (Balcanes y la cuenca de los Cárpatos). Posteriormente abandonan la zona de Oriente Medio que, a pesar de ser una zona mediterránea, es muy árida, con constantes periodos de escasez de agua. No olvidemos la proximidad de esta zona al desierto que, en determinados momentos, ganaría terreno a las zonas boscosas. Paulatinamente, los neandertales se desvanecen de algunas partes de Turquía, del norte de Europa, gran parte de Italia, Francia, etc. En la península ibérica, los neandertales dejan primero las zonas interiores del norte, caracterizadas por un clima más continental. Los últimos refugios que se conocen de esta especie se corresponden con algunas zonas del sur de la península ibérica, el área del mar Negro, y zonas próximas a la costa atlántica europea (suroeste de Francia

⁸⁵ Wragg, 2020.

⁸⁶ Villanea y Schraiber, 2019.

y noroeste de la península ibérica), lo que muestra que las zonas costeras, de clima más suave y húmedo, resultaron favorables para los neandertales. A pesar de su final, los neandertales fueron una especie exitosa, que persistió durante varios miles de años, desarrollando diversas estrategias de subsistencia, a lo que se suma un comportamiento simbólico complejo, una tecnología avanzada e, incluso, cuidados y tratamientos médicos.⁸⁷

El mayor número de yacimientos de neandertales se ha encontrado en el suroeste europeo, cerca de grandes ríos o en zonas costeras. No es difícil intuir que los ambientes acuáticos de costa e interiores fueron importantes para su supervivencia. La disponibilidad de agua, al igual que para los homínidos precedentes, fue un factor limitante y los neandertales resistieron en zonas más húmedas del norte de Europa como Gran Bretaña o el norte de Francia cuando ya habían abandonado aquellas otras del sur más continentales. Además, las líneas de costa, dependiendo de las características geológicas e hidrometeorológicas de la cuenca, son potenciales reservas de agua dulce subterránea gracias a los denominados acuíferos costeros (Figura 8). Esto es debido a que determinados lugares de la plataforma continental acumulan el agua de lluvia o procedente de capas superiores que se filtra hacia el interior. Esa agua es liberada por escorrentía, descargando al mar como manantiales submarinos. En los periodos fríos, el nivel del mar descendía (por acumularse en forma de hielo en los polos) y, al no existir la presión del mar sobre estos manantiales, el agua dulce brotaba hacia la superficie, creando oasis costeros en la plataforma emergida, agua que estaba disponible para los organismos terrestres, incluidos los grupos de neandertales.

Pero los ecosistemas acuáticos ofrecieron a los neandertales, además, la posibilidad de explotar los recursos propios de esos ambientes, algo necesario para su alimentación. En el yacimiento de Kudaro, en el Cáucaso, tenemos evidencias indirectas del consumo de salmón por parte de los neandertales.⁸⁸ También estos ambientes les proveían de elementos para la fábrica de herramientas e, incluso, para la elaboración de adornos corporales y de identificación personal, como las conchas perforadas.^{89, 90} Son varios los yacimientos encontrados en Francia, Italia y España que confirman que este tipo de conductas formaban parte del repertorio de comportamientos de esta especie bastante antes de la entrada en Europa de los humanos anatómicamente modernos.

⁸⁷ Wragg, 2020.

⁸⁸ Bocherens, Baryshnikov and Van Neer, 2014.

⁸⁹ Zilhão, 2012.

⁹⁰ Villa, Soriano, Pollarolo, Smriglio, Gaeta, D’Orazio... y Tozzi, 2020.

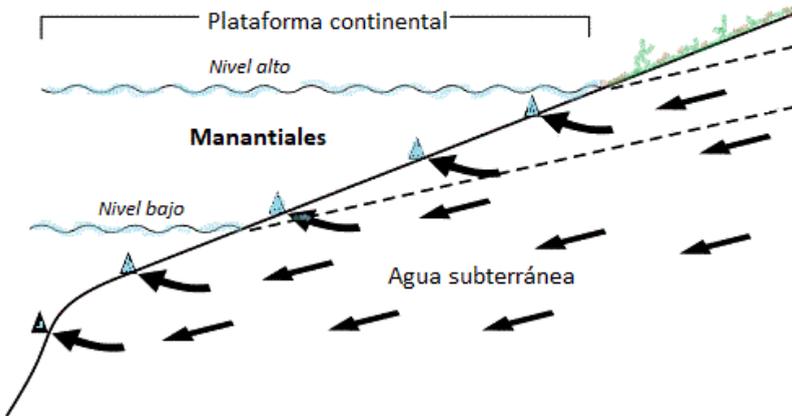


Figura 8. Modelo simplificado de manantiales costeros asociados con las posiciones inicial y final del nivel freático durante la caída del nivel del mar glacial. Triángulos azules: manantiales (oasis); líneas onduladas: niveles del mar; línea continua: superficie terrestre y fondo marino, línea discontinua: nivel freático; flechas negras delgadas: flujo principal de agua subterránea; flechas negras gruesas: flujo de agua subterránea a manantiales en la plataforma emergente. Modificado de Faure, H., Walter, R. C., & Grant, D. R. (2002).

Clive Finlayson, prestigioso especialista en esta especie, ha trabajado en Gibraltar, que se considera uno de los últimos baluartes del neandertal, aportando valiosa información sobre la trascendencia de los recursos marinos para este homínido, tanto en la cueva de Gorham como en la cueva de Vanguard. Se han obtenido evidencias de que allí los neandertales consumían moluscos, peces, aves marinas e incluso mamíferos como focas y delfines, cuyos ciclos de vida y estacionalidad, con toda probabilidad, conocían.⁹¹

En la cueva italiana de Grotta dei Moscerini se ha puesto de manifiesto que los neandertales recogían moluscos (*Callista chione*) para transformarlos en herramientas hace unos 90 000 años; se cree que se sumergían a varios metros para seleccionar las almejas. Además, es probable que recogieran piedra pómez submarina, que utilizarían como herramienta de abrasión, algo muy habitual en el Paleolítico Superior entre los *Homo sapiens*.⁹² También se ha informado de que algunos individuos sufrían de lo que hoy se conoce como *oído de surfista*.

⁹¹ Finlayson, 2015.

⁹² Villa, Soriano, Pollarolo, Smriglio, Gaeta, D’Orazio... y Tozzi, 2020.

Se trata de una dolencia por la que uno de los huesos del canal auditivo crece en exceso como resultado del contacto reiterado con el agua fría y el viento. Es una patología habitual entre aquellos que practican deportes acuáticos.⁹³

Mientras se escriben estas líneas, se ha publicado el descubrimiento de unas icnitas (huellas de pisadas) en el parque de Doñana, en Huelva. Las huellas pertenecen a distintos vertebrados, incluidos unos homínidos que han sido identificados como del linaje evolutivo neandertal. Se ha recuperado un rastro de casi un centenar de pisadas, datadas en, al menos, 106 000 años (las últimas informaciones hablan de 295 000 años) que fue descubierto, casualmente, a finales del año 2020. Estas marcas han permitido estudiar la forma de los pies de esta especie y también establecer las características biológicas y sociales de este grupo concreto de neandertales del sur peninsular. Uno de los aspectos más interesantes tiene que ver con el entorno donde se describen. Las evidencias neandertales han sido localizadas, fundamentalmente, en lugares protegidos como cuevas o abrigos rocosos. Sin embargo, son excepcionales en espacios abiertos como esta playa. Los investigadores piensan que esta zona pudo ser un lugar habitual de caza y pesca para el grupo de neandertales, e incluso la asociación de las huellas con grupos de sexo y edad podría indicar que ese lugar, próximo a la costa, era el que habían escogido para vivir.⁹⁴

LOS HUMANOS ANATÓMICAMENTE MODERNOS Y SU DISPERSIÓN POR EL PLANETA

Homo sapiens se caracteriza e identifica anatómicamente por poseer un cráneo redondeado de frente levantada y un gran volumen encefálico de unos 1350 cm³ de media. La cara es plana (ortognata) y su tamaño, reducido con relación a la bóveda craneal, la mandíbula tiene mentón y sus dientes son pequeños respecto a especies anteriores. El esqueleto poscranial es, en general, más grácil que en otras especies de su género. La presencia de estos rasgos anatómicos, considerados modernos (humanos anatómicamente modernos o HAM), determina la adscripción de un fósil a nuestra especie.

El origen africano de *Homo sapiens* es algo casi universalmente aceptado, aunque en estos momentos ese aspecto se debate apasionadamente, siendo la escasez de fósiles de la época el principal inconveniente. Por un lado, tenemos evidencias de una indiscutible anatomía moderna en restos datados en 197 000 años y procedentes del yacimiento Omo Kibish en el valle del río Omo al suroeste

⁹³ Trinkaus, Samsel y Villotte, 2019.

⁹⁴ Mayoral, Díaz-Martínez, Duveau, Santos, Ramírez, Morales... y Díaz-Delgado, 2021.

de Etiopía (los que podrían ser los restos más antiguos de nuestra especie).⁹⁵ Sin embargo, en el año 2017 se dieron a conocer dataciones revisadas de fósiles marroquíes del yacimiento de Jebel Irhoud de 315 000 años de antigüedad, pero con rasgos no del todo modernos y, por lo tanto, conflictivos. Algo parecido ocurre con fósiles de Eliye Springs en Kenia (300 000-200 000 años) y Florisbad en Sudáfrica (260 000 años), además de algún otro. De ello se desprende, en primer lugar, que la aparición de nuestro linaje pudo haber sido un proceso evolutivo complejo.⁹⁶ Algunos estudios apuntan incluso a varias fases en la conformación de nuestra especie, que comenzaría con una de diversificación inicial, seguida de la formación de varias poblaciones arcaicas de *H. sapiens* y, posteriormente, otras etapas de fragmentación y expansión que habrían conllevado hibridaciones.⁹⁷

Desde hace varios miles de años, el clima de África se venía comportando como un mosaico complejo y regionalmente variable. Cuando nuestra especie irrumpe en escena, el planeta entra en una etapa glacial que no finalizará hasta hace unos 120 000 años. África se hizo más fría y árida, y la superficie de los desiertos aumentó. Los recursos hídricos eran escasos y estaban muy dispersos y los primeros humanos africanos se asocian a estos contextos semiáridos o subhúmedos. El aspecto físico de esas primeras poblaciones de *Homo sapiens* de constitución esbelta y longilínea (completamente diferente a lo descrito para los neandertales) pudo resultar ventajoso, ya que hacía muy eficaz la disipación del calor mediante la transpiración y, por lo tanto, facilitaba sus largos desplazamientos en busca de agua y alimentos. Nuestra especie era no solo moderna en su aspecto físico, también había desarrollado nuevas capacidades y tenía nuevas herramientas, resultado de una industria lítica avanzada.

La vida, casi con seguridad, no les fue muy fácil y quizás esta sea una razón que podría justificar la escasez de restos. La humanidad tuvo que hacer frente a cuellos de botella (la evidencia genética apoya este mecanismo evolutivo aleatorio de deriva genética) que redujeron drásticamente el tamaño de las incipientes poblaciones de *H. sapiens*, seleccionándose aquellos individuos que estaban mejor preparados para un mundo de recursos hídricos limitados.

Los ríos, los lagos, los humedales y las costas eran objetivos de interés para estos humanos en su día a día y no solo para satisfacer sus propias necesidades hídricas, también de alimento. A fin de cuentas, esos lugares eran importantes

⁹⁵ Algunos fósiles podrían tener dataciones más antiguas: Jebel Irhoud en Marruecos, 315 000 años y Florisbad (Sudáfrica), 260 000.

⁹⁶ Hublin, Ben-Ncer, Bailey, Freidline, Neubauer, Skinner... y Gunz, 2017.

⁹⁷ Klein, 2019.

reservorios que, en tiempos de escasez de agua, concentraban a sus potenciales presas de caza. Los ambientes acuáticos, a su vez, habrían sido estratégicos en la expansión geográfica y, posiblemente, trampas en momentos de recesión geográfica (estaban atados a los escasos lugares con agua). Se cree que solo unos miles de humanos sobrevivieron en estas condiciones y esta sería una razón que podría explicar, al menos en parte, la baja diversidad genética que mostramos los humanos actuales. La costa sur de África pudo actuar como refugio, por sus condiciones climáticas y recursos marinos y botánicos, que podrían haber favorecido una rápida restauración de la variación genética hacia las zonas más castigadas, cuando las condiciones mejoraban.⁹⁸

Otros de los grandes interrogantes que es necesario abordar son cuándo y por qué los humanos salieron del continente africano. Parece ser que la primera vez que sucedió fue hace unos 120 000 y en esa primera migración alcanzaron el Levante (este del mar Mediterráneo), aunque no tuvieron mucho éxito y después de un tiempo su pista se perdió. La siguiente salida importante de la que se tiene constancia, y que permitió a nuestra especie dispersarse por todo el planeta, tuvo lugar hace unos 70 000 años. El continente australiano sería visitado por primera vez hace algo más 50 000 años y en Europa nuestra especie no se adentraría hasta aproximadamente hace 45 000 años. Tenemos evidencias de la llegada de los humanos al norte de Asia hace unos 20 000 años y a América hace alrededor de 18 000 años. La expansión humana hacia los confines del Pacífico se ha producido en tiempos mucho más recientes, en los últimos 3000-4000 años.

En la actualidad existen distintos modelos, muchas veces complejos, que tratan de explicar la dispersión de nuestra especie y que no tienen por qué ser excluyentes.⁹⁹ Todos ellos son el resultado de la aplicación de técnicas analíticas que incluyen principalmente tres tipos de evidencias: paleoclimatológicas, arqueológicas y genéticas (inferencias utilizando tanto ADN fósil como aquel obtenido de poblaciones actuales). Con toda esta información, se trata de explicar la dispersión de nuestra especie y sus detalles: ¿en qué momento, por dónde, en cuántas oleadas, hacia dónde tuvo lugar? A pesar de lo apasionante de las respuestas, nuestro principal objetivo es exponer cómo, en cada etapa, el agua siguió siendo un factor limitante para los humanos modernos y un elemento fundamental en su dispersión.

⁹⁸ Roberts, 2010.

⁹⁹ Groucutt, Petraglia, Bailey, Scerri, Parton, Clark-Balzan... y Scally, 2015.

Hace 120 000 años,^{100, 101} los *Homo sapiens* habían alcanzado Oriente Próximo y existen dos localidades al norte de Israel que así lo atestiguan. En las cuevas de Es Skhül, en el Monte Carmelo (Haifa), y de Jabel Qafzeh, en el Monte del Precipicio en Nazaret (Baja Galilea), se han encontrado restos de esta antigua migración de humanos modernos, posiblemente los primeros en salir de África. La cuestión de cómo llegaron aquí se ha abordado desde un punto de vista climatológico. Desde hace al menos 350 000 años, los desiertos africanos ya tenían extensiones importantes. Al norte del continente los desiertos del Sáhara y Arabia suponían una barrera geográfica insalvable. Los otros tres lados del continente (sur, este y oeste) están bañados por océanos. Por lo tanto, África, en aquel momento, estaba aislada del resto del planeta y, sin embargo, sus fósiles aparecen en el Levante mediterráneo. ¿Cómo pudieron salir de África? La respuesta es posible encontrarla infiriendo cómo era el clima en ese momento y los modelos indican que hace unos 125 000 años la situación cambió. Los desiertos del Sáhara, de Arabia y del Sinaí redujeron su extensión notablemente debido a un cambio del clima que contrajo las arenas y dio paso a unos ecosistemas más verdes. Fue solo durante unos pocos miles de años, pero el tiempo suficiente para que los humanos alcanzaran las costas del Mediterráneo. Sin embargo, no se ha encontrado ni una sola prueba de que esta supuesta primera incursión tuviera trascendencia, limitándose a movimiento migratorio de alcance limitado. Su rastro se pierde y toda evidencia de su existencia desaparece tiempo después. Hace unos 90 000 años, Oriente Medio y el Sáhara volvieron a ser inhóspitos desiertos y eso pudo haber afectado a la vida en la zona y a su supervivencia como grupo.¹⁰²

El éxodo definitivo de nuestra especie, lo que se conoce como la *Gran Expansión* o también *Out-of-Africa 2*,¹⁰³ se refiere a cuando nuestra especie se extendió fuera de África hace unos 70 000 años y conquistó el mundo de manera efectiva (sin descartar la más reciente propuesta, actualmente en debate, del multirregionalismo africano; en este caso se sugiere que no todas las personas que pueblan la Tierra se originarían de ese grupo de nómadas que

¹⁰⁰ En el año 2019 se publicó la presencia del cráneo Apidima 1 en una cueva del sur de Grecia, considerado por los autores un humano temprano, y está datado en 210 000 años. Harvati, Rödning, Bosman, Karakostis, Grün, Stringer... y Kouloukoussa, 2019.

¹⁰¹ En el año 2018 se presentó un maxilar con ocho dientes encontrado en la cueva de Misliya datado en 180 000 años Hershkovitz, I., Weber, G. Quam, Duval, Grün, Kinsley... y Weinstein-Evron, 2018.

¹⁰² Roberts, 2010.

¹⁰³ *Out-of-Africa 1* explicado en el apartado de *H. ergaster*, migraciones y recursos marinos.

abandonó África hace menos de 100 000 años). Seguramente hubo incursiones más tempranas fuera de África antes de ese momento, pero estas no parecen haber sido muy relevantes.¹⁰⁴ Sabemos que desde hace al menos 500 000 a 70 000 años el clima fue muy fluctuante. África continental se estaba desertizando y desde los 350 000 años hasta el presente han gobernado condiciones de sequía intensa (con momentos en los que la tendencia general se suavizaba). Las reservas de agua se hicieron más escasas y dispersas, y los paisajes se secaron, mientras que los ambientes abiertos de sabana, pastizales, estepas y desiertos ganaron protagonismo.

La salida del continente africano, una vez cerrado el paso por el Sáhara, que eliminaba la posibilidad de cualquier migración hacia el norte, suponía un gran desafío, pero sabemos que salieron y las investigaciones apuntan a un lugar muy concreto como vía de salida: el mar Rojo. Efectivamente, la salida de África por el estrecho de Bab el-Mandeb (la Puerta de las Lágrimas; Figura 9) hacia los inhóspitos territorios al sur de Arabia quizá representó la gran oportunidad, y parece que lo arriesgaron todo y no salió nada mal. Este paso natural entre la costa africana y la península arábiga es muy sensible a los cambios del nivel del mar. Actualmente tiene una longitud de 115 km y unos 140 m de profundidad, pero durante los periodos glaciales el paso debió de ser menos profundo y más estrecho, llegando a tan solo 6 km de anchura. No es posible descartar otras rutas de salida por el norte y otros momentos anteriores por este mismo lugar, pero se cree que hace entre 70 000-65 000 años esta estrecha ventana se abrió por última vez. Por otro lado, los análisis genéticos llevados a cabo sobre población humana actual parecen indicar que la baja diversidad genética de nuestra especie (notablemente escasa comparada con especies próximas como el chimpancé y el gorila)¹⁰⁵ podría explicarse con base en esta migración, cuyos descendientes tuvieron éxito suficiente generación tras generación hasta llegar a nuestros días. Dicho de otra manera, todos y cada uno de los seres humanos que pueblan la Tierra podría retroceder sobre sus ancestros y encontrar su origen en este grupo pequeño (algunos autores apuntan a unas 100 personas) de intrépidos nómadas que comienzan ahora su aventura extrafricana.¹⁰⁶

¹⁰⁴ La falange de una mano recuperada en Al-Wusta (Arabia) de 90 000 año de antigüedad y los dientes y la mandíbula hallados en Daoxian y Zhirendong (sur de China) apuntan a una salida anterior de África hacia el este viaje al extremo asiático hace unos 100 000 años.

¹⁰⁵ Kaessmann, Wiebe, Weiss y Pääbo, 2001.

¹⁰⁶ Roberts, 2010.



Figura 9. Continente africano. Zona ampliada estrecho de Bab el-Mandeb.
Wikimedia Commons.

Esa potencial salida de África los llevó directamente a tierras, al sur de la península arábiga, de clima igualmente duro, en los actuales territorios de Yemen y Omán. Sin embargo, es posible que, en relación con el agua, encontrasen alguna ventaja que facilitara este desplazamiento. Sabemos que Arabia se hizo más lluviosa hace 70 000–60 000 años. Hay modelos que infieren la presencia de lluvias monzónicas en el interior de la península y ello podría haber activado una red de canales, asociados a un sistema de abanicos aluviales, a lo largo de las laderas occidentales de las montañas de Al Hajar y formar un lago en el sudeste. Además, es factible que, en aquella época y como ocurre en la actualidad, la estación lluviosa (Khareef) en Salalah (región de Dhofar), única parte del sur de Arabia directamente expuesta a los monzones del sudeste, convirtiera la zona en un reconfortante oasis. El plancton, del que se alimentan los peces,

aumenta con los monzones, trayendo abundantes cosechas en los ríos, lagos y el agua costera.¹⁰⁷ Tales condiciones climáticas facilitarían esas migraciones. Con todo, esto solo era una «isla verde», el desierto se extendía a lo largo de cientos de kilómetros. Entonces, ¿cómo cruzaron por Arabia nuestros ancestros para llegar al resto del mundo? No parece que pudieran haberlo logrado sin otras fuentes de agua dulce. Pues las había. Actualmente esas reservas dulceacuícolas están sumergidas en el mar frente a la costa sur de la península, en una línea costera que pudieron haber recorrido nuestros ancestros, pero con la diferencia de que hace 70 000 años no estaba en el mismo lugar, sino hasta 50 kilómetros más al interior, ya que el nivel del océano era mucho menor. En esa fase de enfriamiento, la disminución del nivel del mar pudo favorecer la aparición de manantiales submarinos de agua dulce, proporcionado un excelente hábitat o una idónea ruta migratoria. Eso hace pensar que, si alguna vez hubo asentamientos humanos en esa zona, el registro paleoantropológico pudo haber quedado oculto bajo el agua del mar cuando las aguas subieron después de la glaciación.

Tenemos alguna otra pista que nos indica la presencia de humanos modernos en esa zona de la península arábiga, y son los centenares de pequeñas y antiguas herramientas (microlitos) de piedra hechas por nuestros antepasados, entre hace 100 000 y 12 000 años. Los hallazgos arqueológicos de este periodo son ricos en rasgos de comportamiento moderno (tecnología de hojas, simbolismo, transporte de materias primas a largas distancias...).¹⁰⁸ Arabia continúa siendo un misterio. Quién y cuándo fabricó esas espléndidas piezas seguirá siendo parte del debate en paleoantropología. No obstante, lo que nos resulta más importante para nuestros objetivos es que, siendo o no la principal vía de la dispersión de los *H. sapiens*, en un momento u otro, allí estuvieron los nuestros y desde allí continuaron su desplazamiento hacia el este, si bien es cierto que, actualmente, tampoco podemos descartar que esas poblaciones de Arabia fueran relictas poblaciones de humanos premodernos que permanecieron refugiadas en esa zona y posteriormente se expandieron bajo condiciones climatológicas más favorables.¹⁰⁹

Poco a poco, después de atravesar Arabia, nuestros ancestros fueron desplazándose hacia el este, alcanzaron Iraq e Irán y sabemos que llegaron a la

¹⁰⁷ Al Kindi, 2018.

¹⁰⁸ Rose y Petraglia, 2009.

¹⁰⁹ Rose, Hilbert, Usik, Marks, Jaboob, Černý... y Preusser, 2019.

India.¹¹⁰ Lamentablemente el registro de fósiles sigue siendo frustrantemente escaso. En el yacimiento de Jwalpuram (Andhra Pradesh, India) se han recuperado numerosas herramientas de piedra datadas entre 78 000 y 74 000 años, muy semejantes a las encontradas en África de entre 90 000 y 60 000 años. Encima del estrato con las herramientas hay una capa de ceniza volcánica que procede de la erupción del volcán Toba, lo que ha dado origen a la hipótesis de la catástrofe de Toba, según la cual, en el periodo próximo a 74 000 años, la población humana habría pasado por un cuello de botella,¹¹¹ aunque no todos los estudios creen que este evento volcánico tuviera efectos muy devastadores es nuestra especie.¹¹²

Tras la erupción del Toba, la expansión de *Homo sapiens* continúa y se incrementa el número de yacimientos arqueológicos con restos de esta especie por el sudeste asiático. Esta expansión seguramente se vio favorecida por la drástica reducción de las poblaciones de *Homo erectus*. Además de utilizar una ruta costera, durante épocas de mayor humedad, se expandieron a lo largo de corredores continentales. Se han identificado pocos yacimientos costeros, aunque es posible que la mayoría de los primeros asentamientos permanezcan actualmente inundados por el diferente nivel de las aguas en la actualidad. Incluso se ha llegado a sugerir que una ruta transcontinental pudo haber resultado más favorable: las llanuras de la meseta asiática disponen de fuentes abundantes de agua, materias primas líticas y recursos animales y botánicos. Desafortunadamente, los corredores de las migraciones humanas permanecen desconocidos y, teniendo en cuenta la diversidad genética actual, es bastante probable que el modelo de poblamiento haya sido complejo y transcurrido en varias fases.

Lo cierto es que, siguiendo el curso de los grandes ríos, los humanos modernos llegaron al norte de Asia. Tenemos herramientas de piedra datadas en 40 000 años que así lo atestiguan. Esas evidencias también nos hacen preguntarnos el motivo por el cual una especie original de latitudes bajas fue capaz de internarse tan al norte, posiblemente helado, y soportar el terrible frío que lo caracteriza. Nuestra especie no estaba diseñada para ese clima y, dentro de los primates, ninguna otra especie ha llegado tan al norte en condiciones tan frías. Quizás no es casual que algunas de las agujas de hueso más antiguas del mundo se hayan localizado en yacimientos siberianos. Las agujas podrían ser consideradas uno de los grandes avances tecnológicos, pues la costura fue lo

¹¹⁰ Clarkson, Petraglia, Harris, Shiptonand y Norman, 2017.

¹¹¹ Lahr y Foley, 1994.

¹¹² Ge y Gao, 2020.

que permitió coser pieles para soportar temperaturas extremadamente frías, a las que no se adaptaba su fisiología térmica.¹¹³

Durante más de 10 000 años, esta vida nómada llevó a grupos de familias por toda Siberia.¹¹⁴ Descubrimientos recientes nos dicen que llegaron hasta el Océano Ártico hace cerca de 45 000 años.¹¹⁵ Los humanos sobrevivieron en la zona durante miles de años, hasta que hace 25 000 años llegó el pico de la Edad de Hielo y todo cambió. La temperatura descendió hasta los 80 grados bajo cero y el clima se volvió seco de una manera inimaginable. De aquel momento se han podido recuperar unos pocos objetos localizados en yacimientos del sur de Siberia¹¹⁶ que indican que, a medida que el clima empeoraba, los humanos modernos se retiraban a refugios más al sur, donde pudieron sobrevivir.

A pesar de que nuestros ancestros llegaron muy pronto a Siberia, hubo otras posibles rutas migratorias, que podrían ser mucho más antiguas, a través de la costa meridional de Asia¹¹⁷ por las que eventualmente llegaron a China. Sus descendientes, con unos rasgos especiales que hoy asociamos a asiáticos, llenaron los amplios espacios de Asia y pasaron de la caza y la recolección a construir una de las más grandes civilizaciones del mundo.¹¹⁸

Finlayson, al que nos hemos referido en alguna ocasión, propuso, a partir del análisis de más de 350 yacimientos datados entre 200 000 y 10 000 años, la *hipótesis de la optimización del agua*. En resumen, venía a decir que los humanos modernos procuraban seleccionar aquellos ecosistemas que se encontraban en posiciones intermedias en el espectro de humedad, por una parte evitando los cerrados bosques tropicales hiperhúmedos, en los cuales el acceso a los recursos podría haber sido complicado, y también sorteando los desiertos hiperáridos, debido a la limitación tanto de recursos alimenticios como de agua. Los ecosistemas intermedios habrían ofrecido, según este autor, la fórmula idónea, que consistía en la suma de árboles, espacios abiertos y, por supuesto, la indispensable agua.¹¹⁹

A lo largo de la diseminación humana por el planeta, parece bastante acertado que, dentro de unas preferencias generales, los humanos siguieran diferentes estrategias. Así, unos grupos optaron por los campamentos al aire libre

¹¹³ D'Errico, Doyon, Zhang, Baumann, Lázničková-Galetová, Gao... y Zhang, 2018.

¹¹⁴ Hoffecker, 2017.

¹¹⁵ Pitulko, Tikhonov, Pavlova, Nikolskiy, Kuperand y Polozov, 2016.

¹¹⁶ Lbova, 2021.

¹¹⁷ Rabett, 2018.

¹¹⁸ Roberts, 2010.

¹¹⁹ Finlayson (2013).

y otros, sobre todo los que migraban al norte, por las cavernas. En el norte se conocen pocos yacimientos costeros, pero son abundantes los asentamientos próximos a agua dulce, y este modelo se observa en la dispersión por Eurasia y en la ocupación más tardía de América. En otras áreas, los humanos preferían los asentamientos costeros y allí explotaban los recursos que esos ambientes les ofrecían, pero en todos ellos el común denominador es el agua. Estas diferencias nos hablan también de una constante adaptación y adaptabilidad de las poblaciones humanas.

AUSTRALIA, NUEVA GUINEA Y TASMANIA

En qué momento nuestra especie llegó a Australia se ha debatido durante mucho tiempo y no es ni mucho menos una cuestión cerrada. El problema fundamental es la ausencia de fósiles humanos en gran parte de los yacimientos. Aunque algunos antiguos miembros de nuestro linaje (*Homo erectus*) vivían hace 1,7 millones de años en la relativamente cercana isla de Java, no fue hasta mucho más tarde cuando los humanos entraron en Australia.¹²⁰ Las dataciones arqueológicas parecen situar la llegada hace alrededor de 50 000 años.¹²¹ Esas fechas coinciden con las de los yacimientos de Malakunanja II y Nauwalabila, en el parque Nacional de Kakadu (Tierra de Arnhem), al norte de Australia y situados frente a la isla de Timor.¹²² Todo apunta a que inicialmente ocuparon la costa norte o noroeste, posiblemente de climas tropicales y, por tanto, bien conocidas por estos recién llegados.

En el momento de la colonización humana inicial del continente, Australia, Nueva Guinea y Tasmania estaban conectadas como una sola masa de tierra (plataforma de Sahul) y así permanecieron hasta que las grandes islas se separaron por el aumento del nivel del mar hace unos 9000 años. La distancia desde Asia era de unos 100 km y los primeros en pisar tierras australianas debían, por fuerza, tener conocimientos sobre la construcción de balsas (canoas de corteza) y las artes de navegación, pues llegaron también en el mismo periodo a Nueva Bretaña y Nueva Irlanda, separadas un centenar de kilómetros. Aunque se cree que estas poblaciones venían del sureste asiático, otra posible

¹²⁰ Hamm, Mitchell, Arnold, Prideaux, Questiaux, Spooner... y Johnston, 2016.

¹²¹ Wood, Jacobs, Vannieuwenhuysse, Balme, O'Connor y Whitau, 2016.

¹²² Recientemente se han recuperado restos en el yacimiento de Madjedbebe al norte de Australia 65-ka junto con más de 10 000 artefactos, restos de hogares, lascas de piedra, ocre molido (asociado con mica), hachas de mano y hasta una piedra de moler.

ruta podría haber sido por Nueva Guinea.¹²³ Las oscilaciones del nivel del mar fueron, en cualquier caso, el factor más determinante para los desplazamientos marinos, que muy probablemente se llevaron a cabo en los periodos de regresión marina, cuando la distancia entre islas o zonas continentales se redujo significativamente.¹²⁴

La expansión al interior es más compleja y no está ausente de debate. Algunos han propuesto una rápida entrada hacia el interior. Otros formulan que primero se ocupó la costa y posteriormente el interior, aprovechando el curso de los principales ríos, que ofrecían protección y recursos. Una tercera opinión se decanta por una ocupación del interior por las zonas húmedas y evitando los parajes más áridos, a los que se llegaría mucho después.

En los lagos Willandra (Nueva Gales del Sur), un sistema de 17 lagos entre los que destaca el de Mungo, se han encontrado algunas de las más antiguas evidencias óseas fósiles de los primeros australianos, que, aunque son varios miles de años más modernos que el sitio arqueológico más antiguo de Australia, resultan clave para entender la llegada del hombre a Australia. Estos lagos se formaron hace dos millones de años, pero, víctimas del cambio climático, se secaron con el tiempo. Actualmente se han transformado en extensas zonas semiáridas con dunas y formaciones geológicas únicas. Algunos de los primeros australianos vivieron a orillas de estas importantes reservas naturales de agua. Los restos de un esqueleto femenino recuperado en las dunas del lago Mungo están datados en unos 40 000 años y se trata de una de las más antiguas cremaciones del mundo.¹²⁵ Pero, además de los restos humanos, se han descubierto antiguos hogares y unos grandes acúmulos de conchas, denominados *miden*. Las conchas estaban entremezcladas con herramientas diversas, que permitieron establecer patrones de subsistencia relacionados con el aprovisionamiento marítimo de pesca y de moluscos. Del estudio de estos concheros se desprende la importancia de la economía acuática local y que el papel de moluscos como el mejillón de río *Alathyria jacksoni* y el caracol de río *Notopala sublineata* fue crucial en la dieta de los estos aborígenes cazadores-recolectores.¹²⁶

¹²³ Bird, Condie, O'Connor, O'Grady, Reepmeyer, Ulm... y Bradshaw, 2019.

¹²⁴ O'Connell, Allen, Williams, Williams, Turney, Spooner... y Cooper, 2018.

¹²⁵ Bowler, Johnston, Olley, Prescott, Roberts, Shawcross y Spooner, 2003.

¹²⁶ Garvey, 2017.

LA ENTRADA EN EUROPA

La entrada en Europa de los humanos modernos se ha considerado como un acontecimiento que ocurrió más tarde de lo esperado. Es posible que el retraso pudiera deberse a las condiciones climáticas más desfavorables de la fría Europa, en contraste con un centro y sur de Asia templado y cálido, o también a la barrera que pudieron representar los neandertales, pues ese obstáculo no parece que existiera con las poblaciones autóctonas asiáticas.

Un diente y media docena de fragmentos óseos de hace unos 45 000 años (comienzos del Paleolítico Superior) encontrados en la de cueva de Bacho Kiro podrían representar los restos óseos fósiles de *Homo sapiens* más antiguos encontrados en Europa.^{127, 128} Esta cueva se sitúa a 70 kilómetros al sur del río Danubio, en las faldas de los Balcanes (Bulgaria) y el análisis del genoma de tres individuos recuperados de su interior indica que se trataba de híbridos con neandertal.¹²⁹ Los científicos creen que el grupo de *Homo sapiens* que llegó a Bulgaria procedía del suroeste de Asia y pertenecía a un linaje que después se extendería hasta las estepas de Mongolia.²⁹⁰

Existen, al menos, dos potenciales entradas desde el norte de África al continente europeo por vía marítima: la del estrecho de Gibraltar y la del estrecho de Sicilia. Y aunque no se puede decir que no fueran posibles esas vías, parecen menos probables que las rutas terrestres. Dentro de estas últimas es probable que los humanos siguieran diferentes recorridos no excluyentes: a lo largo de los márgenes de la cuenca del mar Negro o también siguiendo la vía del Bósforo que atraviesa la masa terrestre que rodea el mar de Mármara (antiguamente mar Menor) entre Europa y Asia Menor. Un tercer itinerario que pudieron haber seguido sería un camino costero (transegeo) si los archipiélagos del mar Egeo hubieran estado unidos por puentes terrestres durante periodos de bajo nivel del mar.^{130, 131} Precisamente en la costa de Turquía se han recuperado de la cueva de Üçağızlı, evidencias de la presencia de humanos modernos hace

¹²⁷ Hublin, Sirakov, Aldeias, Bailey, Bard, Delvigne, Endarova, Fagault, Fewlass, Hajdinjak, Kromer, Krumov, Marreiros, Martisius, Paskulin, Sinet-Mathiot, Meyer, Pääbo... y Tsanova, 2020.

¹²⁸ Fémur, sin contexto arqueológico, de Ust-Ischim (Omsk, Rusia) datado directamente en 45 ka cal BP (Gibbons, 2014). Este ejemplar muestra una morfología totalmente moderna.

¹²⁹ Hajdinjak, Mafessoni, Skov, Vernot, Hübner, Fu... y Pääbo, 2021.

¹³⁰ Strait, Orr, Hodgkins, Spassov, Gurova, Miller y Tzankov 2016.

¹³¹ Spassov, 2016.

42 000 años. Se trata de unos caracoles agujereados, lo que sugiere que eran colgantes o parte de un collar.¹³²

Por otro lado, los ríos fueron también fundamentales en la dispersión europea de nuestra especie. El Danubio es el segundo río más largo del continente, con casi 3000 kilómetros. Hace 40 000 años habría representado una gran autopista (corredor del Danubio) para dirigirse hacia el oeste, a un mundo totalmente nuevo.¹³³ Con esta primera gran oleada, comenzó en Europa el periodo Auriñaciense, caracterizado por la aparición de técnicas novedosas para la fabricación de figurillas, como las famosas venus paleolíticas (cuyo apogeo llegará en el Gravetiense), así como instrumentos musicales a partir de huesos de animales.

El periodo comprendido entre hace 70 000 y 14 000 años fue particularmente frío en Europa, sobre todo hace unos 25 000 años, durante el llamado Último Máximo Glacial o *pico de la Edad de Hielo*, que duró 7000 largos años. Gran Bretaña quedó completamente helada y las lenguas de hielo avanzaron hacia el sur desplazando toda forma de vida del paisaje. La vida se hizo imposible en esas condiciones árticas. Algunos pequeños grupos de cazadores-recolectores se habrían reunido para sobrevivir durante los largos y crudos inviernos en regiones de clima más suave, aprovechando los recursos de esos lugares. Parece que fueron dos los principales refugios para estos humanos: la zona franco-cantábrica (lo que hoy corresponde al norte de España y el sur de Francia), y una provincia periglacial en las llanuras de la actual Ucrania.

En las zonas de valles, con un microclima más cálido, donde las temperaturas podían ser varios grados superiores a las que había en la cima de las montañas y rodeadas de fuentes de agua y abundantes cuevas y abrigos rocosos, la vida pudo continuar. El arte más antiguo de Europa occidental se desarrolló y evolucionó entre las poblaciones de cazadores-recolectores de *Homo sapiens* en ese ambiente glacial del hemisferio norte durante el Paleolítico Superior (36 000–13 000 años). Los lugares de arte rupestre más importantes se encuentran próximos al mar, como Altamira y La Garma en España, o en valles fluviales como Lascaux (valle de Vézère), Niaux, Cussac, Pech-Merle y Chauvet (valle de Ardèche, cerca de la costa mediterránea), todas ellas en Francia. Su estudio es relevante para comprender aspectos tan interesantes como el lenguaje simbólico a través de las formas en que se representan los animales y en la disposición del espacio artístico.¹³⁴

¹³² Çilingiroğlu y Dinçer, 2021.

¹³³ Floss, Fröhle y Wettengl, 2016.

¹³⁴ Geneste, 2017.

LA LLEGADA A AMÉRICA

Existen varios modelos que, a lo largo del tiempo, han tratado de explicar la primera llegada del hombre moderno a América (paleoamericanos o paleoindios). La más aceptada explica una llegada desde Asia a través del estrecho de Bering, que actualmente tiene una longitud de 87 kilómetros y una profundidad de entre 30 y 50 metros, pero no siempre fue así. Durante la última etapa glaciaria que conoció la Tierra, la glaciación Wisconsin, la concentración de hielo en los polos hizo descender el nivel de los océanos en unos 120 metros y se crearon conexiones en varios puntos del planeta, incluida esta zona. Ese descenso de las aguas pudo haber dejado al descubierto un amplio territorio que alcanzó 1500 kilómetros de ancho, uniendo Siberia y Alaska hace unos 40 000 años (70 000–10 000).

En el centro de Beringia, hace entre 24 000 y 9000 años, había asentamientos humanos. En aquel entonces era una zona de tundra arbustiva con algunos árboles, que se caracterizó, dada la alta latitud, por un patrón de temperaturas inesperadamente suaves, pero que se explican por las corrientes de circulación atmosférica del Pacífico norte, con aires húmedos y relativamente cálidos.¹³⁵ Esta población,¹³⁶ según información genética, pudo haber entrado en América siguiendo una ruta costera después de 23 000 años, que es cuando se abrió un corredor viable. La inmensa capa de hielo se movió hacia los bordes, dividiéndose en dos: placa de hielo cordillerano y placa de hielo laurentino. Los resultados del estudio también sugieren que las actuales diferencias genéticas se deben a cambios genéticos o eventos que ocurrieron después de la migración inicial.¹³⁷

Algunos investigadores defienden una ruta en la dispersión de los humanos en América a través del interior del continente, por el territorio de Yukón y Alberta, a partir de la evidencia de un corredor para el paso del bisonte hace 13 000 años.¹³⁸ Hace entre 11 500 y 11 000 años se abrió otra posible ruta a través de un corredor libre de hielo a lo largo del lado oriental de las Montañas Rocosas. Hay muchos yacimientos en esas fechas que se caracterizan por la presencia de puntas de flecha de la cultura Clovis, típica de los antiguos cazadores de mamuts americanos.

¹³⁵ Hoffecker, Elias, O'Rourke, Scott y Bigelow, 2016.

¹³⁶ Algunos también dicen que esta población fue sustituida por poblaciones relacionadas. Moreno-Mayar, Potter, Vinner, Steinrücken, Rasmussen, Terhorst... y Willerslev, 2018.

¹³⁷ Lesnek, Briner, Lindqvist, Baichtal y Heaton, 2018.

¹³⁸ Heintzman, Froese, Ives, Soares, Zazula, Letts... y Shapiro, 2016.

Al sur de Chile se encuentra el yacimiento de Monte Verde, datado en 14 600 años, lo que supondría que, desde su entrada, los humanos hicieron un recorrido de norte a sur en tan solo unos 1500 años. No se sabe con certeza si esas personas llegaron a Monte Verde por una ruta interior o costera, pero todo indica que estaban acostumbradas a explotar los recursos costeros durante todo el año. Este yacimiento se conoce desde los años setenta del siglo pasado, a partir de multitud de huesos de animales extintos, como los mastodontes. En la zona se identificaron tanto un campamento humano como un basurero donde los primeros habitantes de Sudamérica arrojaban los desperdicios a finales del Pleistoceno. Sus moradores poseían un profundo conocimiento de los recursos de la región y los utilizaban con gran habilidad. Era una zona costera próxima a grandes bosques, donde recolectaban hierbas y frutos. Periódicamente viajaban al mar y traían sal, algas y mariscos, igual que los actuales chilotos (habitantes del archipiélago de Chiloé, en el sur de Chile). Por alguna razón, el nivel freático de la zona ascendió súbitamente, sorprendiendo a sus pobladores, que abandonaron el campamento apresuradamente. La zona se cubrió de sedimentos y por encima se formó una turbera volcánica que protegió las evidencias de este asentamiento humano del ataque bacteriano y de la humedad, permitiendo su preservación.¹³⁹

La datación del yacimiento de Monte Verde sugiere un movimiento muy rápido de dispersión que podría entenderse si esos primeros americanos hubieran seguido la costa occidental del continente. Actualmente esas vías estarían ocultas bajo el mar, lo que explica que no hayan aparecido restos óseos o arqueológicos. Cabe pensar que fueran varios los grupos de personas que viajaban a lo largo de la costa del Pacífico (Figura 10). En su desplazamiento podrían haberse servido de los recursos marinos e, igualmente, haber explotado los de interiores de los cientos de cuencas fluviales que descienden hasta el mar de la larga cadena montañosa entre Alaska y Tierra del Fuego.¹⁴⁰ La hipótesis de la autopista de algas marinas (*kelp highway hypothesis*) propone que los ecosistemas de bosques de algas marinas pudieron haber favorecido el movimiento de los nómadas marítimos de Asia a las Américas a finales del Pleistoceno. Los bosques de kelp (o quelpos; algas pardas de la familia *Laminariaceae*), que crecen en aguas frías cercanas a la costa, ofrecen algunos de los ambientes más productivos de la Tierra y un hábitat que sustenta una diversa gama de organismos marinos.¹⁴¹

¹³⁹ Dillehay, 2004.

¹⁴⁰ Dillehay, Ramirez, Pino, Collins, Rossen y Pinot-Navarro, 2008,

¹⁴¹ Erlandson, Graham, Bourque, Corbett, Estes y Steneck, 2007.



Figura 10. Las embarcaciones en el desplazamiento por el mar de los primeros americanos. Dibujo de Elena Luengo.

LA OCEANÍA REMOTA

Dada la distancia desde los continentes y la dispersión de las islas más orientales del Pacífico, no resulta nada extraño que fueran estas las últimas del planeta en ser ocupadas por los *Homo sapiens*. Sin embargo, podemos considerar que la dispersión humana a esa zona hace más de tres milenios fue una de las hazañas más impresionantes de nuestra historia antigua en relación con el agua, tanto por las distancias como por los desafíos de las travesías.

La colonización de las islas de la Oceanía remota, al este de Melanesia y Polinesia, tuvo que esperar a los últimos 3500-3000 años. Estas migraciones son muy tardías, más de 40 000 años después de la ocupación humana de las intervisibles islas próximas al binomio Australia-Nueva Guinea (Oceanía cercana). Solo a partir de entonces los viajeros se trasladaron al este, hacia el océano abierto, donde las islas pueden estar separadas por semanas de viaje.¹⁴²

Para explicar este hecho se ha recurrido a argumentos culturales relacionados con el desarrollo de una tecnología lo suficientemente avanzada para la

¹⁴² Cochrane, 2018.

fábrica de las primeras naves de vela. Con estas novedosas embarcaciones, sus fabricantes eran capaces de realizar viajes marítimos de larga distancia transportando tanto a las personas como a las plantas y animales domesticados necesarios para establecerse como comunidades agrícolas. La imposibilidad de emprender largos viajes antes de ese momento posiblemente se viera afectada por el desarrollo tardío de una tecnología agrícola bien adaptada y transportable que abriría las puertas a la colonización a largo plazo.¹⁴³ Por supuesto, los recursos marinos como la pesca y el marisqueo intensivo tuvieron un papel fundamental en la economía de estos pueblos.

Interpretaciones alternativas se han apoyado en factores ambientales que relacionan los fluctuantes niveles del mar de la época con entornos costeros inestables unos 6000 años antes del presente, que pudieron haber limitado el potencial de los asentamientos costeros. Entre 12 000 años y 7000 años (comienzos del Holoceno) el nivel del mar había descendido mucho y hubo un aumento muy notable de los arrecifes, de los ecosistemas de estuarios y de las lagunas litorales. Al mismo tiempo, una gran expansión de los asentamientos costeros llevó a un significativo incremento de la explotación humana de los recursos de esos ambientes. En el Holoceno Medio (6000–4000 años antes del presente), ocurrió el fenómeno inverso: se habla de una importante disminución de los recursos litorales relacionada con la caída del nivel de las aguas en todo el océano, que pudo haber empujado a iniciar la última etapa de la expansión humana en el resto del Pacífico.¹⁴⁴

Estos primeros exploradores, de los que existen dudas sobre si procedían de Asia (cultura austronésica) o eran originarios de Oceanía, fabricaban un tipo de cerámica decorada de manera distintiva, la cultura lapita, que es la evidencia arqueológica de los primeros asentamientos culturales en estos archipiélagos. Esta cultura engloba, además de la propia cerámica, otros elementos como anzuelos, arpones de pesca y herramientas agrícolas. La dispersión coincide con la expansión de la cerámica, que, debido probablemente a diferentes causas (demográficas, ambientales e incluso la innata curiosidad humana), llevó a la gente a buscar nuevos hábitats más productivos.¹⁴⁵

En la primera fase de la expansión (3500–2500 años antes del presente) alcanzaron el oeste de la Micronesia (islas Marianas y Palaos) y Melanesia hasta los archipiélagos de Fiyi, Samoa y Tonga, y muchas otras islas intermedias, lo

¹⁴³ Skoglund, Posth, Sirak, Spriggs, Valentin, Bedford... y Reich, 2016.

¹⁴⁴ Pope y Terrell, 2007.

¹⁴⁵ Cochrane, 2018.

que suponía cubrir distancias de entre 800 y 2000 kilómetros.¹⁴⁶ La segunda fase de colonización (a partir de 2500 años antes del presente) vino después de una larga pausa de unos 2000 años, en la que la cultura lapita desapareció. Los humanos se establecen en unos pocos siglos en lo que se conoce como el triángulo polinesio cuyos vértices son Hawái, la Isla de Pascua y Nueva Zelanda y, por supuesto, incluyendo muchos atolones cuyos únicos recursos eran acuáticos.¹⁴⁷ La brecha temporal entre las dos fases se piensa que podría estar relacionada con una combinación de una mayor actividad del fenómeno del Niño durante el Holoceno tardío y con el desarrollo de la canoa de doble casco que permitió a los polinesios transportar más personas, provisiones, plantas y animales domesticados e ir más lejos, alcanzando distancias que oscilan entre los 2400 y los 4100 km, y más rápido que nunca.¹⁴⁸

En definitiva, por la propia naturaleza de organismos vivos, el agua ha sido un elemento fundamental a lo largo de nuestra evolución y lo sigue siendo para las poblaciones actuales en su día a día. Aparte de satisfacer las necesidades hídricas, nos ha procurado alimentos de alta calidad que han sido el empuje que ha favorecido el desarrollo de rasgos anatómicos, fisiológicos y de comportamiento que nos han traído a nuestro aspecto moderno e impulsaron el destacado potencial cultural del *Homo sapiens*. Los sistemas acuáticos han sido refugios y fuentes de patrimonio genético en los momentos climáticos más difíciles, indultándonos a poder seguir siendo. Además, nos han permitido viajar lejos de la cuna africana hasta llenarlo todo y complacer el humano deseo de explorar y descubrir. Incluso ahora, cuando el hombre, con la vista puesta en la inmensidad del universo, sueña con nuevas aventuras lejos de la Tierra, el hallazgo de agua en otros planetas o en las gigantescas nubes moleculares donde nacen las estrellas continúa siendo nuestra gran esperanza.

REFERENCIAS

ACKMAN, Robert G.: «Fatty acids in fish and shellfish», C. K. Chow (ed.): *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*: London: CRC Press, 2008, 155-185.

AGUSTÍ, Jordi y LORDKIPANIDZE, David: «How “African” Was the Early Human Dispersal out of Africa», *Quaternary Science Reviews*. 30, (2011), 1338-1342.

¹⁴⁶ Fitzpatrick y Erlandson, 2018.

¹⁴⁷ Kirch, 2017.

¹⁴⁸ Montenegro, Callaghan y Fitz-Patrick, 2016.

AIELLO, Leslie C. y WELLS, Jonathan C. K.: «Energetics and the evolution of the genus Homo», *Annu. Rev. Anthropol.* 31, (2002), 323-338

AL KINDI, Mohammed H.: *Evolution of Land and Life in Oman: an 800 Million Year Story*, Cham, Switzerland: Springer, 2018.

ANDREWS, Peter: «Last Common Ancestor of Apes and Humans: Morphology and Environment», *Folia Primatologica*, (2019), 1-27.

ANTON, Susan C., POTTS, Richard y AIELLO, Leslie C.: «Evolution of early Homo: An integrated biological perspective», *Science*, 345, 6192, (2014), 1236828-1236828.

BALL, Philip: «Water as an Active Constituent in Cell Biology», *Chemical Reviews*, 108, 1, (2008), 74-108.

BARGE, Laura M., FLORES, Erika, BAUM, Marc M., VANDERVELDE, David G. y RUSSELL, Michael J.: «Redox and pH gradients drive amino acid synthesis in iron oxyhydroxide mineral systems», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116, 11, (2019), 4828-4833.

BARHAM, Lawrence y EVERETT, Daniel: «Semiotics and the origin of language in the Lower Palaeolithic», *Journal of Archaeological Method and Theory*, 28, 2, (2021), 535-579.

BEDNARIK, Robert G.: *The First Mariners*, New Delhi: Research Press India. 2014.

BEGUN, David R.: *The real planet of the apes: a new story of human origins*, Princeton: Princeton University Press. 2015.

BEHRENSMEYER, Anna K. y REED, Kaye E.: «Reconstructing the habitats of Australopithecus: Paleoenvironments, site taphonomy, and faunas», K. E. Reed, J. G. Fleagle, R. E. Leakey (eds.): *The paleobiology of Australopithecus*, Dordrecht: Springer, 2013, 41-60.

BIRD, Michel I., CONDIE, Scott A., O'CONNOR, Sue, O'GRADY, Damien, REEPMAYER, Christian, ULM, Seam, ZEGA, Mojca, SALTRÉ Frédéric y BRADSHAW, Corey J. A.: «Early human settlement of Sahul was not an accident», *Scientific Reports*, 9, 8220, (2019), 1-10.

BOCHERENS Hervé, BARYSHNIKOV Gennady y VAN NEER Wim: «Were bears or lions involved in salmon accumulation in the Middle Palaeolithic of the Caucasus? An isotopic investigation in Kudaro 3 cave», *Quat Int*, 339-340, (2014), 112-118.

BOSSINGHAM, Mandi J., CARNELL, Nadine S. y CAMPBELL, Wayne W.: «Water balance, hydration status, and fat-free mass hydration in younger and older adults», *Am J Clin Nutr.* 81, 6, (2005), 1342-1350.

BOWLER, James M., JOHNSTON, Harvey, OLLEY, Jon M., PRESCOTT, John R., ROBERTS, Richard G., SHAWCROSS, Wilfred y SPOONER, Nigel A.: «New ages for human occupation and climatic change at Lake Mungo, Australia», *Nature*, 421, (2003), 837-840.

BRAUN, David R., HARRIS, John W. K., LEVIN, Naomi. E., MCCOY, Jack T., HERRIES, Andy I. R., BAMFORD, Marion K., BISHOP, Laura C., RICHMOND, Brian G. y KIBUNJIA, Mzalendo: «Early hominin diet included diverse terrestrial and aquatic animals 1.95 Ma in East Turkana, Kenya», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 22, (2010), 10002-10007.

BROWN, Peter, SUTIKNA, Thomas, MORWOOD, Michael J., SOEJONO, Raden P., JATMIKO, SAPTOMO, Wayhu E. y AWE DUE, Rokus: «A new small bodied hominin from the late Pleistocene of Flores, Indonesia», *Nature* 431, (2004), 1055-1061.

BRUMM, Adam, AZIZ, Fachroel, Van den BERGH, Gert D., MORWOOD, Michael J., MOORE, Mark W., KURNIAWAN, Iwan, HOBBS, Douglas R. y FULLAGAR, Richard: «Early stone technology on Flores and its implications for *Homo floresiensis*», *Nature*, 441, (2006), 624-628.

CAROTENUTO, Francesco, TSIKARIDZE, Nikoloz, ROOK, Lorenzo, LORDKIPANIDZE, David, LONGO, Laura, CONDEMI, Silvana y RAI, Pasquale: «Venturing out safely: The biogeography of *Homo erectus* dispersal out of Africa», *Journal of Human Evolution*, 95, (2016), 1-12.

CERLING, Thure E., LEVIN, Naomi. E., QUADE, Jay, WYNN, Jonathan. G., FOX, David L., KINGSTON, John D., KLEIN, Richard G. y BROWN, Francis H.: «Comment on the Paleoenvironment of *Ardipithecus ramidus*», *Science*, 328, 5982, (2010), 1105-1105.

ÇILINGIROĞLU, Çiler y DİNÇER, Berkay: «Two Possible Upper Paleolithic Sites on the Karaburun Peninsula, Turkey», *J Paleo Arch.*, 4, 2, (2021), 1-11.

CLARKSON, Chris, PETRAGLIA, Michael, HARRIS, Clair, SHIPTON, Ceri y NORMAN, Kasih: «The South Asian Microlithic: *Homo sapiens* Dispersal or Adaptive Response?», *Lithic Technological Organization and Paleoenvironmental Change*, (2017), 37-61.

COCHRANE, Ethan E.: «The Evolution of Migration: The Case of Lapita in the Southwest Pacific», *J Archaeol Method Theory* 25, (2018), 520-558.

COPPENS, Yves: «East Side Story: The Origin of Humankind», *Scientific American*, 270, 5, (1994), 88-95.

D'ERRICO, Francesco, DOYON, Luc, ZHANG, Shuangquan, BAUMANN, Malvina, LÁZNIČKOVÁ-GALETOVÁ, Martina, GAO, Xing, CHEN, Fuyou y ZHANG,

Yue: «The origin and evolution of sewing technologies in Eurasia and North America», *Journal of Human Evolution*, 125, (2018), 71-86.

DE FELIPE, Javier: *El Jardín de la Neurología: Sobre lo Bello, el Arte y el Cerebro*, Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2014.

DE MENOCA, Peter B.: «African climate change and faunal evolution during the Pliocene–Pleistocene», *Earth and Planetary Science Letters*, 220, 1-2, (2004), 3-24.

DENNEL, Robin W., LOUYS, Julien, O'REGAN, Hannah J. and WILKINSON, David M.: «The origins and persistence of *Homo floresiensis* on Flores: biogeographical and ecological perspectives», *Quaternary Science Reviews*, 96, (2014), 98-107.

DILLEHAY, Tom D., RAMIREZ, Carlos, PINO, Mario, COLLINS, Michael B., ROSSEN, Jack and PINO-NAVARRO, Jimena D.: «Monte Verde: seaweed, food, medicine and the peopling of South America», *Science*, 320, (2008), 784-786.

DILLEHAY, Tom D.: *Monte Verde: un asentamiento humano del pleistoceno Tardío en el sur de Chile*, Santiago: Lom Ediciones, 2004.

ERLANDSON, Jon M., GRAHAM, Michael H., BOURQUE, Bruce J., CORBETT, Debra, ESTES, James A. y STENECK, Robert S.: «The Kelp Highway Hypothesis: Marine Ecology, the Coastal Migration Theory, and the Peopling of the Americas», *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 2, 2, (2007), 161-174.

ERLANDSON, Jon M.: «Ancient immigrants: archaeology and maritime migrations», Lucassen, J., Lucassen, L., Manning, P. (eds.): *Migration History: Multi-disciplinary Approaches*: Leiden: Brill, 2010, 189-214.

——— «The Archaeology of Aquatic Adaptations: Paradigms for a New Millennium», *Journal of Archaeological Research*, 9, (2001), 287-350.

FAURE, Hugues, WALTER, Robert C. y GRANT, Douglas R.: «The coastal oasis: ice age springs on emerged continental shelves», *Global and Planetary Change*, 33, 1-2, (2002), 47-56.

FINLAYSON, Clive: «The Water Optimisation Hypothesis and the human occupation of the mid-latitude belt in the Pleistocene», *Quaternary International*, (2013), 300, 22-31.

——— *The improbable primate. How water shaped human evolutions*, Reino Unido: Oxford University Press, 2015.

FITZPATRICK, Scott M. y ERLANDSON, Jon M.: «Island Archaeology, Model Systems, the Anthropocene, and How the Past Informs the Future», *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 13, 2, (2018), 283-299.

FLOSS, Harald, FRÖHLE, Simon y WETTENGL, Stefan: The Aurignacian along the Danube Its Two-Fold Role as a Transalpine and Cisalpine Passageway of Early *Homo sapiens* into Europe. In R. Krauss, H. Floss (eds.): *Southeast Europe Before Neolithisation*. Proceedings of the International Workshop within the Collaborative Research Centres SFB 1070 «Ressourcen Kulturen», Tübingen: Schloss Hohentübingen, RessourcenKulturen1, 2016.

GARVEY, Jillian: «Australian Aboriginal freshwater shell middens from late Quaternary northwest Victoria: Prey choice, economic variability and exploitation», *Quaternary International*, 427, (2017), 85-102.

GE, Yong y GAO, Xing: «Understanding the overestimated impact of the Toba volcanic super-eruption on global environments and ancient hominins», *Quaternary International*. 559, (2020), 24-33.

GENESTE, Jean-Michel: «From Chauvet to Lascaux: 15,000 Years of Cave Art», *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia* 45, 3, (2017), 29-40.

GIBBONS, Anna: «Oldest *Homo sapiens* genome pinpoints neandertal input», *Science*, 343, (2014), 1417.

GIL, Ángel y MATAIX, Francisco J.: *Libro Blanco de los Omega-3*. Granada: Médica panamericana, 2005.

GROUCUTT, Huw S., PETRAGLIA, Michael D., BAILEY, Geoff, SCERRI, Eleanor M. L., PARTON, Ash, CLARK-BALZAN, Laine... y SCALLY, Aylwyn: «Rethinking the dispersal of *Homo sapiens* out of Africa», *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 24, 4, (2015), 149-164.

HAJDINJAK, Mateja, MAFESSONI, Fabrizio, SKOV, Laurits, VERNOT, Benjamin, HÜBNER, Alexander, FU, Qiaomei, ESSEL, Elena y PÄÄBO, Svante: «Initial Upper Palaeolithic humans in Europe had recent Neanderthal ancestry», *Nature*, 592, (2021), 253-257.

HAMM, Giles, MITCHELL, Peter, ARNOLD, Lee J., PRIDEAUX, Gavin J., QUESTIAUX, Daniele, SPOONER, Nigel A... y JOHNSTON, Duncan: «Cultural innovation and megafauna interaction in the early settlement of arid Australia», *Nature*, 539, 7628, (2016), 280-283.

HARDY, Alister: «Was Man More Aquatic in the Past?», *The New Scientific*, 7, (1960), 642-645.

HARRISON, Terry y ROOK, Lorenzo: «Enigmatic anthropoid or misunderstood ape? The phylogenetic status of *Oreopithecus bambolii* reconsidered», D. R. Begun, C.V. Ward, y M. D. Rose (ed.): *Function, Phylogeny and Fossils: Miocene Hominoid Evolution and Adaptation*, New York: Plenum, 1997, 327-362.

HARVATI, Katerina, RÖDING, Carolin, BOSMAN, Abel M., KARAKOSTIS, Fotios A., GRÜN, Rainer, STRINGER, Chris... y KOULOUKOUSA, Mirsini: «Apidima Cave fossils provide earliest evidence of *Homo sapiens* in Eurasia», *Nature*, 571, 7766, (2019), 500-504.

HEINTZMAN, Peter D., FROESE, Duane, IVES, John W., SOARES, Andres E. R., ZAZULA, Grant D., LETTS, Brandon... y SHAPIRO, Beth.: «Bison phylogeography constrains dispersal and viability of the Ice-Free Corridor in western Canada», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 29, (2016), 8057-8063.

HERSHKOVITZ, Israel, WEBER, Gerhard W., QUAM, Rolf, DUVAL, Mathieu, GRÜN, Rainer, KINSLEY, Leslie... y WEINSTEIN-EVRON, Mina.: «The earliest modern humans outside Africa», *Science*, 359, 6374, (2018), 456-459.

HOFFECCKER John: *Modern Humans: Their African Origin and Global Dispersal*, New York: Columbia Univ Press, 2017.

———, ELIAS, Scott A., O'ROURKE, Dennis H., SCOTT, Richard, G. y BIGELOW, Nancy H.: «Beringia and the global dispersal of modern humans», *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 25, 2, (2016), 64-78.

HOUGHTON, John: *Global Warming: the complete briefing* (5th edition), Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

HUBLIN, Jean-Jacques, BEN-NCER, Abdelouahed, BAILEY, Shara E., FREIDLINE, Sarah E., NEUBAUER, Simon, SKINNER, Matthew M... y GUNZ, Philip: «New fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the pan-African origin of *Homo sapiens*», *Nature*, 546, 7657, (2017), 289-292.

HUBLIN, Jean-Jacques, SIRAKOV, Nikolay, ALDEIAS, Vera, BAILEY, Shara, BARD, Edouard, DELVIGNE, Vincent... y TSANOVA, Tsenka: «Initial upper palaeolithic *Homo sapiens* from Bacho Kiro cave, Bulgaria», *Nature*, 581, (2020), 299-302.

HUFFMAN, Frank, ZAIM, Yahdi, KAPPELMAN, John, RUEZ, Dennis R., DEVOS, John, RIZAL, Yan, AZIZ, Fachroel y HERTLER, Christine: «Relocation of the 1936 Mojokerto skull discovery site near Perning, Java», *J. Hum. Evol.*, 50, 4, (2006), 431-451.

JOORDENS, Josephine C., D'ERRICO, Francesco, WESSELINGH, Frank P., MUNRO, Stephen, DEVOS, John, WALLINGA, Jakob... y ROEBROEKS, Wil: «*Homo erectus* at Trinil on Java used shells for tool production and engraving», *Nature*, 518, (2015), 228-231.

JOORDENS, Josephine C., KUIPERS, Remko, WANINK, Jan y MUSKIET, Frits: «A fish is not a fish: patterns in fatty acid composition of aquatic food may have had implications for hominin evolution», *J. Human Evol.*, 77, (2014), 107-116.

JOORDENS, Josephine C., WESSELINGH, Frank P., DE VOS, John, VONHOF, Hubert B. y KROON, Dick: «Relevance of aquatic environments for hominins: a case study from Trinil (Java, Indonesia)», *Journal of Human Evolution*, 57, 6, (2009), 656–671.

JURIC, Ivan, AESCHBACHER, Simon y COOP, Graham: «The Strength of Selection against Neanderthal Introgression», *Plos Genetics*, 12, (2016), e1006340.

KAESSMANN, Henrik, WIEBE, Victor, WEISS, Gunter and PÄÄBO, Svante: «Great ape DNA sequences reveal a reduced diversity and an expansion in humans», *Nature Genetics*, 27, 2, (2001), 155–156.

KAINZ, Martin, ARTS, Michael T. y MAZUNDER, Asit: «Essential fatty acids in the planktonic foodweb and their ecological role for higher trophic levels». *Limnol. Oceanogr.* 49, 5, (2004), 1784–1793.

KAUFFMAN, Stuart A. «Approaches to the Origin of Life on Earth», Minati, G., Abram, M. R. y Pessa, E. (eds.): *Methods, Models, Simulations and Approaches Towards a General Theory of Change*, Singapore: Proceedings of the Fifth National Conference on Systems Science, World Scientific, 2012, 3–16.

KEMPF, Erica: «Patterns of Water Use in Primates», *Folia Primatologica*, 80, 4, (2009), 275–294.

KIRCH, Patrick V.: *On the road of the winds: An archaeological history of the Pacific Islands before European contact*, Berkeley: University of California Press, 2017.

KLEIN, Richard G.: «Population structure and the evolution of *Homo sapiens* in Africa», *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 28, 4, (2019), 179–188.

KRAUSE, Johannes y TRAPPE Thomas: *El viaje de nuestros genes*, Barcelona: Debate, 2020.

LAHR, Marta M. y FOLEY, Robert: «Multiple dispersals and modern human origins», *Evol. Anthropol.*, 3, (1994), 48–60.

LBOVA, Liudmila: «The Siberian Paleolithic site of Mal'ta: A unique source for the study of childhood archaeology», *Evolutionary Human Sciences*, 3, (2021), E9.

LESNEK, Alia J., BRINER, Jason P., LINDQVIST, Charlotte, BAICHTAL, James F. y HEATON, Timothy H.: «Deglaciation of the Pacific coastal corridor directly preceded the human colonization of the Americas», *Science Advances*, 4, 5, (2018), eaar5040.

MAYORAL, Eduardo, DÍAZ-MARTÍNEZ, Ignacio, DUVEAU, Jérémy, SANTOS, Ana, RAMÍREZ, Antonio R., MORALES, Juan A., MORALES, Luis A. y DÍAZ-

DELGADO, Ricardo: «Tracking late Pleistocene Neandertals on the Iberian coast», *Sci Rep.*, 11, 4103, (2021), 1-12.

MONTENEGRO, Álvaro, CALLAGHAN, Richard T. and FITZ-PATRICK, Scott M.: «Using seafaring simulations and shortest-hop trajectories to model the prehistoric colonization of Remote Oceania». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 45, (2016), 12685-12690.

MORENO-MAYAR, Víctor J., POTTER, Ben A., VINNER, Lasse, STEINRÜCKEN, Mathias, RASMUSSEN, Simon, TERHORST, Jonathan... y WILLERSLEV, Eske: «Terminal Pleistocene Alaskan genome reveals first founding population of Native Americans», *Nature*, 553, 7687, (2018), 203-207.

MORGAN, Elaine: *The Aquatic Ape Hypothesis*, London: Souvenir Press, 1999.

MORWOOD, Mike y VAN OOSTERZEE, Penny: *Discovery of the Hobbit: The Scientific Breakthrough that Changed the Face of Human History*, Sydney: Random House, 2007.

MORWOOD, Mike, O'SULLIVAN, Paul B., AZIZ, Farhana y RAZA, Ali: «Fission-track ages of stone tools and fossils on the east Indonesian island of Flores», *Nature*, 392, (1998), 173-176.

NAVARRETE, Ana, VAN SCHAIK, Carel P. y ISLER, Karin: «Energetics and the evolution of human brain size», *Nature*, 480, 7375, (2011), 91-93.

NELSON, David L. and COX Michael M.: *Lehninger. Principios de Bioquímica* (5.ª ed), Barcelona: Omega. 2009.

O'CONNELL, James F., ALLEN, Jim, WILLIAMS, Martin A. J., WILLIAMS, Alan N., TURNEY, Chris. S. M., SPOONER, Nigel A... y COOPER, Alan: «When did *Homo sapiens* first reach Southeast Asia and Sahul?», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115, 34, (2018), 8482-8490.

PIEL, Alex K., STRAMPELLI, Paolo, GREATHEAD, Emily, HERNÁNDEZ-AGUILAR, R. Adriana., MOORE, Jim y STEWART, Fiona A.: «The diet of open-habitat chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) in the Issa valley, western Tanzania», *Journal of Human Evolution*, 112, (2017), 57-69.

PILBEAM, David R. y LIEBERMAN, Daniel E.: «Reconstructing the last common ancestor of chimpanzees and humans», Muller, M. N., Wrangham, R. W. y Pilbeam, D. R. (ed.): *Chimpanzees and Human Evolution*, Cambridge: Harvard University Press, 2017, 22-141.

PITULKO, Vladimir V., TIKHONOV, Alexei N., PAVLOVA, Elena Y., NIKOLSKIY, Pavel A., KUPER, Konstantine E. y POLOZOV, Roman N.: «Early human presence in the Arctic: Evidence from 45,000-year-old mammoth remains», *Science*, 351, 6270, (2016), 260-263.

POCOCK, Guillian y RICHARDS, Christopher D.: *Fisiología Humana. La Base de la Medicina*. Barcelona: Elsevier Masson, 2005.

PONTZER, Herman, BROWN, Mary H., WOOD, Brian M., RAICHLEN, David A., MABULLA, Audax Z., HARRIS, Jacob A... y ROSS, Stephen R.: «Evolution of water conservation in humans», *Current Biology*, 31(8), (2021), 1804–1810.

PONTZER, Herman: «Ecological Energetics in Early Homo», *Current Anthropology*, 53, S6, (2012), S346–S358.

POPE, Kevin O. y TERRELL, Jhon E.: «Environmental setting of human migrations in the circum-Pacific region», *J Biogeography*, 35, (2007), 1–21.

RABETT, Ryan J.: «The success of failed *Homo sapiens* dispersals out of Africa and into Asia», *Nature Ecology & Evolution*, 2, 2, (2018), 212–219.

REED, Kaye E.: «Early hominid evolution and ecological change through the African Plio-Pleistocene», *J. Hum. Evol.*, 32, (1997), 289–322.

RIGHTMIRE, Philip G., LORDKIPANIDZE, David y VEKUA, Abesalon: «Anatomical descriptions, comparative studies, and evolutionary significance of the hominin skulls from Dmanisi, Republic of Georgia», *Journal of Human Evolution*, 50, 2, (2006), 115–141.

RÍOS, Luis, KIVELL, Tracy L., LALUEZA-FOX, Carles, ESTALRRICH, Almudena, GARCÍA-TABERNERO, Antonio, HUGUET, Rosa, QUINTINO, Yuliet, DE LA RASILLA, Marco y ROSAS, Anonio: «Skeletal Anomalies in The Neandertal Family of El Sidrón (Spain) Support A Role of Inbreeding in Neandertal Extinction», *Sci Rep* 9, 1, (2019), 1–11.

ROACH, Neil T., HATALA, Kevin G., OSTROFSKY, Kelly R., VILLMOARE, Brian, REEVES, Jonathan S., DU, Andrew... y RICHMOND, Brian G.: «Pleistocene footprints show intensive use of lake margin habitats by *Homo erectus* groups», *Sci Rep* 6, 1, (2016), 1–9.

ROBERTS, Alice: *The Incredible Human Journey*. London: Bloomsbury. 2010.

ROBERTS, Patrick, BOIVIN, Nicole, LEE-THORP, Julia, PETRAGLIA, Michael y STOCK, Jay: «Tropical forests and the genus Homo», *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 25, 6, (2016), 306–317.

ROBINSON, Joshua R., ROWAN, John, CAMPISANO, Christopher J., WYNN, Jonathan G. y REED, Kaye E.: «Late Pliocene environmental change during the transition from Australopithecus to Homo», *Nature Ecology & Evolution*, 1, 6, (2017), 1–7.

ROEBROEKS, Wil y VILLA, Paola: «On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe», *Proc. Natl Acad. Sci.* 108, (2011), 5209–5214.

ROSAS, Antonio: *La evolución del género Homo*, Madrid: Catarata-CSIC. 2016.

——— *Los fósiles de nuestra evolución: Un viaje por los yacimientos paleontológicos que explican nuestro pasado como especie*, Barcelona: Ariel. 2019.

——— *Los primeros homínidos*, Madrid: Catarata-CSIC. 2015.

ROSE, Jeffrey I., HILBERT, Yamandú H., USIK, Vitaly I., MARKS, Anthony E., JABOOB, Mohammed M. A., ČERNÝ, Viktor, CRASSARD, Rémy y PREUSSER, Frank: «30,000-Year-Old Geometric Microliths Reveal Glacial Refugium in Dhofar, Southern Oman», *J Paleo Arch.*, 2, (2019), 338–357.

ROSE, Jeffrey I. y PETRAGLIA, Michael D: «Tracking the origin and evolution of human populations in Arabia», Petraglia, M. D. y Rose, J. I.: *Evolution of Human Populations in Arabia: Paleoenvironments, Prehistory and Genetics*, Dordrecht: Springer, 2009.

RUFF Christopher B.: «Relative limb strength and locomotion in *Homo habilis*», *Am. J. Phys. Anthropol.*, 138, (2009), 90–100

SKOGLUND, Pontus, POSTH, Cosimo, SIRAK, Kendra, SPRIGGS, Matthew, VALENTIN, Frederique, BEDFORD, Stuart... y REICH, David: «Genomic insights into the peopling of the Southwest Pacific», *Nature*, 538, (2016), 510–513.

SPASSOV, Nikolai: «Southeastern Europe as a route for the earliest dispersal of *Homo* towards Europe: Ecological conditions and the timing of the first human occupation of Europe», K. Harvati y M. Roksandic (eds.), *Paleoanthropology of the Balkans and Anatolia: Human evolution and its context*, Dordrecht: Springer, (2016), 281–290.

SPONHEIMER, Matt, ALEMSEGED, Zeresenay, CERLING, Thure E., GRINE, Frederick E., KIMBEL, William H., LEAKEY, Meave G... y WYNN, Jonathan G.: «Isotopic evidence of early hominin diets», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 26, (2013), 10513–10518.

STACEY, Natasha y ALLISON, Edward H.: «Sea Nomads: Sama-Bajau Mobility, Livelihoods, and Marine Conservation in Southeast Asia», King, T. J. y Robinson G. (eds.): *At home on the waves: Human habitation of the sea from the Mesolithic to today*, 2019, 309–331.

STACEY, Natasha, STEENBERGEN, Dirk J., CLIFTON, Julian y ACCIAIOLI, Greg: «Understanding Social Wellbeing and Values of Small-Scale Fisheries amongst the Sama-Bajau of Archipelagic Southeast Asia», Johnson, D., Acott, T., Stacey, N., Urquhart, J. (eds.): *Social Wellbeing and the Values of Small-scale Fisheries*, MARE Publication Series, 17. Cham: Springer, 2018, 97–123.

STEELE, Teresa E.: «A Unique Hominin Menu Dated to 1.95 Million Years Ago», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, (2010), 10771–10772.

STEWART, Kathlyn M.: «The Case of Exploitation of Wetlands Environments and Foods by Pre-Sapiens Hominins», Cunnane S. C. y Stewart, K. M.

(eds.): *Human Brain Evolution. The Influence of Freshwater and Marine Food Resources*, Hoboken: Wiley-Blackwell, 2010, 137-171.

STRAIT, David S., ORR, Caley M., HODGKINS, Jamie, SPASSOV, Nikolai, GUROVA, Maria, MILLER, Christopher y TZANKOV, Tzankov: «The Human Fossil Record of Bulgaria and the Formulation of Biogeographic Hypotheses», *Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology*, (2016), 69-78.

TRINKAUS, Erik, SAMSEL, Mathilde, y VILLOTTE, Sébastien: «External auditory exostoses among western Eurasian late Middle and Late Pleistocene humans», *PLoS ONE*; 14, 8, (2019), 0220464.

UNGAR, Peter S., GRINE, Frederick E. y TEAFORD, Mark F.: «Diet in Early Homo: A Review of the Evidence and a New Model of Adaptive Versatility», *Annual Review of Anthropology*, 35, 1, (2006), 209-228.

VAN HETEREN, Anneke H. y de VOS, John: «Stone implements from Java and Flores: A history of the discoveries», *Comptes Rendus Palevol*, 11, 2-3, (2012), 181-189.

VILLA, Paola, SORIANO, Sylvain, POLLAROLO, Luca SMRIGLIO, Carlo, GAETA, Mario, D'ORAZIO, Massimo, CONFORTI, Jacopo y TOZZI, Carlo: «Neandertals on the beach: Use of marine resources at Grotta dei Moscerini (Latium, Italy)», *PLoS ONE*, 15, 1, (2020), e0226690.

VILLANEVA, Fernando A. y SCHRAIBER, Joshua G.: «Multiple episodes of interbreeding between Neanderthal and modern humans», *Nat. Ecol. Evol.*, 3, (2019), 39-44.

WILLIAMS, Scott A., PRANG, Thomas C., MEYER, Marc R., NALLEY, Thierra K., VAN DER MERWE, Renier, YELVERTON, Christopher... y BERGER, Lee R.: «New fossils of *Australopithecus sediba* reveal a nearly complete lower back», *eLife*, 10, (2021), 70447.

WOOD, Rachel, JACOBS, Zenobia, VANNIEUWENHUYSE, Dorcas, BALME, Jane, O'CONNOR, Sue y WHITAU, Rose: «Towards an Accurate and Precise Chronology for the Colonization of Australia: The Example of Riwi, Kimberley, Western Australia», *PLoS ONE*, 11, 9, (2016), e0160123.

WRAGG, Rebecca: (2020). *Kindred: Neanderthal life, love, death and art*. London: Bloomsbury, 2020.

ZACHOS, James, PAGANI, Mark, SLOAN, Lisa, THOMAS, Ellen y BILLUPS, Kathrina: «Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present», *Science*, 292, 5517, (2001), 686-693.

ZILHÃO, João: «Personal ornaments and symbolism among the Neanderthals», *Developments in Quaternary Sciences*, 16, (2012), 35-49.