

LA INVESTIGACIÓN EN ANTROPOLOGÍA FÍSICA



UNA MIRADA AL FUTURO

Editores:

Santos Alonso, Montserrat Hervella, Neskuts Izagirre, Jose Angel Peña
Esther Rebato, Concepción de la Rúa



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

LA INVESTIGACIÓN EN ANTROPOLOGÍA
FÍSICA: UNA MIRADA AL FUTURO

LA INVESTIGACIÓN EN ANTROPOLOGÍA FÍSICA: UNA MIRADA AL FUTURO

Editores:

Santos Alonso
Montserrat Hervella
Neskuts Izagirre
Jose Angel Peña
Esther Rebato
Concepción de la Rúa

eman ha zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

ARGITALPEN
ZERBITZUA
SERVICIO EDITORIAL

© Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua

ISBN: 978-84-9082-034-6

Depósito legal / Lege gordailua: BI 1478-2014

COMITÉS

COMITÉ DE HONOR

Prof. Dr. D. IÑAKI GOIRIZELAIA
Rector Magnífico de la Universidad del País Vasco - UPV/EHU
Sr. D. IÑAKI AZKUNA
Alcalde de Bilbao
Prof. Dra. Dña. ESTHER REBATO
Presidenta de la Sociedad Española de Antropología Física
Prof. Dra. Dña. MIREN BEGOÑE URRUTIA
Directora de Política Científica del Gobierno Vasco
Prof. Dra. Dña. ESTHER DOMÍNGUEZ
Decana de la Facultad de Ciencia y Tecnología - UPV/EHU

Comité científico

INMACULADA ALEMÁN (Universidad de Granada)
JOSE PABLO BARAYBAR (Equipo Peruano de Antropología Forense)
JOSE MARÍA BERMÚDEZ DE CASTRO (Centro Nacional de Investigación
sobre la Evolución Humana)
ROSARIO CALDERÓN (Universidad Complutense de Madrid)
DAVID COMAS (Universitat Pompeu Fabra)
JEAN MICHEL DUGOUJON (Université Paul Sabatier, Toulouse)
ESTHER ESTEBAN (Universitat de Barcelona)
LOURDES FAÑANÁS (Universitat de Barcelona)
JORDI GALBANY (Universitat de Barcelona)
VIRGINIA GALERA (Universidad de Alcalá)
ELISABETTA MARINI (Università degli Studi di Cagliari)
MARÍA DOLORES MARRODÁN (Universidad Complutense de Madrid)
MARÍA MARTINÓN-TORRES (Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana)
PILAR MONTERO (Universidad Autónoma de Madrid)
ALEJANDRO PÉREZ-PÉREZ (Universidad de Barcelona)
DAVIDE PETTENER (Università di Bologna)
ANGELES SÁNCHEZ-ANDRÉS (Universidad de Alcalá)
GONZALO TRANCHO (Universidad Complutense de Madrid)

Comité organizador

SANTOS ALONSO
MONTSE HERVELLA
NESKUTS IZAGIRRE
JOSE ANGEL PEÑA
ESTHER REBATO
CONCEPCIÓN DE LA RÚA

Colaboradores

IBONE ESPINOSA
LUIS GÓMEZ
MARÍA EUGENIA IBÁÑEZ
SAIOA LÓPEZ
GARTZE MENTXAKA
ALAITZ PÓVEDA
ARRATE SEVILLA

Entidades colaboradoras

Gobierno Vasco, Dpto. de Educación, Política Lingüística y Cultura/Eusko Jaurlaritzia.
Hezkuntza, Hizkuntza Politika eta Kultur saila.

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

Vicerrectorado del Campus de Bizkaia/Bizkaiko Campuseko Errektoreordetza

Vicerrectorado de Investigación/Ikerkuntza arloko Errektoreordetza

Facultad de Ciencia y Tecnología/Zientzia eta Teknologia Fakultatea (UPV/EHU)

Life Technologies

Proquinorte

SUL - Suministro Urgente al Laboratorio

PRÓLOGO

Desde su creación en 1976 la Sociedad Española de Antropología Física (SEAF) viene celebrando sus congresos bienales de forma ininterrumpida en distintas ciudades españolas. Estos encuentros, destinados a la discusión de los avances y resultados de las investigaciones bioantropológicas, suponen un foro de debate científico en el que participan investigadores de diversas áreas interesados en los estudios de Antropología Física, promoviendo la interacción entre especialistas e investigadores en formación. Asimismo, y dado el interés que esta disciplina despierta en la sociedad en general, la celebración de los Congresos de la SEAF permite mostrar las novedades acontecidas en el ámbito de la ciencia bioantropológica, facilitando la difusión del conocimiento más allá de la esfera académica.

En este marco de reuniones científicas, los profesores del área de Antropología Física de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) han sido los encargados de organizar el XVIII Congreso de la SEAF, celebrado en Bilbao durante los días 19 a 21 de junio de 2013. Dicho congreso ha contado con una alta participación, destacando la numerosa asistencia de jóvenes investigadores y de estudiantes universitarios de distinta procedencia, que se encontraban realizando sus trabajos de fin de máster y/o doctorados en el campo de la Antropología Física y disciplinas afines.

Este libro recoge las ponencias y principales comunicaciones presentadas en el XVIII Congreso, seleccionadas para su publicación y agrupadas en diferentes bloques temáticos que recogen algunas de los conocimientos actuales de la investigación bioantropológica: *Ecología Humana*, *Biología Esquelética* y *Antropología Forense*, *Paleoantropología* y *Primatología*, y *Diversidad Genética Humana*. Se ha pretendido mostrar algunas de las cuestiones más relevantes actualmente y la proyección futura de la investigación en Antropología biológica, encaminada tanto al cuestionamiento de paradigmas (como la preponderancia de África en la evolución humana o la existencia de una única especie humana a

partir del Pleistoceno Superior, entre otros), como a la comprensión de la relación fenotipo-genotipo, entre otras cuestiones de gran importancia para la reconstrucción de la historia evolutiva de nuestra especie. Sirvan las ponencias invitadas como ejemplo del nuevo enfoque de algunas áreas de la investigación en Antropología.

La ponencia sobre Antropología forense (J.P. Baraybar) ilustró una de las aplicaciones de mayor repercusión en el mundo actual, la investigación de los conflictos armados. Más allá de la determinación de las causas más probables de muerte de los restos esqueléticos, pretende llevar a cabo una lectura del significado de la violencia, que contribuya a las «transacciones de memoria» y a los procesos de reconciliación, en grupos humanos que han sufrido violaciones a los derechos humanos. La ponencia sobre la diversidad genética humana en la era de los genomas completos (D. Comas), mostró los datos proporcionados por las nuevas tecnologías de secuenciación en el proyecto internacional de los «Mil Genomas», que pretende secuenciar completamente unos 2.500 individuos de poblaciones humanas de diferentes regiones geográficas. Este nuevo enfoque va a permitir definir aspectos demográficos y adaptativos de las poblaciones humanas, inaccesibles desde los enfoques tradicionales. Finalmente, M. Martín-Torres, presentó una nueva visión sobre el origen de los primeros europeos, ya que los hallazgos fósiles humanos de las dos últimas décadas de los yacimientos de Atapuerca (principalmente de Sima del Elefante y Gran Dolina) han obligado a reconsiderar hipótesis previas sobre el tempo y modo del primer poblamiento europeo, proponiendo un nuevo modelo teórico evolutivo, en el que el peso de Asia en la colonización de Europa habría sido mayor que el de África.

Nuestro reconocimiento a los autores de los trabajos científicos que dan cuerpo a esta obra, sin cuyo esfuerzo no hubiese sido posible su edición y asimismo a quienes accedieron a formar parte del comité científico internacional, a los miembros de los jurados calificadores de los premios a las mejores comunicaciones y posters, a los integrantes de las diversas mesas de sesiones por su excelente labor como introductores de las mismas y/o como moderadores, y a los jóvenes colaboradores que nos han ayudado a llevar a buen puerto esta tarea. En definitiva, gracias a todos los participantes y asistentes.

Queremos expresar también nuestro agradecimiento a las Instituciones que han apoyado la organización y desarrollo del XVIII Congreso de la SEAF: a la Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) que cedió los locales del Bizkaia Aretoa donde se celebraron las sesiones científicas del Congreso y asimismo a los Vicerrectorados de Campus de Bizkaia y de Investigación así como al Gobierno Vasco-Eusko Jurlaritzza (Dirección General de Política Científica) por las ayudas concedidas. También queremos agradecer a las autoridades académicas y políticas (Carmelo Garitaonandia en representación del Rector de la

UPV/EHU, Ibon Areso en representación del Alcalde del Ayuntamiento de Bilbao, Miren bego Urrutia, Directora General de Política Científica del Gobierno Vasco y Esther Dominguez, Decana de la Facultad de Ciencia y Tecnología) su presencia en el Acto de apertura, contribuyendo a dar visibilidad a esta reunión científica como un foro de debate abierto a la sociedad.

Los editores

ÍNDICE

Prólogo	9
----------------------	---

PONENCIAS INVITADAS

La antropología forense y las transacciones de memoria: hacia la construcción de un <i>Ethos</i> colectivo de prevención con garantía de no-repetición <i>Baraybar, J.P.</i>	19
Análisis de la diversidad genética humana en la era de los genomas completos <i>Comas, D.</i>	33
El origen de los primeros europeos: África versus Eurasia <i>Martíñón-Torres, M.</i>	43

BIOLOGÍA ESQUELÉTICA Y ANTROPOLOGÍA FORENSE

TAPHOS—m. Taphonomical and anthropological Project. Human osteobiography using <i>Sus scrofa domestica</i> model <i>Armentano, N.; Nociarová, D.; Torres, M.; Pedro, M.; Subirana, M.; Malgosa, A.</i>	55
Estudio paleodemográfico de la población Hispano-musulmana de San Nicolás (Ávila) <i>Barrio, P.A.; Trancho, G.J.</i>	73
Periostitis en la necrópolis de la ermita de Nuestra Señora del carrascal en Pedraza de la Sierra (Segovia, s. XII a XVII) <i>Caro, L.; Sánchez-García, E.</i>	97

Complejas interacciones bioculturales en la interpretación de la <i>cribra orbitalia</i> y la hiperostosis porótica durante el periodo intermedio en la costa central peruana <i>Gómez, J.; Eggers, S.</i>	115
Primeros datos sobre las alteraciones por las raíces de los restos esqueléticos humanos de «La Magdalena» (Alcalá de Henares, Madrid) <i>Gómez-Moreno, F.; Galera, V.; Heras, C.</i>	133
Paleopatología antemortem de los 28 individuos exhumados en las fosas de Calera y Chozas (Toledo, España) <i>Herrerin, J.; Sarkic, N.</i>	149
Determinación sexual mediante Tomografía Axial Computerizada. El análisis en 3D de la apófisis mastoide <i>Martínez-Ávila, M.S.; Grueso, I.; Mascaraque, J.; Robledo, B.; Trancho, G.J.</i>	165
Integración morfológica de caracteres dimórficos en el cráneo humano <i>Medialdea, L.; Romero, A.; González, A.</i>	175
Análisis de la topografía dental en relación al macro- y micro-desgaste <i>Romero, A.; Galbany, J.; Górka, J.; Gamerra, B.; Pérez-Pérez, A.</i>	185
Variantes anatómicas y anomalías en la columna cervical y sus implicaciones clínicas <i>Sánchez-García, E.; Caro, L.</i>	199
Predicción de las dimensiones longitudinales y transversales del húmero a partir de modelos numéricos unifactoriales <i>Trancho, G.J.; Robledo, B.; Martínez-Ávila, M.S.; Grueso, I.; Barrio, P.</i>	217

DIVERSIDAD GENÉTICA HUMANA

Estudio de la variabilidad del gen de la COMT y su asociación con rasgos esquizotípicos y síntomas psicóticos en población sana <i>de Castro-Catalá, M.; Moreno, A.; Ros-Morente, A.; Peña, E.; Burela, P.A.; Kwapil, T.R.; Barranres-Vidal, N.; Rosa, A.</i>	239
ADN mitocondrial y diversidad funeraria en el Neolítico: los yacimientos de Paternanbidea y Los Cascajos <i>Hervella, M.; Izagirre, N.; Alonso, S.; Fregel, R.; de la Rúa, C.</i>	257

Diversidad genética en la población de Rumania en relación al origen y dispersión de la etnia gitana <i>Hervella, M.; Mentxaka, G.; Izagirre, N.; Alonso, S.; Iona, M.; Netea, M.; de la Rúa, C.</i>	271
Interest of research on candidate genes for schizophrenia using endophenotypes based on schizotypal traits assessed in healthy individuals <i>Rosa, A.; Escarré-Vinyeta, J.; Castro-Catalá, M.; Ros-Morente, A.; Kwapil, T.R.; Barrantes-Vidal, N.</i>	281
A patchwork of genes and cultures: preliminary results on the paternal genetic structure of Sicily and Southern Italy by using a multi-level analysis approach <i>Samo, S.; Boattini, A.; Carta, M.; Motta, V.; Ferri, G.; Alù, M.; Tofacelli, S.; Sined, L.; Tagarelli, G.; Luiselli, D.; Pettener, D.</i>	297
Diversidad genética en el desarrollo del esqueleto humano. El papel de las regiones reguladoras no-codificantes <i>Sevilla, A.; López, S.; Alonso, S.</i>	311

ECOLOGÍA HUMANA

Enfermedades en personas afromexicanas por cortar caña de azúcar y aguardiente y cerveza como remedio medicinal para afrontarlas <i>Cardoso, M.A.; Ostiguin, R.M.; Moreno, G.M.; Aburto, L.A.; Guando, L.</i> ...	325
Peso del recién nacido y patrones de antropometría materna, Cuba <i>Díaz, M.E.; Montero, M.; Jimenez, S.; Wong, I.; Moreno, V.</i>	337
Estudio cinemático de la marcha de un grupo de niñas de 10 y niños de 11 años de edad, en promedio <i>Espinosa, M.</i>	353
Detección de la andropausia en población madrileña mediante cuestionario «ADAM» <i>Higuero, A.; Benito, S.</i>	367
Enfoques bioculturales en Antropología Física: antecedentes, desarrollos y posibilidades <i>Tomas Cardoso, R.</i>	375
Perfil materno y duración del parto en mujer con y sin epidural <i>Varea, C.; Bernis, C.; González-González, A.</i>	387

PALEOANTROPOLOGÍA Y PRIMATOLOGÍA

Relación entre el desgaste dental y la ecología en babuinos y mandriles <i>Mayo-Aleson, M.; Romero, A.; Gamarra, B.; Willaume, E.; Fiace, I.; Pérez-Pérez, A.; Kappler, P.M.; Charpentier, M.J.E.; Galbany, J.</i>	409
Aportación de la primatología a la Antropología Física <i>Galbany, J.</i>	423
Criando a un neandertal. La energía del crecimiento en neandertales de 1 a 6 años de edad <i>Goikoetxea, I.; Mateo, A.; Leonard, W.R.; Martín-González, J.A.; Rodríguez-Gómez, G.; Rodríguez, J.</i>	437
El yacimiento ibérico de Castellvell de Olius (Lleida, Solsonés). Estudio bioantropológico de dos individuos infantiles <i>Merino, M.; Rissech, C.; Turbón, D.</i>	451
Estudio comparado de los perikymata en los dientes del homínido XVIII de la Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca) <i>Modesto-Mata, M.; Dean, C.; Gracia-Tellez, A.; Martiñón-Torres, M.; Martín-Francés, L.; Guateli-Steinberg, D.; Reid, D.; Martínez, I.; Arsuaga, J.L.; Bermudez de Castro, J.L.</i>	467
Inventario de los patrones de crestas del trigónido en la unión esmalte-dentina de los molares de la Sima de los Huesos (Atapuerca). <i>Martínez de Pinillos, M.; Martín-Torres, M.; Skinner, M.M.; Arsuaga, J.L.; Gracia-Téllez, A.; Martínez, I.; Martín-Francés, L.; Bermúdez, J.M.</i>	481
Primatología para antropólogos: cuestiones taxonómicas <i>Toja, D.I.</i>	501
La necrópolis de El Caño: indicios de sacrificio ritual en el «Gran Cocle», Panamá <i>Trujillo-Medeiros, A.; Mayo, J.; Mayo, C.; Franco-Fernández, M.A.; Guinea, M.</i>	519

PONENCIAS INVITADAS

LA ANTROPOLOGÍA FORENSE Y LAS TRANSACCIONES DE MEMORIA: HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UN *ETHOS* COLECTIVO DE PREVENCIÓN CON GARANTÍAS DE NO-REPETICIÓN

José Pablo Baraybar

Equipo Peruano de Antropología Forense (EPAF)

Resumen

La producción y aplicación del saber científico busca una articulación coherente con las necesidades de equilibrio y bienestar de la sociedad, por ello son crecientes los esfuerzos interdisciplinarios que conjugan ciencias naturales y sociales en pro de un mundo más equitativo. Así la antropología forense, disciplina que investiga los conflictos armados y la represión interna, trasciende la determinación, con fines legales, de las causas más probables de muerte de los restos esqueléticos, en búsqueda de una lectura de la semiótica de la violencia. Su aplicación en la investigación de violaciones a los derechos humanos ha generado importantes avances en la «jurisprudencia forense» y gracias a las intervenciones de los Tribunales Penales Internacionales y otros actores de la Sociedad Civil se ha logrado construir el «escenario más probable» al unir la memoria histórica y funcional, recuerdos (datos ante mortem) con pruebas irrefutables, en testimonios consensuados, contribuyendo así a las «transacciones de memoria» y a los procesos de reconciliación. Trascender la identidad grupal para lograr la individual y honrar el derecho a saber de las víctimas sobrevivientes, sin embargo, sigue siendo el mayor reto. Los estudios de ADN han generado grandes avances, pero no bastan, se requiere datos ante mortem, criterios homologables y fondos, y los factores limitantes pueden incluir desde la falta de voluntad política hasta la ausencia absoluta de referentes familiares.

Palabras Clave: escenario más probable, jurisprudencia forense, memoria, datos ante mortem, antropología forense, ADN, violaciones a los derechos humanos, procesos de reconciliación.

INTRODUCCIÓN

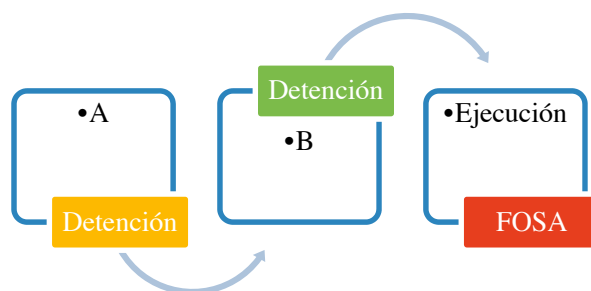
La caída de la dictadura argentina a principios de los años 80 fue el punto de inicio de la aplicación de la arqueología y de la antropología física a problemas sociales. La búsqueda de los miles de desaparecidos en este país condujo a la creación de este nuevo campo de trabajo, surgido más de la práctica que de la academia. Sin embargo, no fue sino 20 años después y debido a los grandes proyectos llevados a cabo por los fiscales del Tribunal Penal para Ruanda y la ex Yugoslavia que esta práctica se convirtiera en una sub disciplina aceptada de la antropología. Se condujo operaciones gigantescas que trataron (y lograron generalmente) recolectar ingentes cantidades de evidencia para el juicio de perpetradores de diversos crímenes contra la humanidad, pero por mucho tiempo nadie, o casi nadie, parecía percatarse, durante el ejercicio de recabar la «evidencia», que ésta estaba conformada por los restos de miles de personas desaparecidas, cuyos cuerpos, en muchos casos, solo sirvieron de muestra confirmatoria para corroborar una narrativa histórica. Vale, pues, preguntarse cuánto ha contribuido nuestra disciplina al cierre del duelo de quienes por generaciones persisten en su lucha por recuperar a sus seres queridos para dignificarlos y memorializarlos como individuos y no como colectivos.

La aparición de las pruebas de ADN generó un nuevo paradigma para la antropología, llevándolo de la identificación individual al estudio de las poblaciones y viceversa. Esto ha sido parte de la creciente aproximación entre las ciencias naturales y las ciencias sociales, donde se conjugan métodos y protocolos de diversas áreas como la tafonomía, el estándar Daubert, las colecciones de referencia, el análisis de trauma y los métodos cuantitativos en pro de extraer información más precisa sobre procesos que permitan realizar reconstrucciones probables de fenómenos desconocidos.

Todos estos cambios han fortalecido la aplicación de la antropología forense dentro del contexto legal. El estándar Daubert para la admisibilidad de la prueba (estándar del sistema federal norteamericano) ha permitido normar el uso de métodos y técnicas reproducibles y ha exigido que la tasa de error sea conocida. Sin embargo, por una parte tales avances han llegado también con una dependencia, cada vez mayor, a las técnicas científicas que no siempre están disponibles, y por otra, con la limitación de que la mayoría de enfoques sobre el problema gravitan sobre las expresiones del fenómeno del crimen y el hallazgo de los cuerpos y se piensa que la identificación de la víctima es entonces solo un problema técnico fácilmente solucionable pues se cuenta en la actualidad con los análisis de ADN. Pero hace falta un abordaje unificado, con el mayor conocimiento posible del problema y de las relaciones entre los factores que lo componen para poder alcanzar una identidad colectiva consensuada que propicia las garantías de no repetición y contribuya a los procesos de reconciliación.

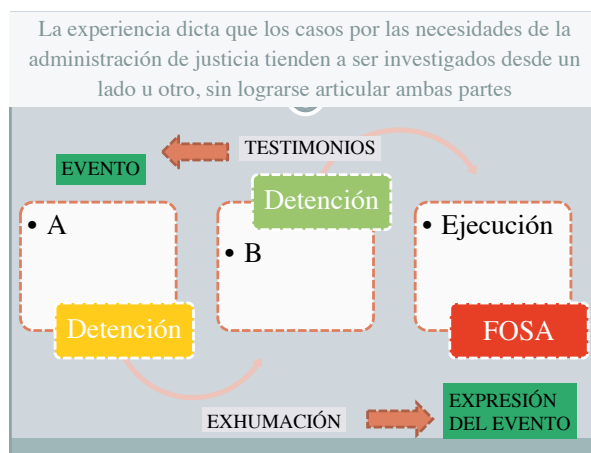
LA DESAPARICIÓN FORZADA Y LA IDENTIFICACIÓN DE LAS VÍCTIMAS

La desaparición forzada de personas es un fenómeno no-lineal, la persona es removida de su entorno pues la intención es que no se sepa más de ella y puede ser llevada a diferentes lugares antes de morir. Por lo tanto no existe una relación directa entre el lugar en el cual fue detenida o secuestrada y el lugar donde finalmente su cuerpo fue enterrado.



Es necesario ampliar el enfoque de la gran mayoría de las investigaciones, centradas, generalmente, en la expresión fenomenológica de la desaparición, el cementerio clandestino, la fosa común, pues el proceso de búsqueda requiere un mayor conocimiento del problema y de las relaciones entre los factores que lo componen. No basta tener un registro de la expresión fenomenológica de los hechos.

Por ejemplo, una vez hecho el hallazgo de entierros clandestinos, se puede pensar que la identificación de las víctimas será solo un problema técnico, pues se cuenta con ADN, pero la identificación de un individuo con frecuencia requiere un abordaje unificador de datos múltiples.



Algunas de las dificultades que presenta la identificación de personas desaparecidas son: 1. La ausencia de datos Ante Mortem, 2. La falta de criterios homologables y comparables en la individualización de los restos, principalmente edad y características individualizantes y 3. La ausencia de fondos suficientes para llevar a cabo las investigaciones.

UNIFICACIÓN DE DATOS - DATOS ANTE MORTEM Y ADN

Lamentablemente la recolección de datos *ante mortem* no siempre es considerada prioritaria dentro de una investigación forense sobre un conflicto armado, y no siempre es tomada en cuenta la premisa de que saber a quién buscamos facilitará la búsqueda. Es importante tomar en cuenta un número de variables de datos ante mortem. Compilar en un archivo individual de las víctimas desaparecidas que contenga datos sobre las características físicas (si le faltaba un diente o había tenido un hueso roto en algún momento previo de su vida), información espacio temporal de la desaparición y de la vida en general de la persona y una genealogía familiar de la persona que permitiría saber cuán útil sería el uso de ADN, son pasos clave.

En el caso de la comunidad de Putis¹, por ejemplo, se sometió a la muestra entera a pruebas de ADN (92 víctimas representadas por sus osamentas y docenas de muestras de familiares vivos)², pero las identificaciones hechas mediante ADN nuclear solo lograron identificar a 28 de las 92 personas, dadas las pocas familias vivas que pudieran dar muestras de referencia. Adicionalmente, se hizo comparaciones entre los mismos restos hallados en la fosa, pudiendo determinar que en efecto se apreciaban núcleos familiares más sin referencia biográfica que nos permitiera identificarlos con nombre y apellido. A esto sumamos el hecho de una marcada endogamia en la comunidad afectada, lo que excluyó el uso de técnicas alternativas como el ADN mitocondrial que de cualquier forma sería un recurso extraordinariamente costoso y quizás incluso inaccesible.

Durante la toma de datos *ante mortem* es importante considerar, entre otros factores, el componente espacial. Las desapariciones no son eventos aleatorios sino más bien dirigidos, estructurados y ocurren proporcionalmente a los recur-

¹ En el año 2008 el Equipo Peruano de Antropología Forense (EPAF), llevó a cabo la exhumación de una fosa común que contenía los restos de 92 personas asesinadas arbitrariamente en 1984 durante una incursión militar en la comunidad de Putis, Provincia de Huanta, Departamento de Ayacucho. Los hallazgos demostraron que la mitad de las víctimas eran niños. La comunidad de Putis en el curso del conflicto armado interno del Perú (1980-2000) perdió al 30% de su población.

² Baraybar, JP, Cardoza, CR, Lund, M y Vega MC. (2008). Dictamen pericial del examen de los restos recuperados de las fosas en la localidad de putis (ay-hun-san-pu-f01), distrito de san jose de secce, provincia de huanta, ayacucho.

sos con los que cuenta el grupo que los ejecuta. Así, mientras el ejército Serbio Bosnio pudo aniquilar a unos 8000 hombres en pocos días y enterrarlos en cientos de fosas comunes para luego trasladarlos a fosas secundarias, en el afán de destruir la evidencia, las Maras en Salvador solo realizan acciones limitadas en las que secuestran a una o dos personas a la vez y les dan muerte. Es clave indagar sobre dónde ocurrió la desaparición (dónde fue vista la víctima por última vez y si alguien presenció el acto) y a dónde podría haber sido llevada o si fue vista por alguien distinto a quien denunció el hecho. Si lográsemos tan solo colocar en un mapa los puntos de desaparición y los puntos de hallazgo de personas desaparecidas, podríamos empezar a reconstruir retrospectivamente la movilidad de personas y perpetradores y por tanto el modus operandi de estos últimos.

DATOS ANTE MORTEM Y LA ASIMETRÍA SOCIAL

Otro factor que hay que considerar es cómo hacer comparables los datos recuperados de un cadáver o un esqueleto a la información brindada por una familia. Durante las entrevistas, las familias aportan información sobre una persona, que según ellas, puede aún estar viva. Se registra entonces información sobre cicatrices, tatuajes y otros elementos corporales distintivos, pero la pregunta sigue siendo: ¿cuál es realmente el valor de saber que la persona tenía la cara redonda o el tatuaje en el brazo, si vamos a analizar un esqueleto? ¿Cómo podemos comparar la descripción literaria de la dentadura de un familiar desaparecido a los hallazgos en sus restos propiamente dichos? ¿Cuántas de las víctimas en los conflictos armados fueron en vida persona que visitaban a un dentista y cuántos de estos dentistas guardaban registros fidedignos que permitan la homologación con un odontograma post mortem? Por ejemplo en un estudio realizado entre dentistas Belgas se llegó a la conclusión que la baja respuesta al pedido de información puede ser un reflejo del hecho que los registros dentales tomados por los dentistas no son tan acuciosos como se espera³ señalaba que los registros tomados por dentistas en los Estados Unidos son muy pobres para ser usados en comparaciones AM/PM y que en muchos casos se obvian otros tantos para simplemente no declarar ingresos al fisco.

La recolección de la información es un proceso en el que el lenguaje cumple un papel importante. Se puede crear un léxico que nos presente múltiples opciones o variaciones de un mismo tema a una expresión específica, así un «diente de oro» puede ser una *corona fenestrada de metal amarillo* o un *inlay* o una *funda dorada*.

³ Dierickx A, Seyler M, De Valck E, Wijffels J, Willems G. (2006). Dental records: a Belgium study . The Journal of Forensic Odonto-Stomatology, Vol.24 No.1, June.

EDAD Y SEXO

Además del ADN y los datos *ante mortem*, la estimación de la edad juega un papel importante. En muchos casos, sin embargo, y por desviación de la práctica bio-arqueológica o simplemente antropológica, se trata de definir intervalos de edad restringidos, más útiles para un estudio demográfico que para la identificación individual. Esto a su vez nos hace, sin querer, excluir a personas dentro de un grupo más que incluirlas. En los tiempos del ADN, sin embargo, tenemos la tendencia a pensar a veces que tales elementos son solo detalles, pero ¿qué hacemos entonces con los hermanos con perfiles idénticos y sin características identificatorias individuales? La falta de estándares específicos a las comunidades para la estimación de edad en las poblaciones en las que trabajamos es un problema fundamental, pues por falta de opciones a veces seguimos aplicando estándares de maduración que, si bien siguen curvas similares, ocurren en momentos distintos. Shaefer y Black⁴, por ejemplo, llegaron a la conclusión que la maduración de los Bosnios sigue el mismo patrón que la de los Americanos, pero la realidad es que ocurre antes⁵, entre 1 y 3 años. Por suerte, hay cada vez más interés en la constitución de colecciones anatómicas contemporáneas que nos permitan derivar estándares más cercanos a las poblaciones con las que trabajamos, lo negativo es que tales esfuerzos se siguen dando en los lugares donde no ocurren crímenes contra la humanidad o tasas extremas de homicidio.

CALIDAD DE LAS VÍCTIMAS Y LA UNIVERSALIDAD DE LOS MODELOS DE ANÁLISIS

Esta última reflexión sobre la geografía del interés en la constitución de colecciones anatómicas nuevas, nos trae al problema más álgido que enfrenta la antropología en su rol dentro de procesos transicionales entre la guerra, la paz y la salud de una sociedad: la categoría, calidad o estatus de las víctimas. Existe una asimetría radical en los esfuerzos logrados en los procesos de búsqueda de los diferentes lugares del mundo. Demos algunos ejemplo, si en los Balcanes se estima un total de 100,000 víctimas mortales⁶, miles de ellas desaparecidas y hoy, 12 años después

⁴ Schaefer M. C. & Black S. M. (2005). Comparison of ages of epiphyseal union in North American and Bosnian skeletal material. *Journal of Forensic Sciences*, 50(4):777-84.

⁵ Op.cit.

⁶ Zwierzchowski J y Tabeau E. The 1992-95 war in Bosnia and Herzegovina: census-based Multiple system estimation of casualties' undercount. Conference Paper for the International Research Workshop on 'The Global Costs of Conflict' The Households in Conflict Network (HiCN) and The German Institute for Economic Research (DIW Berlin) 1-2 February 2010, Berlin. Link: http://www.icty.org/x/file/About/OTP/War_Demographics/en/bih_casualty_undercount_conf_paper_100201.pdf

que se iniciara el multimillonario proceso de identificación, se ha logrado identificar al 70%. Por su parte, después de la muerte en Ruanda 750,000 personas en solo tres meses simplemente no hubo proceso identificatorio alguno. La respuesta de tal asimetría es obvia y uno dirá, tal vez en *sotto voce* «es África», pero en realidad no hay que ir hasta África para encontrar desaparecidos: el costo de la Guerra Civil Española se estima en más de 130,000 desaparecidos⁷, cifra aún discutida, pero sin duda elevada y sin embargo no existe un esfuerzo sistemático, coordinado para dar respuestas a las familias.

¿Pero el precio de la vida y de la muerte en un lugar u otro no debería ser le mismo? Hay esfuerzos, a veces aislados, por revertir esa tendencia, es cierto, pero no son suficientes y se ha avanzado poco en este aspecto. Los fondos se asocian a las políticas de la memoria establecidas por agendas políticas, las cuales a su vez son financiadas por quienes pagan sus impuestos y en muchos casos llevan a esos políticos al poder. El colectivo escoge recordar a este más no a aquel, o considerar criminal lo que en otras partes pueda ser considerado un daño «colateral».

Un aporte importante de la antropología forense ha sido la producción de un corpus de elementos que ha ayudado en muchas causas penales contra perpetradores de actos atroces, y aunque estos avances estén confinados a la explicación de procesos, es un hecho que han permitido, de alguna manera, generar medidas preventivas y de no repetición que potencialmente protegen al colectivo de víctimas de tales violaciones. «Jurisprudencia forense» es el nombre que hemos dado a esta compilación de testimonios y datos sobre eventos específicos, que resulta aplicable en contextos distintos a los que le dieron forma. Estos avances fueron posibles durante la última década de la intervención del Tribunal Penal Internacional para la ex Yugoslavia, cuando se usó, en la elaboración de sus sentencias por Crímenes contra la Humanidad y Genocidio, entre otros, evidencia antropológico forense de diversa complejidad. Sin embargo, esta llamada «jurisprudencia forense» sigue siendo mayoritariamente desconocida en las jurisdicciones locales y regionales de América Latina, más aún, en aquellos países que enfrentan situaciones de conflicto armado interno donde ocurren violaciones al Derecho Internacional Humanitario (DIH) o al Derecho Internacional de los Derechos Humanos (DIDH)⁸.

Resalta de este corpus de información, lo que podríamos denominar la Demografía del Genocidio, esas marcadas diferencias en la distribución etaria de las

⁷ Observaciones preliminares del Grupo de Trabajo sobre las Desapariciones Forzadas o Involuntarias de la ONU al concluir su visita a España <http://www.ohchr.org/SP/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=13800&LangID=S>

⁸ Kimmerle EH y Baraybar JP. (2008). *Skeletal Trauma: Identification of Injuries Resulting from Human Rights Abuse and Armed Conflict*. CRC Press, Boca Raton.

víctimas de una población que es eliminada por su condición étnica, racial o religiosa. Es valiosa también la observación de las diferencias entre las lesiones ¿qué lesiones ocurren en combatientes y no combatientes? Cuando una población desarmada es atacada por un grupo militar o paramilitar, vale observar las lesiones e interpretarlas desde un marco más bien demográfico e epidemiológico. Se puede generar un modelo para el diagnóstico de tortura basado en traumatismos torácicos y la proporcionalidad en el uso de la fuerza también puede ser detectada a través de lesiones en restos de víctimas de desaparición forzada.

Lo más interesante de un modelo basado en el estudio de las lesiones es su aplicabilidad a contextos geográficos y culturales radicalmente distintos. Se genera un modelo vigente, pues es la naturaleza eminentemente humana de los actos la que trasciende fronteras.

UNIVERSOS CAMBIANTES

Como hemos señalado anteriormente, el sentido común dicta que para resolver un problema es menester conocer sus diversas dimensiones y aristas y los desaparecidos no escapan a esta máxima, más bien la representan. Las cifras de los desaparecidos son siempre inexactas. España es el segundo país del mundo después de Camboya con mayor número de desaparecidos durante la guerra civil⁹, con alrededor de 114 mil desaparecidos, según cifras oficiales, aun cuando haya cálculos que elevan esa cifra a casi 200 mil en total¹⁰. Se asume, sin embargo, que muchas de estas personas son desaparecidas no en virtud de la práctica de la desaparición forzada de personas sino por el hecho que los cuerpos no fueron devueltos a sus familiares y enterrados de manera digna y hay quienes consideran cifras aún más altas. Entender las variaciones en las cifras es básico en los procesos de búsqueda. En Argentina, la CONADEP¹¹ estimó 8960 casos de desaparición forzada que luego se convirtieron en 30.000 aunque no sin crear un debate que hasta hoy continúa. En el Perú, hace 10 años la Comisión de la Verdad presentó una lista de 8558 casos que con el tiempo se convirtieron en 15731, cifra que se maneja hoy en día. De modo que sin un conocimiento más claro y preciso del universo que debemos buscar, recuperar, identificar y restituir, no será posible trazar una estrategia de búsqueda efectiva.

⁹ Comunicado de Prensa de Asociación Judicial Jueces para la Democracia. Link: <http://www.juecesdemocracia.es/txtComunicados/2013/09octubre13.htm>

¹⁰ Antony Beevor, *La Guerre d'Espagne*, Calmann-Lévy, 2006, págs. 180-181

¹¹ Informe *Nunca Más* Comisión Nacional sobre la Desaparición de Personas (CONADEP) Argentina. 1984. Editorial Eudeba. Referencia electrónica: <http://www.derechoshumanos.net/lesahumanidad/informes/argentina/informe-de-la-CONADEP-Nunca-mas-Indice.htm#C2>

LA ANTROPOLOGÍA FORENSE Y EL SUR GLOBAL

Finalmente, cabe reflexionar si es que realmente existe un Sur Global, que parafraseando a Mario Benedetti, enfrenta a diario una voluntad de olvido tan antigua como nuestra mal llamada conquista. ¿En qué puede ayudar la antropología forense en el contexto del Sur Global? ¿Cuál es nuestra contribución científica como forenses, arqueólogos o antropólogos? En este sentido, la reflexión recae sobre los elementos estratégicos que nos permiten aplicar nuestra ciencia, las tácticas, como prefiero llamarlas, las recetas para poder aproximarnos a los problemas en las investigaciones sobre las violaciones a los derechos humanos en cualquier lugar, adaptándonos a la realidad de los recursos disponibles.

La condición de víctima, con frecuencia, no inicia con el conflicto armado, muchas víctimas de este tipo de crímenes han sufrido siempre la violación de sus derechos y el reclamo de su derecho a la verdad es solo parte de su transición hacia una verdadera ciudadanía y hacia ir más allá de la búsqueda de pruebas para el ajusticiamiento y la clasificación de los crímenes.

Como ya hemos mencionado, la tendencia general es a considerar los procesos de búsqueda como procesos estrictamente judiciales, es decir, procesos en los cuales la búsqueda de evidencia es tal vez el elemento más importante y donde la identidad individual se convierte más bien en accesoria y supeditada a las determinaciones de identidad grupal o categórica. Si se logra determinar por ciertos atributos y asociaciones que los cuerpos inhumados en una fosa dada son de musulmanes, la necesidad de saber si este cuerpo o aquel es de tal o cual persona se vuelve secundaria y la evidencia recolectada ya se vuelve suficiente para lo que se requiere probar.

Esto ocurrió en los Balcanes. La caída de Srebrenica, calificada como delito de Genocidio, implicó la muerte de 8000 hombres en menos de una semana. Luego que el Tribunal Penal Internacional lograra el cometido de tipificar al grupo como musulmán y proveniente de Srebrenica y compuesto fundamentalmente por hombres edad de combate, su labor se dio por finalizada. Sin embargo, el Comité Internacional de Personas Desaparecidas (ICMP por sus siglas en inglés) empezó luego el proceso de identificación que en 12 años ha logrado identificar y reasociar las partes de 6877 personas y en total de 16945 personas desaparecidas en los Balcanes desde 1991, esto es el 70% de las víctimas con una inversión multimillonaria principalmente proveniente de los Estados Unidos y países de la Unión Europea incluyendo, España¹².

¹² Jukic E. ICMP to finish its work in Bosnia. Birn, 15 June 2012. Link: <http://www.balkaninsight.com/en/article/icmp-finished-70-per-cent-identification-in-bosnia>

Por otro lado, en las aproximadamente 750,000 personas muertas en Ruanda en tres meses, o los 5 millones de víctimas en la República Democrática del Congo no se aplicó una inversión similar. En Guatemala, por su parte, la Fundación de Antropología Forense de Guatemala inició un ambicioso proyecto en el cual se han exhumado hasta el momento los restos de al menos 14,358 personas provenientes de 5 fosas comunes en el cementerio general de La Verbena donde se presume pudieron terminar los restos de 889 personas desaparecidas. Se implementó incluso un laboratorio de ADN, el más moderno de la región con certificación ISO 17025, pero hasta el momento se han identificado a 3 personas.

En el Perú, donde se ha reportado 15,731 casos de desapariciones forzadas entre 1983 y el 2000, el Estado peruano ha recuperado los cuerpos de 2.407 personas. De éstas, 1.574 ya tenían identidad conocida; eran víctimas de ejecuciones extrajudiciales, enterradas por sus familiares. Las 833 restantes son personas sin identidad conocida y probablemente desaparecidas, de las cuales el Estado no ha podido identificar a ninguna; de estas 127 fueron identificadas por organizaciones de la sociedad civil, como el EPAF y en los últimos 10 años solo se ha logrado identificar al 0.8% de los desaparecidos.

El éxito o fracaso en la identificación de personas desaparecidas no depende finalmente de los medios o la tecnología disponible solamente, sino más bien de las políticas de memoria que rigen la manera como el mundo, y finalmente nosotros los investigadores de los casos también, nos vemos forzados a recordar o memorializar a unos más que a otros. Así, al final, nosotros los científicos, los innovadores de la ciencia, somos calladamente guiados a través de licitaciones, convocatorias y demás opciones, a seguir ciertos parámetros que permitan al final memorializar asimétricamente crímenes terribles todos, y expiar algunos pecados pero olvidar otros y de alguna manera contribuir a una hipocresía general en la que no todos los muertos valen lo mismo.

Es importante valorar los logros alcanzados y aprender a emplear la jurisprudencia establecida por la evidencia de la primera sentencia por tortura en una Corte Internacional en el proceso seguido contra Limaj y asociados (IT-03-66-PT), por dar un ejemplo. El diagnóstico diferencial de la tortura, definida en base al examen de las estructuras del tórax y otros mecanismos lesionales que pueden simular este tipo de prácticas, no solo pertenecen a un caso en particular.

La importancia del análisis epidemiológico de las lesiones que en los esqueletos definen la «causa de muerte más probable» y su distribución, comparadas a las esperadas de conflictos armados tradicionales puede tener un valor transversal a muchos conflictos. Este llamado enfoque «epidemiológico» ha sido utilizado con éxito en los procesos contra Brđanin (IT-99-36-T) y Milutinovic y asociados (IT-99-37); y se basa en las diferencias tanto por mecanismo lesional como por distribución anatómica esperada en las víctimas de conflictos armados tradicionales.

El rol del perito en este tipo de casos y la creciente necesidad de pericias interpretativas que permitan a los sistemas judiciales utilizarlas de la manera más racional en sus sentencias debe ser subrayado. Esto implica la utilización de sistemas inductivos-deductivos que si bien limitan la interpretación pericial a los hechos no las circunscriben a descripciones de carácter positivista que no permiten a los letrados (por definición no especialistas) utilizar tales informaciones.

CONCLUSIÓN

Cualquier intento por abordar el tema de los desaparecidos debe considerar la dimensión del problema y, de acuerdo a ello, emplear las técnicas adecuadas y las familias de las víctimas son pues actores calve en la búsqueda. En exhumaciones masivas de fosas clandestinas, puede resultar más sencillo determinar las causas y circunstancias de la muerte que determinar la identidad de las víctimas para su posterior restitución a los familiares. Por ello es necesario crear una memoria tangible sobre la existencia de cada víctima con datos *ante mortem* y la familia es la primera fuente de información. Se requiere un corpus de datos específicos sobre cada persona que incluya, tanto información contextual sobre la desaparición como características físicas (tatuajes, fracturas, medidas). Es también valiosa la información sobre ropa y objetos que llevaba consigo, pues el reconocimiento de ropa es de mucho valor en las comunidades más pobres, que son la mayoría. La genealogía de la persona juega también un papel muy importante para referencias de ADN.

Si las familias generan una memoria tangible de la existencia de alguien, entonces desafían al olvido y a la negación del hecho mismo, por ello, en un proceso de reconciliación, la recolección de datos ante mortem es un ejercicio catártico de suma importancia. Al obligar al familiar a evocar una memoria específica y reconstruir objetivamente cómo era su ser querido antes de su desaparición, más allá de la reconstrucción literaria del evento de desaparición, se le está transformando en actor protagonista de un proceso de reconstrucción y memoria. De esta forma el familiar contribuye en la formulación de las estrategias de búsqueda y así dignifica y recupera memoria. Las familias convertidas en sujetos de un proceso y ya no en objetos de un mero recuento histórico, pueden dignificar su duelo por un evento traumático que les pertenece y afecta estructuralmente.

La historia contemporánea, en cuanto a la búsqueda de desaparecidos e investigaciones sobre violaciones de los derechos humanos muestra, claramente, un «política de la memoria». No todos los desaparecidos, muertos y torturados son iguales. La construcción de la memoria pasa por filtros y es sujeta a escrutinio para poder consolidar memorias hegemónicas. Tal vez la primera crítica a la antropología forense sea la falta de criterios homologables a los casos que ocurren en nuestro

cotidiano. Asumimos *a priori* que habrá condiciones idóneas como la existencia de registros médicos o dentales, o la posibilidad de que tal o cual patología enciclopédica pueda tener un correlato con los casos que tenemos, pero olvidamos que la mayor parte de la gente del mundo no va al dentista y ha crecido sin atención médica y que gran parte de las patologías que usamos como indicadores de calidad de vida no sean sintomáticas y solo demuestran la poca calidad de vida que las poblaciones contemporáneas experimentan; e incluso ante la ausencia de estos datos, todavía pensamos que el ADN será la solución.

La sostenibilidad del esfuerzo debe ser pues una de las metas fundamentales para lograr una ciencia más activista y así poder enfrentar los desafíos que impone la realidad. El tipo de evidencia utilizada en algunos de los procesos del Tribunal Penal Internacional para la ex Yugoslavia son aplicables a casos ocurridos en América Latina. El diagnóstico de tortura en restos esqueletizados y el enfoque epidemiológico para la discriminación entre matanzas contra civiles desarmados y enfrentamientos entre grupos armados son un ejemplo claro de ello.

Todos los conflictos violentos de este período histórico merecen y deben ser atendidos, pero muchos, como podría ser el caso de la Guerra Civil Española y las desapariciones en Perú, aunque no hayan aún sido incluidos en la demografía del Genocidio. Una verdadera re-evaluación de las narrativas culturales que nos definen debe reconocer que todos los conflictos son igualmente importantes.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a Rebeca Blackwell por el apoyo prestado en la preparación y edición de esta contribución.

REFERENCIAS

- Equipo Peruano de Antropología Forense (EPAF). Informe del Proyecto Memoria de los Desaparecidos. Informe al Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR). Lima, 2006.
- Equipo Peruano de Antropología Forense (EPAF). Dictamen pericial del examen de los restos recuperados de las fosas en la localidad de putis (ay-hun-san-pu-f01), distrito de san Jose de Secce, Provincia de Huanta, Ayacucho. Informe presentado a la Fiscalía de la Nacion. Lima 2008.
- Schaefer M. C. & Black S. M. Comparison of ages of epiphyseal union in North American and Bosnian skeletal material. *Journal of Forensic Sciences*, 50(4):777-84, 2005.
- Dierickx A, Seyler M, De Valck E, Wijffels J, Willems G. Dental records: a Belgium study. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, Vol.24 No.1, June, 2006.

Zwierzchowski J y Tabeau E. The 1992-95 War in Bosnia and Herzegovina: census-based on multiple system estimation of casualties' undercount. Conference paper for the International Research Workshop on 'The Global Costs of Conflict' The Households in Conflict Network (HiCN) and The German Institute for Economic Research (DIW Berlin) 1-2 February 2010, Berlin. Link: http://www.icty.org/x/file/About/OTP/War_Demographics/en/bih_casualty_undercount_conf_paper_100201.pdf

Observaciones preliminares del Grupo de Trabajo sobre las Desapariciones Forzadas o Involuntarias de la ONU al concluir su visita a España, 30 de setiembre del 2013. Link: <http://www.ohchr.org/SP/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=13800&LangID=S>

Antony Beevor, *La Guerre d'Espagne*, Paris. Calmann-Lévy, 2006.

Kimmerle EH y Baraybar JP. *Skeletal Trauma: Identification of Injuries Resulting from Human Rights Abuse and Armed Conflict*. CRC Press, Boca Raton, 2008.

Jukic E. ICMP to finish its work in Bosnia. *Birn*, 15 June 2012. Link: <http://www.balkaninsight.com/en/article/icmp-finished-70-per-cent-identification-in-bosnia>

**ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA HUMANA EN LA
ERA DE LOS GENOMAS COMPLETOS**

**ANALYSIS OF THE HUMAN GENETIC DIVERSITY IN THE ERA
OF COMPLETE GENOMES**

Comas, D.

Institut de Biologia Evolutiva (CSIC-UPF), Departament de Ciències Experimentals
i de la Salut, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona
Doctor Aiguader 88, 08003 Barcelona
Tel: +34 93 3160843
Fax: +34 93 3160901
e-mail: david.comas@upf.edu

Resumen

El estudio de la diversidad genética de la especie humana se ha basado en datos indirectos de nuestro genoma, como la diversidad de algunas proteínas, o en datos parciales, ya sea por la falta de representatividad de algunas poblaciones o por el enfoque de análisis de solo algunos fragmentos cromosómicos o de genomas uniparentales. Gracias al avance de las tecnologías de secuenciación empezamos a disponer de datos completos de genomas de distintos grupos poblacionales cuyo mayor exponente es el proyecto internacional de los mil genomas (*1000 genomes*) que pretende secuenciar completamente unos 2500 individuos de distintas poblaciones humanas. A pesar del esfuerzo tecnológico del proyecto, existen algunas limitaciones como por ejemplo la baja cobertura de secuenciación y la poca representatividad de algunos grupos humanos en el análisis. Una de las regiones geográficas de más interés es el continente africano, por el hecho de ser el origen de nuestra especie, por la diversidad de hábitats y ecosistemas a los que han tenido que adaptarse las distintas poblaciones africanas y al mayor tamaño efectivo de dichas poblaciones. De todos modos, el análisis de genomas completos de diferentes regiones geográficas va a proporcionarnos una visión no sesgada de nuestra diversidad como especie que nos va a permitir definir aspectos demográficos y adaptativos que han pasado desapercibidos hasta el momento.

Palabras clave: genomas completos, genética de poblaciones, diversidad humana, demografía, adaptación.

Abstract

The analysis of the genetic diversity of the human species has been based on indirect data of our genome, such as protein diversity, or on partial data coming from unrepresentative human populations and focused on the analysis of partial chromosomal fragments and uniparental genomes. Due to the improvement of the sequencing technologies, data from complete genomes from diverse populations are becoming available. The landmark of this improvement is the international 1000 genomes project that aims to sequence around 2500 individuals from several human populations. Despite the technological effort of the project, there are some limitations such as the low sequencing coverage and the lack of some representative populations in the analysis. One of the most relevant geographic areas to study is the African continent for different reasons including the origin of our species, the diversity of habitats and ecosystems to which the African populations have had to adapt, and the larger effective size of these populations. After all, the analysis of complete genomes from different geographic regions is going to provide us the unbiased knowledge of our species diversity and will reveal unexplored demographic and adaptive aspects of our genomes.

Keywords: complete genomes, population genetics, human diversity, demography, adaptation.

El análisis de la diversidad genética humana nos ha permitido establecer inferencias a distintos niveles. De más general a más individual, hemos podido situar nuestra especie dentro de la diversidad de la vida, localizar la posición filogenética de los humanos entre los primates, analizar las diferencias intraespecíficas tanto a nivel global como a nivel microgeográfico, hasta el estudio de la variación individual en familias y genealogías. Estas inferencias genéticas nos han permitido analizar los dos grandes grupos de procesos que han diversificado genéticamente nuestra especie: los procesos demográficos que incluyen aspectos de migración, deriva y mezcla; y los procesos adaptativos a los que se han tenido que enfrentar las poblaciones humanas durante la dispersión y colonización de los distintos continentes.

Para llevar a cabo estas inferencias genéticas hemos utilizado distintos marcadores genéticos dependiendo de las facilidades tecnológicas de cada momento y de las cuestiones científicas que se han querido abordar. Estos marcadores presentan una serie de ventajas y limitaciones, tanto tecnológicas como conceptuales (Tabla 1). En un inicio, los estudios de diversidad biológica humana se basaron en el análisis de marcadores indirectos de nuestro genoma, los denominados marcadores genéticos *clásicos* que incluyen productos de nuestro genoma (proteínas plasmáticas y enzimas eritrocitarios, entre otras) y no variantes genómicas propiamente dichas. Tales estudios permitieron una primera aproximación a la diversidad biológica humana para hacer inferencias sobre aspectos adaptativos y demográficos, cuyo máximo exponente es la recopilación exhaustiva efectuada por Cavalli-

Sforza et al. (1994). Estos trabajos basados en la diversidad genética detectada de manera indirecta se basan en el estudio de frecuencias alélicas utilizando un centenar de individuos de una población en regiones autosómicas específicas y actualmente se realizan directamente sobre el ADN. El análisis de variantes en genes implicados en el fenotipo de los individuos, incluyendo aspectos biomédicos, ha permitido hacer inferencias sobre la funcionalidad y adaptación de estas variantes, aunque el bajo número de polimorfismos utilizados en algunos análisis limita la resolución de algunos de estos estudios y las conclusiones que podemos extraer se centran exclusivamente en aquella región genómica que se analiza, ignorando el contexto genómico global.

Tabla 1

Ejemplos de marcadores genéticos utilizados para el análisis de la diversidad genética humana, número de individuos necesarios por población y ventajas e inconvenientes de su utilización

Marcador genético	N. individuos	Propiedades
Frecuencias alélicas autosomas (ej. genes de susceptibilidad)	~ 100	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de fenotipos • Falta de resolución
Genomas uniparentales (ej. mtDNA – cromosoma Y)	~ 50	<ul style="list-style-type: none"> • Filogeografía • Linajes sexuales • Información genómica parcial
Marcadores genómicos (ej. Microarrays de SNPs)	~ 20	<ul style="list-style-type: none"> • Buena representación genómica • Sesgo en la elección de marcadores
Genomas completos	1-10	<ul style="list-style-type: none"> • Información exhaustiva • Análisis en proceso de desarrollo

Una de las herramientas más utilizadas desde finales de los ochenta y principios de los noventa del siglo pasado (Cann et al., 1987; Vigilant et al., 1991) y más fructíferas en el estudio de la diversidad genómica ha sido el análisis de genomas uniparentales, es decir, el ADN mitocondrial (mtDNA) y el cromosoma Y. Su éxito se debe a la simplicidad de su análisis debido a la falta de recombinación que permite identificar linajes, trazar su filogenia con facilidad y detectar discrepancias demográficas entre hombres y mujeres en poblaciones concretas. Además, el exhaustivo análisis de estos marcadores ha permitido establecer una refinada filogeografía de estos linajes y disponemos en estos momentos de una clara distribución geográfica de la diversidad de linajes uniparentales (van Oven Kayser 2009; Karafet et al. 2008). Sin embargo, no debemos olvidar que los linajes uniparentales representan una porción muy limitada de nuestro genoma y que su tamaño efectivo es mucho menor que el de los autosomas, lo que les hace más susceptibles a la

deriva genética. Por lo tanto, las conclusiones que podemos obtener de su estudio pueden no ser representativas del global del genoma de los individuos.

En la última década se ha producido un incremento de análisis basados en la diversidad de todo el genoma. Estos análisis se han visto favorecidos por la aparición de microarrays comerciales de marcadores tipo SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) ampliamente utilizados en los estudios de asociación para caracteres complejos, donde un grupo control y un grupo definido por un carácter específico, ya sea un fenotipo determinado o una enfermedad, se comparan mediante el empleo de centenares de miles de marcadores a lo largo de todo el genoma (WGAS, *Whole Genome Association Studies*). La utilización de estas baterías de alta densidad de marcadores distribuidos por todos los cromosomas nos aporta una comprensión global de todo nuestro material genético y permite evitar el sesgo que producimos al analizar regiones concretas que nos dan una visión parcial del genoma, como en el caso de los linajes uniparentales. En los estudios donde se pretende analizar aspectos demográficos y/o adaptativos de distintas poblaciones, la gran cantidad de marcadores utilizados nos permite reducir el número de individuos a analizar por población. Estos estudios globales del genoma se están realizando tanto para esclarecer aspectos demográficos a nivel continental o microgeográfico (Li et al., 2008; Lao et al., 2008; Novembre et al., 2008; Henn et al., 2011; Henn et al., 2012; Haber et al., 2013; Botigué et al., 2013) como para detectar regiones genómicas implicadas en procesos adaptativos concretos (Candille et al. 2012; Alkorta-Aramburu et al. 2012; entre otros) incluyendo enfermedades complejas humanas (como en el paradigmático estudio de Wellcome Trust Case Control Consortium 2007). Además de la información aportada por la diversidad de los marcadores analizados y debido a la gran densidad de estos, es posible obtener la información aportada por el desequilibrio de ligamiento de los marcadores genómicos: las variantes genómicas no se heredan independientemente si no que se heredan en bloques de variantes contiguas que se reorganizan a lo largo de las generaciones debido a la recombinación cromosómica. Observando la variación de los marcadores y la diversidad y longitud de los bloques de desequilibrio de ligamiento podemos estimar procesos adaptativos y demográficos, como por ejemplo fenómenos de selección positiva que a grandes rasgos producen una reducción de la diversidad y una presencia de bloques más extensos, o fenómenos de mezcla reciente de poblaciones donde también se observa una presencia de largos bloques de desequilibrio de ligamiento y gran diversidad de estos bloques. A pesar de la gran cantidad de información que están aportando estos estudios genómicos, existen algunas limitaciones importantes en su diseño. El problema principal es el sesgo que se produce en la elección de los marcadores analizados (*ascertainment bias*): los marcadores descritos en una población concreta pueden ser específicos de esa población y no ser variables en otras poblaciones, lo que producirá una menor diversidad al aplicar su estudio a otras poblaciones. Además, parte de la diversidad

existente en la población bajo estudio pasará desapercibida debido a que no se han utilizado variantes específicas de esta población.

Una manera objetiva de eliminar el sesgo en la elección de marcadores es la secuenciación exhaustiva de todo el genoma, de esta manera, no se produce una selección de los marcadores ya que se analizan todas las variantes genómicas existentes en cada individuo. Este sencillo razonamiento ha sido inalcanzable hasta el momento debido a los ingentes costes de secuenciación y a su dificultad tecnológica. Después de la publicación del genoma humano (The International Human Genome Sequencing Consortium 2004) y gracias al progreso de las técnicas de secuenciación de ADN denominadas de «próxima generación» que han permitido una reducción de costes y una accesibilidad tecnológica, se han producido los primeros estudios de variación genética humana basados en el análisis de genomas completos de distintas poblaciones humanas (Bentley et al. 2008; Wang et al. 2008; Wheeler et al. 2008; Schuster et al. 2010; Lachance et al. 2012, entre otros). El paradigma de estos estudios se ha concentrado en el proyecto internacional de los mil genomas (*1000 genomes*, www.1000genomes.org) iniciado en el 2008 y que ya ha aportado el primer catálogo de la variación humana con los primeros resultados de 1092 individuos de 14 poblaciones humanas (The 1000 Genomes Project Consortium 2012). En subsiguientes fases, el proyecto pretende secuenciar unos 2500 individuos de 26 poblaciones humanas representativas de diferentes continentes. Este proyecto ha sentado las bases y ha generado el desarrollo de las herramientas necesarias para la gestión de la información obtenida. La cantidad y tipo de información generada por las técnicas de secuenciación de última generación están creando nuevos retos bioinformáticos no existentes hasta el momento y que todavía se están explorando. De todos modos, además de estos nuevos retos, existen algunas limitaciones en el proyecto de los 1000 genomas como la baja cobertura de secuenciación y la representatividad de algunas poblaciones humanas. A diferencia de las técnicas clásicas de secuenciación que efectúan centenares de lecturas de cada base del ADN, las tecnologías de última generación aportan un número limitado de lecturas medias por cada base. En el caso del proyecto de los 1000 genomas, la cobertura de secuencia por individuo, es decir, el número medio de lecturas de cada base aportado en la primera fase es de 5 (lo que normalmente se expresa como 5X), lo que limita la fidelidad de los genotipos debido a que es altamente probable que con esta cobertura se proceda a la lectura de solo uno de los alelos de los cromosomas homólogos. Para poder disponer con fidelidad de la información de todas las variantes de un individuo, se requieren coberturas superiores a 20X (Nielsen et al., 2011). En cuanto a la segunda limitación del proyecto, la representatividad de las poblaciones bajo estudio, parece que las fases 2 y 3 del proyecto carecen de muestras de tres grandes áreas geográficas (Australia y el Pacífico, norte de Asia y Asia central, y el Norte de África y Oriente Próximo), así como de diversos grupos étnicos minoritarios.

En nuestro grupo de investigación hemos planteado un proyecto piloto de secuencias de genomas completos de algunos individuos africanos con el objetivo de explorar la diversidad a nivel genómico de estas poblaciones. Los humanos hemos habitado el continente africano durante más tiempo que cualquier otro territorio y dichas poblaciones han mantenido un tamaño efectivo mayor que las poblaciones no africanas. Ambas condiciones han provocado una mayor diversidad genética en África. Entender la variación genética existente entre grupos étnicos y geográficos en África nos permite reconstruir la compleja historia del continente y cómo se ha forjado gran parte de la diversidad genética humana. En nuestro proyecto hemos empezado a analizar datos de 21 individuos de 15 poblaciones africanas que incluyen los mayores grupos lingüísticos (afroasiáticos, nilo-saharianos, niger-congo y khoisánidos), ecológicos (sabana, selva, desierto,...), y de estilo de vida (cazadores-recolectores, agricultores,...) del continente basándonos en genomas completos con una alta cobertura ($>20X$). Hemos detectado más de 10 millones de variantes nucleotídicas (SNPs), gran parte de ellas no descritas hasta el momento, y hemos observado una clara correlación entre orígenes geográficos, historia demográfica reciente y diversidad genética de los individuos analizados. El análisis de las secuencias completas de los genomas uniparentales (ADN mitocondrial y cromosoma Y) muestran linajes típicamente africanos con algunas variantes nuevas que pueden servir para definir nuevos sublinajes en futuros estudios. Respecto al análisis de la diversidad genómica autosómica, los grupos de cazadores-recolectores muestran más diferenciación comparados con el resto de individuos, mientras que los hablantes de lenguas bantúes son más homogéneos genéticamente y presentan indicios de mezcla reciente con los grupos cazadores-recolectores vecinos. Los individuos norte-africanos están genéticamente próximos a las poblaciones no africanas, en concordancia con un acontecimiento de separación reciente y flujo genético continuo. Análisis coalescentes basados en la heterocigosidad y longitud de fragmentos individuales (*Pairwise sequential Markovian coalescent analysis*, PSMC, Li Durbin 2011) revelan distintas historias demográficas en África, siendo los norte-africanos, los San y los pigmeos, las poblaciones con diferentes patrones de tamaños poblacionales: los individuos norte-africanos presentan un patrón similar a los individuos no africanos, con un menor tamaño efectivo, mientras que los individuos cazadores-recolectores muestran tamaños efectivos mayores que el resto de individuos analizados. Además, el estudio extensivo de las secuencias completas de individuos africanos nos permite profundizar en el análisis de migraciones, de regiones genómicas implicadas en procesos adaptativos, e incluso en la detección de flujo génico de poblaciones arcaicas africanas en nuestra especie (Hammer et al., 2011).

A pesar de la revolución metodológica y analítica que está suponiendo el estudio de genomas completos para explorar la diversidad biológica humana, muchos de los aspectos que nos interesan resolver desde la antropología biológica pueden

y deben ser abordados mediante el análisis de regiones parciales y marcadores genéticos habituales. Por ejemplo, por el momento no tiene sentido ni económico, ni metodológico, ni científico, abordar el papel adaptativo de un gen o una región candidata mediante la secuenciación de todo un individuo. Aunque la secuenciación completa de individuos va a ser una referencia en los próximos años, debemos diseñar con cautela las estrategias que mejor puedan resolver las cuestiones biológicas que nos interesa descifrar para economizar tiempo y esfuerzos innecesarios.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer al comité organizador del XVIII Congreso de la Sociedad Española de Antropología Física por la invitación y la oportunidad de presentar estas reflexiones en Bilbao durante el citado congreso.

REFERENCIAS

- Alkorta-Aranburu G., Beall C.M., Witonsky D.B., Gebremedhin A., Pritchard J.K., Di Rienzo A. (2012) The genetic architecture of adaptation to high altitude in Ethiopia. *PLoS Genet* 8(12):e1003110.
- Bentley D.R., Balasubramanian S., Swerdlow H.P., Smith G.P., Milton J., Brown C.G., Hall K.P., Evers D.J., Barnes C.L., Bignell H.R., Boutell J.M., Bryant J., Carter R.J., Keira Cheetham R., Cox A.J., Ellis D.J., Flatbush M.R., Gormley N.A., Humphray S.J., Irving L.J., Karbelashvili M.S., Kirk S.M., Li H., Liu X., Maisinger K.S., Murray L.J., Obradovic B., Ost T., Parkinson M.L., Pratt M.R., Rasolonjatovo I.M., Reed M.T., Rigatti R., Rodighiero C., Ross M.T., Sabot A., Sankar S.V., Scally A., Schroth G.P., Smith M.E., Smith V.P., Spiridou A., Torrance P.E., Tzonev S.S., Vermaas E.H., Walter K., Wu X., Zhang L., Alam M.D., Anastasi C., Aniebo I.C., Bailey D.M., Bancarz I.R., Banerjee S., Barbour S.G., Baybayan P.A., Benoit V.A., Benson K.F., Bevis C., Black P.J., Boodhun A., Brennan J.S., Bridgham J.A., Brown R.C., Brown A.A., Buermann D.H., Bundu A.A., Burrows J.C., Carter N.P., Castillo N., Chiara E. Cate-nazzi M., Chang S., Neil Cooley R., Crake N.R., Dada O.O., Diakoumakos K.D., Dominguez-Fernandez B., Earnshaw D.J., Egbujor U.C., Elmore D.W., Etchin S.S., Ewan M.R., Fedurco M., Fraser L.J., Fuentes Fajardo K.V., Scott Furey W., George D., Gietzen K.J., Goddard C.P., Golda G.S., Granieri P.A., Green D.E., Gustafson D.L., Hansen N.F., Harnish K., Haudenschild C.D., Heyer N.I., Hims M.M., Ho J.T., Horgan A.M., Hoshler K., Hurwitz S., Ivanov D.V., Johnson M.Q., James T., Huw Jones T.A., Kang G.D., Kerelska T.H., Kersey A.D., Khrebtukova I., Kindwall A.P., Kingsbury Z., Kokko-Gonzales P.I., Kumar A., Laurent M.A., Lawley C.T., Lee S.E., Lee X., Liao A.K., Loch J.A., Lok M., Luo S., Mammen R.M., Martin J.W., McCauley P.G., McNitt P., Mehta P., Moon K.W., Mullens J.W., Newington T., Ning Z., Ling Ng B., Novo S.M., O'Neill M.J., Osborne M.A., Osnowski A., Ostadan O., Paraschos

- L.L., Pickering L., Pike A.C., Pike A.C., Chris Pinkard D., Pliskin D.P., Podhasky J., Quijano V.J., Raczy C., Rae V.H., Rawlings S.R., Chiva Rodriguez A., Roe P.M., Rogers J., Rogert Bacigalupo M.C., Romanov N., Romieu A., Roth R.K., Rourke N.J., Ruediger S.T., Rusman E., Sanches-Kuiper R.M., Schenker M.R., Seoane J.M., Shaw R.J., Shiver M.K., Short S.W., Sizto N.L., Sluis J.P., Smith M.A., Ernest Sohna Sohna J., Spence E.J., Stevens K., Sutton N., Szajkowski L., Tregidgo C.L., Turcatti G., Vandevondele S., Verhovsky Y., Virk S.M., Wakelin S., Walcott G.C., Wang J., Worsley G.J., Yan J., Yau L., Zuerlein M., Rogers J., Mullikin J.C., Hurler M.E., McCooke N.J., West J.S., Oaks F.L., Lundberg P.L., Klenerman D., Durbin R., Smith A.J. (2008) Accurate whole human genome sequencing using reversible terminator chemistry. *Nature* 456:53-59.
- Botigué L.R., Henn B.M., Gravel S., Maples B.K., Gignoux C.R., Corona E., Atzmon G., Burns E., Ostrer H., Flores C., Bertranpetit J., Comas D., Bustamante C.D. (2013) Gene flow from North Africa contributes to differential human genetic diversity in southern Europe. *Proc Natl Acad Sci USA* 110:11791-11796.
- Candille S.I., Absher D.M., Beleza S., Bauchet M., McEvoy B., Garrison N.A., Li J.Z., Myers R.M., Barsh G.S., Tang H., Shriver M.D. (2012) Genome-wide association studies of quantitatively measured skin, hair, and eye pigmentation in four European populations. *PLoS One* 7(10):e48294.
- Cann R.L., Stoneking M., Wilson A.C. (1987). Mitochondrial DNA and human evolution. *Nature* 325:31-36.
- Cavalli-Sforza L.L., Menozzi P., Piazza A. (1994). The History and Geography of Human Genes. Princeton: Princeton University Press
- Haber M., Gauguier D., Youhanna S., Patterson N., Moorjani P., Botigué L.R., Platt D.E., Matisoo-Smith E., Soria-Hernanz D.F., Wells R.S., Bertranpetit J., Tyler-Smith C., Comas D., Zalloua P.A. (2013) Genome-wide diversity in the Levant reveals recent structuring by culture. *PLoS Genet* 9(2):e1003316.
- Hammer M.F., Woerner A.E., Mendez F.L., Watkins J.C., Wall J.D. (2011) Genetic evidence for archaic admixture in Africa. *Proc Natl Acad Sci USA* 108:15123-15128.
- Henn B.M., Botigué L.R., Gravel S., Wang W., Brisbin A., Byrnes J.K., Fadhlouli-Zid K., Zalloua P.A., Moreno-Estrada A., Bertranpetit J., Bustamante C.D., Comas D. (2012) Genomic ancestry of North Africans supports back-to-Africa migrations. *PLoS Genet* 8(1):e1002397.
- Henn B.M., Gignoux C.R., Jobin M., Granka J.M., Macpherson J.M., Kidd J.M., Rodríguez-Botigué L., Ramachandran S., Hon L., Brisbin A., Lin A.A., Underhill P.A., Comas D., Kidd K.K., Norman P.J., Parham P., Bustamante C.D., Mountain J.L., Feldman M.W. (2011) Hunter-gatherer genomic diversity suggests a southern African origin for modern humans *Proc Natl Acad Sci USA* 108:5154-5162.
- Karafet T.M., Mendez F.L., Meilerman M.B., Underhill P.A., Zegura S.L., Hammer M.F. (2008) New binary polymorphisms reshape and increase resolution of the human Y chromosomal haplogroup tree. *Genome Res* 18:830-838.

- Lachance J., Vernot B., Elbers C.C., Ferwerda B., Froment A., Bodo J.M., Lema G., Fu W., Nyambo T.B., Rebbeck T.R., Zhang K., Akey J.M., Tishkoff S.A. (2012) Evolutionary history and adaptation from high-coverage whole-genome sequences of diverse African hunter-gatherers (2012) *Cell* 150:457-469.
- Lao O., Lu T.T., Nothnagel M., Junge O., Freitag-Wolf S., Caliebe A., Balascakova M., Bertranpetit J., Bindoff L.A., Comas D., Holmlund G., Kouvatsi A., Macek M., Molllet I., Parson W., Palo J., Ploski R., Sajantila A., Tagliabracci A., Gether U., Werge T., Rivadeneira F., Hofman A., Uitterlinden A.G., Gieger C., Wichmann H.E., Rütther A., Schreiber S., Becker C., Nürnberg P., Nelson M.R., Krawczak M., Kayser M. (2008) Correlation between genetic and geographic structure in Europe. *Curr Biol* 18:1241-1248.
- Li H., Durbin R. (2011) Inference of human population history from individual whole-genome sequences. *Nature* 475:493-496.
- Li J.Z., Absher D.M., Tang H., Southwick A.M., Casto A.M., Ramachandran S., Cann H.M., Barsh G.S., Feldman M., Cavalli-Sforza L.L., Myers R.M. (2008) Worldwide human relationships inferred from genome-wide patterns of variation. *Science* 319:1100-1104.
- Nielsen R., Paul J.S., Albrechtsen A., Song Y.S. (2011) Genotype and SNP calling from next-generation sequencing data. *Nat Rev Genet* 12:443-451.
- Novembre J., Johnson T., Bryc K., Kutalik Z., Boyko A.R., Auton A., Indap A., King K.S., Bergmann S., Nelson M.R., Stephens M., Bustamante C.D. (2008) Genes mirror geography within Europe. *Nature* 456:98-101.
- Schuster S.C., Miller W., Ratan A., Tomsho L.P., Giardine B., Kasson L.R., Harris R.S., Petersen D.C., Zhao F., Qi J., Alkan C., Kidd J.M., Sun Y., Drautz D.I., Bouffard P., Muzny D.M., Reid J.G., Nazareth L.V., Wang Q., Burhans R., Riemer C., Wittekindt N.E., Moorjani P., Tindall E.A., Danko C.G., Teo W.S., Buboltz A.M., Zhang Z., Ma Q., Oosthuysen A., Steenkamp A.W., Oostuisen H., Venter P., Gajewski J., Zhang Y., Pugh B.F., Makova K.D., Nekrutenko A., Mardis E.R., Patterson N., Pringle T.H., Chiaromonte F., Mullikin J.C., Eichler E.E., Hardison R.C., Gibbs R.A., Harkins T.T., Hayes V.M. (2010) Complete Khoisan and Bantu genomes from southern Africa. *Nature* 463:943-947.
- The 1000 Genomes Project Consortium, Abecasis G.R., Auton A., Brooks L.D., DePristo M.A., Durbin R.M., Handsaker R.E., Kang H.M., Marth G.T., McVean G.A. (2012) An integrated map of genetic variation from 1,092 human genomes. *Nature* 491:56-65.
- The International Human Genome Sequencing Consortium (2004) Finishing the euchromatic sequence of the human genome. *Nature* 431:931-945.
- van Oven M., Kayser M. (2009). Updated comprehensive phylogenetic tree of global human mitochondrial DNA variation. *Hum Mutat* 30:E386–E394.
- Vigilant L., Stoneking M., Harpending H., Hawkes K., Wilson A.C. (1991) African populations and the evolution of human mitochondrial DNA. *Science* 253:1503-1507.

- Wang J., Wang W., Li R., Li Y., Tian G., Goodman L., Fan W., Zhang J., Li J., Zhang J., Guo Y., Feng B., Li H., Lu Y., Fang X., Liang H., Du Z., Li D., Zhao Y., Hu Y., Yang Z., Zheng H., Hellmann I., Inouye M., Pool J., Yi X., Zhao J., Duan J., Zhou Y., Qin J., Ma L., Li G., Yang Z., Zhang G., Yang B., Yu C., Liang F., Li W., Li S., Li D., Ni P., Ruan J., Li Q., Zhu H., Liu D., Lu Z., Li N., Guo G., Zhang J., Ye J., Fang L., Hao Q., Chen Q., Liang Y., Su Y., San A., Ping C., Yang S., Chen F., Li L., Zhou K., Zheng H., Ren Y., Yang L., Gao Y., Yang G., Li Z., Feng X., Kristiansen K., Wong G.K., Nielsen R., Durbin R., Bolund L., Zhang X., Li S., Yang H., Wang J. (2008) The diploid genome sequences of an Asian individual. *Nature* 456:60-65.
- Wellcome Trust Case Control Consortium (2007) Genome-wide association study of 14,000 cases of seven common diseases and 3,000 shared controls. *Nature* 447:661-678.
- Wheeler D.A., Srinivasan M., Egholm M., Shen Y., Chen L., McGuire A., He W., Chen Y.J., Makhijani V., Roth G.T., Gomes X., Tartaro K., Niazi F., Turcotte C.L., Irzyk G.P., Lupski J.R., Chinault C., Song X.Z., Liu Y., Yuan Y., Nazareth L., Qin X., Muzny D.M., Margulies M., Weinstock G.M., Gibbs R.A., Rothberg J.M. (2008) The complete genome of an individual by massively parallel DNA sequencing. *Nature* 452:872-876.

EL ORIGEN DE LOS PRIMEROS EUROPEOS: ÁFRICA *VERSUS* EURASIA

María Martínón-Torres

Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH).

Paseo Sierra de Atapuerca s/n, 09002 Burgos

Email: maria.martinon.torres@gmail.com

Resumen

Nuestra comprensión de la ocupación humana de Europa Occidental durante el Pleistoceno Inferior ha cambiado de forma significativa durante las dos últimas décadas. Nuevos fósiles humanos como los de los yacimientos de Atapuerca-Sima del Elefante (ca. 1.2 millones de años [Ma]) o Atapuerca-Gran Dolina TD6 (ca. 900.000 años) han obligado a reconsiderar hipótesis previas sobre el tiempo y modo del primer poblamiento europeo por lo que proponemos un nuevo modelo teórico evolutivo. Después de una primera salida de África, la colonización de Europa puede haber sido el resultado de varias migraciones originadas en una zona central de Eurasia (CADE) desde la cual los homínidos se habrían dispersado hacia el este y el oeste del gran continente siempre y cuando las condiciones biogeográficas y paleoambientales lo hubieran permitido. Además, nuestros estudios sugieren que los cursos evolutivos de los continentes africano y euroasiático han sido relativamente independientes y el peso de Asia en la colonización de Europa habría sido mayor que el de África. A la luz de la evidencia paleontológica y de los nuevos estudios sobre ADN antiguo, apuntamos la necesidad de explorar escenarios evolutivos que observen la persistencia, coexistencia e incluso cruzamiento de poblaciones de origen primitivo con linajes más recientes.

INTRODUCCIÓN

Existe una idea generalizada de que todos los homínidos euroasiáticos son el resultado de un número variable de expansiones demográficas fuera de África, condicionadas por cambios climáticos o ambientales, presiones demográficas o la competición por los recursos con otros homínidos culturalmente diferentes [p.e., 1, 2-4].

Sin embargo, durante los últimos años, el hallazgo de fósiles humanos en Eurasia [p.e., 5, 6-10] obliga a una reconsideración del peso que el continente africano ha tenido en el poblamiento humano de Europa [11-13]. Un debate actualizado sobre el origen de los primeros europeos obliga a incorporar esta evidencia, en particular la que proporcionan los fósiles humanos hallados en la Sierra de Atapuerca (Figura 1), y que constituyen hasta la fecha la evidencia humana más antigua y completa para investigar quiénes fueron los primeros europeos [p.e., 7, 9, 14, 15]. Estas extraordinarias colecciones han sido fundamentales para la presentación de un nuevo modelo teórico que explique la evolución del género *Homo* en Eurasia durante el Pleistoceno, con un énfasis particular en Europa. Este modelo representa una hipótesis de trabajo en la que se sugiere que 1) la evolución humana de Eurasia y África ha sido relativamente independiente y 2) el patrón de poblamiento ha consistido en múltiples dispersiones e interacciones complejas como extinciones, recolonizaciones, sustituciones e hibridaciones entre «especies paleontológicas» [13, 16-20].

Figura 1

De izquierda a derecha fósiles representativos de los tres yacimientos de la Sierra de Atapuerca que han proporcionado restos humanos: Sima de los Huesos (300-500 ka), Gran Dolina-TD6 (860-950 ka) y Sima del Elefante (1.2 millones de años)



HOMO ANTECESSOR: LA VENTANA A LA MODERNIDAD

Los fósiles humanos recuperados hasta la fecha en el nivel TD6 del yacimiento de la Gran Dolina de Atapuerca y asignados a la especie *Homo antecessor* [21] constituyen la especie humana más antigua de Europa, y están datados entre 860-950.000 años [22-24]. La combinación única de caracteres en esta población, una cara moderna con una dentición sin embargo primitiva llevó al equipo de Atapuerca a nombrar una nueva especie humana, *Homo antecessor* [25]. Las características dentales primitivas incluían, entre otras, el desarrollo de un cíngulo en premolares y molares, crenulaciones del esmalte profusas, asimetría de la corona del primer premolar inferior, gran tamaño en molares y sistemas radiculares complejos y robustos [26-28].

Sin embargo, esta población presentaba rasgos derivados respecto a los fósiles del Pleistoceno Inferior de África y Asia, tales como un aumento significativo de la capacidad craneal, estimada en más de 1000 cc [29], y una arquitectura craneofacial que se ha interpretado como «moderna» ya que se desmarca de las configuraciones primitivas identificadas en representantes tempranos del género *Homo* y *H. ergaster*. La cara de ATD6-69, un individuo adolescente, y la de los adultos (ATD6-19 y ATD6-58) presentan una conformación más moderna que cualquiera de los homínidos africanos del Pleistoceno Inferior, caracterizados por pronunciados prognatismos [29]. Un estudio reciente que compara los patrones de deposición y reabsorción ósea de KNM-WT 15000 (*H. ergaster*) y ATD6-69 [30] revela además que *H. antecessor* comparte un patrón de crecimiento óseo facial similar al de las poblaciones humanas mientras que el niño de Turkana, comparte un patrón básicamente primitivo y similar al de chimpancés [30]. A estos estudios se suma la identificación de un patrón de desarrollo dental moderno, la evidencia más antigua que se tiene de este, y que ratificaría los cambios biológicos y de desarrollo que se dieron en una población humana de casi un millón de años y que habrían de heredar posteriormente *H. sapiens* y *H. neanderthalensis* [31, 32].

Homo antecessor fue inicialmente propuesto como el mejor candidato a representar al último ancestro común de poblaciones humanas modernas y neandertales, debido a la identificación de tres sinapomorfías craneales y faciales compartidas entre los tres grupos: una escama del temporal alta y convexa, un canal incisivo vertical y anterior, y una marcada prominencia nasal [21, 33]. Aunque hallados en el extremo más occidental de Europa, los homínidos de la Gran Dolina presentaban una constelación de caracteres anatómicos y biológicos que apuntaban a un evento de especiación crucial, el que habría de preceder al origen de *H. sapiens* y *H. neanderthalensis*. Además se propuso un origen africano para los humanos de Gran Dolina-TD6, pero estas interpretaciones estaban claramente influidas por el marco africo-centrista del pensamiento de la época y se fundamentaban en la expresión de rasgos básicamente plesiomorfos.

El aumento del hipodigma de *H. antecessor*, desde el año 2005, permitió profundizar en la caracterización de este homínido y reveló que existían mayores similitudes entre los fósiles europeos y asiáticos que entre estos y los humanos del continente africano. El análisis de nuevos fragmentos mandibulares, como ATD6-96 [8] (Figura 2) y ATD6-113 [9] revelaron semejanzas entre *H. antecessor* y los fósiles de *H. erectus* de China, sobre todo en gracilidad y dimensiones. Además, algunos investigadores apuntaban también a las similitudes medio-faciales existentes entre *H. antecessor* y fósiles asiáticos como los de los yacimientos de Nanjing [29, 34, 35], Dali y Zhoukoudian [36] y que alejaban a los fósiles europeos de los del continente africano (Figura 3). El registro fósil sugería que *H. antecessor* presentaba vínculos más próximos con los humanos del Pleistoceno de Asia que con los de África. Sin embargo, la evidencia fundamental para proponer un origen asiático partió del análisis detallado de más de 5000 piezas dentales de prácticamente todas las especies reconocidas del género *Australopithecus* y *Homo* [12].

Figura 2
Vista oclusal (arriba) y lateral (abajo) de la mandíbula ATD6-96
de *H. antecessor*

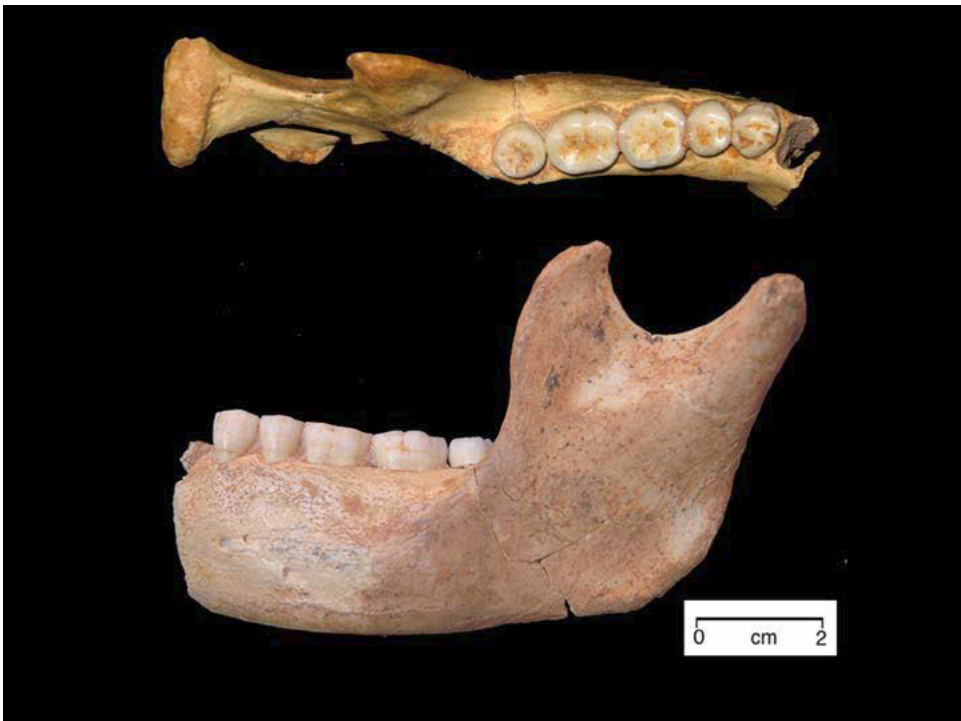


Figura 3
 A la izquierda ATD6-69 de *H. antecessor* y a la derecha reconstrucción de
 Violet et al., 2010 del fósil asiático de Nanjing



LA EVIDENCIA AL DENTE

Tanto el estudio fenético como el cladístico de la dentición permitieron la identificación de un bloque dental Euroasiático y un bloque dental Africano con diferentes tendencias morfológicas y evolutivas para las denticiones anterior y posterior [12]. El bloque africano incluía especies como *A. africanus*, *A. afarensis*, *H. habilis*, *H. ergaster* y *H. mauritanicus*, mientras en el bloque euroasiático encontramos a *H. antecessor*, *H. erectus s.s.*, *H. heidelbergensis* y *H. neanderthalensis*. *H. sapiens* y *H. georgicus* mostraban una posición intermedia entre ambos patrones dentales. La identificación de estos patrones dentales bien diferenciados para las especies halladas en África y en Eurasia, que se mantenían intactos desde el Pleistoceno Inferior hasta la aparición (inclusive) de los neandertales en el Pleistoceno Superior sugería que el curso evolutivo de los continentes africano y euroasiático había sido relativamente independiente durante la mayoría del Pleistoceno Inferior y Medio. Las denticiones anteriores del bloque euroasiático se caracteriza-

ban por su «robustez morfológica» con altas frecuencias de características «mass additive» [término de 37] como forma en pala, derivados cingulares, reborde mesial del canino o gran convexidad labial. Aunque estos rasgos no eran exclusivos de estos grupos, las altas prevalencias de sus grados de expresión más pronunciados eran típicas de las poblaciones europeas del Pleistoceno Medio y de *H. neanderthalesis*, y podría rastrearse su aparición en *H. antecessor* y *H. erectus* de Java y de China [12, 27]. Destacamos entre estas características la forma en pala triangular, con una convexidad labial pronunciada y una superficie oclusal en «V» por el desarrollo de un surco estrecho secundario a la forma en pala tan marcada [12]. En la dentición posterior, los fósiles euroasiáticos mostraban rasgos cualitativos derivados de la reducción dental como la pérdida de cúspides en molares superiores e inferiores, la simplificación de las superficies oclusales o la aparición de patrones de surcos diferentes del driopitecino [12]. También expresaban altas frecuencias de características que clásicamente se habían considerado típicas de los neandertales, como una cresta media del trigónido continua con una fovea anterior corta y profunda, o una cresta transversa continua en segundos premolares inferiores [38-40]. En contraste, las denticiones anteriores de los homínidos hallados en África presentaban frecuencias bajas de estas características «mass additive», mientras en sus denticiones posteriores ocurría lo contrario, se producía un aumento significativo de cúspides accesorias y rasgos que complicaban profusamente la superficie oclusal.

Todos estos rasgos permitían inferir que los europeos y los asiáticos habrían compartido un ancestro común más próximo entre ellos que con los africanos. Apuntaba pues a un origen euroasiático para *H. antecessor*, no necesariamente en la parte más oriental de Asia, sino posiblemente en una zona más próxima y estratégicamente importante, como el Próximo Oriente y, sobre todo, aportaba un marco interpretativo diferente para muchas de las características anatómicas estudiadas habitualmente. Muchos rasgos generalmente interpretados como típicos de los neandertales, no eran apomorfías neandertales sino en realidad características primitivas, presentes ya en una población de cerca de un millón de años de antigüedad, como *H. antecessor*, y que en su particular combinación, altas frecuencias y grados de expresión pronunciada se interpretarían como el patrón típico de los neandertales. Esta misma idea se ratificaba con el análisis de algunos elementos postcraneales como el húmero [41] o la clavícula [42].

UN NUEVO MODELO: OUT OF ASIA AND INTO EUROPE

Incorporando la nueva evidencia fósil y teniendo en cuenta los datos biogeográficos hemos propuesto un nuevo modelo teórico para explicar los primeros asentamientos europeos y que se puede encontrar con más detalle en Martínón-Torres et al.,

2010 [13] y en Bermúdez de Castro y Martín-Torres, 2012 [43]. En este modelo la colonización de Europa respondería a una dinámica de poblaciones menos lineal de lo que se ha considerado hasta ahora, observando la posibilidad de diversas migraciones y pulsos de poblaciones desde un área de dispersiones central, habitada de forma constante, que se llamaría población origen (source population). Esa zona de «residencia» de esa población de origen estaría posiblemente localizada en el Próximo Oriente, y la denominaríamos por su abreviación en inglés como CADE (Central Area of Dispersals of Eurasia) [43]. El CADE no estaría conectado con África oriental de forma constante. Esta población origen experimentaría su propia evolución en el CADE, cambiando su genotipo por mutación y selección natural. Esos cambios se reflejarían en los diferentes pulsos de *demes* a Europa y Asia oriental. Estas paleodemes sufrirían frecuentes procesos de expansión y contracción con sustituciones y extinciones locales de grupos durante los periodos glaciales [20]. El clima y las barreras geográficas contribuirían al aislamiento ocasional de las poblaciones de origen y las periféricas o hijas, favoreciendo procesos de deriva genética y variaciones alélicas aleatorias en sus descendientes. También durante estas dispersiones las poblaciones pueden sufrir diferentes procesos evolutivos tales como la deriva genética, el efecto fundador, adaptaciones locales y, finalmente, la especiación alopatrica. Poblaciones con un origen común y reciente que ocupen un mismo territorio podría cruzarse dadas sus similitudes genéticas, y a pesar de las variaciones. Ya en el año 2003, sugerimos la posibilidad de un escenario evolutivo para Europa en el que las poblaciones del Pleistoceno Inferior (representadas por los homínidos de Gran Dolina-TD6) eran reemplazadas o genéticamente absorbidas por la llegada de una nueva población a Europa (representada por los homínidos de la Sima de los Huesos) [16]. Este patrón complejo de dispersiones intermitentes y de posibles mezclas entre homínidos ha ganado renovada actualidad a la luz de los análisis moleculares del genoma neandertal y el de los «denisovanos» [17-19, 44] pues se perfila un escenario donde linajes primitivos habrían persistido en el tiempo coexistiendo, e incluso cruzándose genéticamente con homínidos de origen más recientes.

REFERENCIAS

1. Carbonell, E., et al., *Out of Africa: The Dispersal of the Earliest Technical Systems Reconsidered*. Journal of Anthropological Archaeology, 1999. **18**(119-136).
2. Bar-Yosef, O., *Early colonizations and cultural continuities in the Lower Palaeolithic of western Asia*, in *Early human behavior in global context: the rise and diversity of the Lower Palaeolithic record*, M.D. Petraglia and R. Korisettar, Editors. 1998, Routledge: London. p. 221-279.
3. Mithen, S. and M. Reed, *Stepping out: a computer simulation of hominid dispersal from Africa*. Journal of Human Evolution, 2002. **43**(4): p. 433-462.

4. Templeton, A., *Out of Africa again and again*. *Nature*, 2002. **416**(6876): p. 45-51.
5. Gabunia, L., et al., *Earliest Pleistocene Hominid Cranial Remains from Dmanisi, Republic of Georgia: Taxonomy, Geological Setting, and Age*. *Science*, 2000. **288**(5468): p. 1019-1025.
6. Vekua, A., et al., *A New Skull of Early Homo from Dmanisi, Georgia*. *Science*, 2002. **297**(5578): p. 85-89.
7. CARBONELL, E., et al., *The first hominin of Europe*. *Nature*, 2008. **452**(465-469).
8. Carbonell, E., et al., *An Early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6, Spain*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005. **102**(16): p. 5674-5678.
9. Bermúdez de Castro, J.M., et al., *A new early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6, Spain*. *Journal of Human Evolution*, 2008. **55**(4): p. 729-735.
10. Lordkipanidze, D., et al., *A Complete Skull from Dmanisi, Georgia, and the Evolutionary Biology of Early Homo*. *Science*, 2013. **342**(6156): p. 326-331.
11. Dennell, R. and W. Roebroeks, *An Asian perspective on early human dispersal from Africa*. *Nature*, 2005. **438**: p. 1099-1104.
12. Martínón-Torres, M., et al., *Dental evidence on the hominin dispersals during the Pleistocene*. *Proceedings of the Natural Academy of Science USA*, 2007. **104**(33): p. 13279-13282.
13. Martínón-Torres, M., R. Dennell, and J.M. Bermúdez de Castro, *The Denisova hominin need not be an out of Africa story*. *Journal of Human Evolution*, 2010.
14. Martínón-Torres, M., et al., *Early Pleistocene human mandible from Sima del Elefante (TE) cave site in Sierra de Atapuerca (Spain): A palaeopathological study*. *Journal of Human Evolution*, 2011. **61**(1): p. 1-11.
15. Bermúdez de Castro, J.M., et al., *New human evidence of the Early Pleistocene settlement of Europe, from Sima del Elefante site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain)*. *Quaternary International*, 2009. **In Press**.
16. Bermúdez de Castro, J.M., et al., *Gran Dolina-TD6 versus Sima de los Huesos dental samples from Atapuerca: evidence of discontinuity in the European Pleistocene population?* *Journal of Archaeological Science*, 2003. **30**: p. 1421-1428.
17. Reich, D., et al., *Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia*. *Nature*, 2010.
18. Green, R.E., et al., *A complete neandertal mitochondrial genome sequence determined by high-throughput sequencing*. *Cell*, 2008. **134**: p. 416-426.
19. Krause, J., et al., *The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia*. *Nature*, 2010. **464**(7290): p. 894-897.
20. Dennell, R.W., M. Martínón-Torres, and J.M. Bermúdez de Castro, *Hominin variability, climatic instability and population demography in Middle Pleistocene Europe*. *Quaternary Science Reviews*, 2010.

21. Bermúdez de Castro, J.M., et al., *A Hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: Possible Ancestor to Neandertals and Modern Humans*. *Science*, 1997. **276**(5317): p. 1392-1395.
22. Berger, G.W., et al., *Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain*. *Journal of Human Evolution*, 2008. **55**(2): p. 300-311.
23. Parés, J.M., et al., *Reassessing the age of Atapuerca-TD6 (Spain): new paleomagnetic results*. *Journal of Archaeological Science*, 2013. **40**(12): p. 4586-4595.
24. Falguères, C., *ESR dating and the human evolution: contribution to the chronology of the earliest humans in Europe*. *Quaternary Science Reviews*, 2003. **22**(10-13): p. 1345-1351.
25. Bermúdez de Castro, J.M., et al., *A Hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: Possible Ancestor to Neandertals and Modern Humans*. *Science*, 1997. **276**(5317): p. 1392-1395.
26. Bermúdez de Castro, J.M., A. Rosas, and M.E. Nicolás, *Dental remains from Atapuerca-TD6 (Gran Dolina site, Burgos, Spain)*. *Journal of Human Evolution*, 1999. **37**: p. 523-566.
27. Martínón-Torres, M., *Evolución del aparato dental en homínidos: estudio de los dientes humanos del Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca (Burgos)*. 2006, Universidad de Santiago de Compostela.
28. Gómez-Robles, A., et al., *Geometric morphometric analysis of the crown morphology of the lower first premolar of hominins, with special attention to Pleistocene Homo*. *Journal of Human Evolution*, 2008. **55**(4): p. 627-638.
29. Arsuaga, J.L., et al., *The human cranial remains from Gran Dolina Lower Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Spain)*. *Journal of Human Evolution*, 1999. **37**: p. 431-457.
30. Lacruz, R.S., et al., *Facial Morphogenesis of the Earliest Europeans*. *PlosOne*, 2013. **8**: p. 1-7.
31. Bermúdez de Castro, J.M., et al., *A modern human pattern of dental development in Lower Pleistocene hominids from Atapuerca-TD6 (Spain)*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1999. **96**(7): p. 4210-4213.
32. Bermúdez de Castro, J.M., et al., *New immature hominin fossil from European Lower Pleistocene shows the earliest evidence of a modern human dental development pattern*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010. **107**(26): p. 11739-11744.
33. Martínez, I. and J.L. Arsuaga, *The temporal bones from Sima de los Huesos Middle Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Spain). A phylogenetic approach*. *Journal of Human Evolution*, 1997. **33**: p. 283-318.
34. Wang, Q. and P.V. Tobias, *Review of the phylogenetic position of Chinese Homo erectus in light of midfacial morphology*. *Acta Anthropologica Sinica*, 2000. **19**: p. 26-36.

35. Vialet, A., et al., *Homo erectus from the Yunxian and Nankin Chinese sites: Anthropological insights using 3D virtual imaging techniques*. *Comptes Rendus Palevol*, 2010. **9**(6-7): p. 331-339.
36. Pope, G.G., *Craniofacial evidence for the origin of modern humans in China*. *Yearbook of Physical Anthropology*, 1992. **35**: p. 243-298.
37. Irish, J.D., *Ancestral dental traits in recent sub-Saharan Africans and the origins of modern humans*. *Journal of human evolution*, 1998. **34**: p. 81-98.
38. Bailey, S.E. and J.M. Lynch, *Diagnostic differences in mandibular P4 shape between Neandertals and anatomically modern humans*. *American Journal of Physical Anthropology*, 2005. **126**(3): p. 268-277.
39. Bailey, S.E., M.M. Skinner, and J.J. Hublin, *What lies beneath? An evaluation of lower molar trigonid crst patterns based on both dentine and enamel expression*. *American Journal of Physical Anthropology*, 2011.
40. Martínón-Torres, M., et al., *Morphological description and comparison of the dental remains from Atapuerca-Sima de los Huesos site (Spain)*. *Journal of Human Evolution*, 2012. **62**: p. 7-58.
41. Bermúdez de Castro, J.M., et al., *Early pleistocene human humeri from the gran dolina-TD6 site (sierra de atapuerca, spain)*. *American Journal of Physical Anthropology*, 2012. **147**(4): p. 604-617.
42. Carretero, J.M., J.L. Arsuaga, and C. Lorenzo, *Clavicles, scapulae and humeri from the Sima de los Huesos Site (Sierra de Atapuerca, Spain)*. *Journal of Human Evolution*, 1997. **33**: p. 357-408.
43. Bermúdez de Castro, J.M. and M. Martínón-Torres, *A new model for the evolution of the human Pleistocene populations of Europe*. *Quaternary International*, 2013. **295**(0): p. 102-112.
44. Callaway, E. (2013) *Mystery humans spiced up ancients' sex lives*. *Nature*, DOI: doi:10.1038/nature.2013.14196.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la organización del XVIII Congreso de la SEAF, y muy especialmente a la Dr. Conchi de la Rúa, por su amable invitación a participar en este magnífico congreso. Un agradecimiento especial también para la Dr. Montse Hervella por su ayuda y amabilidad.

**BIOLOGÍA ESQUELÉTICA
Y ANTROPOLOGÍA FORENSE**

TAPHOS-M. THAPHONOMICAL AND ANTHROPOLOGICAL PROJECT. HUMAN OSTEOBIOGRAPHY USING *SUS SCROFA DOMESTICA* MODEL

Armentano, N.^{1,2}; Nociarová, D.^{1,2}; Torres, M.³; Pedro, M.⁴; Subirana, M.⁵; Malgosa, A.²

¹ Antropòlegs.LAB

² GROB-UAB Universitat Autònoma de Barcelona, Unitat d'Antropologia Biològica

³ Grup de Recerques de les Terres de Ponent

⁴ SERP Universitat de Barcelona

⁵ Institut de Medicina Legal de Catalunya

Núria Armentano

Antropòlegs.LAB, C/ Rossend Arús 46, baixos 1^a. 08014 Barcelona.

93.332.64.18; 639.05.82.63

armentano.nuria@gmail.com

Resumen

TAPHOS-m es el nombre de la investigación científica que pretende estudiar los efectos que tiene la estructura funeraria sobre la descomposición de un cuerpo. Se trata de un proyecto de antropología y arqueología experimental pionero en España que tiene por objetivo analizar las diferencias esqueléticas que presentan los cuerpos según el tipo de estructura funeraria en la que han sido inhumados.

En la provincia de Lleida se ha adecuado un espacio de unos 120 metros cuadrados donde poder realizar el estudio. Actualmente ya se han efectuado 26 inhumaciones individuales de cerdos (*sus scrofa domestica*). Cada una de ellas cuenta con un registro de datos que permite controlar el máximo posible de variables tanto relativas al cuerpo (edad, sexo, peso, medidas, día de la muerte y del entierro, patología, causa de muerte...) como a la estructura (fosa simple, estructura de piedras, estructura de *tegula*...), como a otras circunstancias del clima y características de la inhumación (posición exacta del cuerpo y extremidades, aplicación eventual de cal, envoltorios de ropa...).

Palabras clave: Tafonomía, arqueología experimental, antropología experimental, articulación anatómica.

INTRODUCCIÓN

TAPHOS-m es el nombre de la investigación científica que pretende estudiar los efectos que tiene la estructura funeraria sobre la descomposición de un cuerpo. Se trata de un proyecto de antropología y arqueología experimental pionero en España que tiene por objetivo analizar las diferencias esqueléticas que presentan los cuerpos según el tipo de estructura funeraria en la que han sido inhumados.

La *Antropología del campo* se enfrenta habitualmente al estudio de restos humanos que muestran distintos niveles de conservación, y a posibles desarticulaciones o desplazamientos de los elementos óseos. Aunque a partir de un análisis tafonómico es posible entender y reconstruir hechos relacionados con la muerte y el depósito funerario, e identificar los factores responsables de la conservación y articulación diferencial de los restos, aún hay muchas lagunas en la esfera paleoantropológica. Con esta investigación se pretende realizar aportaciones teóricas y metodológicas capaces de reconstruir la historia y evolución seguida por los restos inhumados con unas características y contexto determinados.

Siguiendo los ejemplos de la disciplina arqueológica, que basa las conclusiones de la arqueología experimental en procesos medidos, documentados y planificados cuidadosamente para que los resultados tengan validez científica (Outram 2008), en Cataluña se ha adecuado un espacio en las afueras de un pueblo de Lleida que recrea distintas condiciones de tipologías funerarias, y se han realizado una serie de inhumaciones de cerdos (*sus scrofa domestica*) registrando en todo momento distintas variables.

Aunque actualmente hay proyectos de arqueología experimental (Ferguson 2010; Lipo et al. 2012; Coles 1979), en el campo de la antropología este tipo de experiencias son prácticamente inexistentes. Los trabajos publicados sobre tafonomía en restos humanos sobretodo se encuentran en el ámbito de la antropología forense (Dent et al. 2004; Bass 1997; Cahoon 1992; Bass et al. 1990), pero la dificultad que comporta la manipulación de restos humanos ha potenciado el desarrollo de experiencias similares a partir de restos de especies animales de más fácil acceso (Shattuck 2009; Cambra 2006; Galloway et al. 1997; Mann et al. 1990).

El objetivo final del trabajo incluye la construcción de historias tafonómicas particulares a partir de las cuales se puedan articular aportaciones teórico-metodológicas generales capaces de reconstruir la historia y evolución seguida por los restos inhumados o depositados con unas características y contexto determinado. El desarrollo y uso de estos modelos permitirían conocer aspectos relacionados con el origen de los depósitos funerarios antiguos (Shipman 1981; Lyman 1994), así como también de la esfera forense.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para que los resultados de un proyecto de arqueología experimental tengan una validez científica tienen que cumplirse una serie de requisitos: una hipótesis o una cuestión arqueológica previas y concretas a analizar; sistematización de los materiales y métodos utilizados; que los materiales (caso de no ser auténticos) no comprometan el experimento, parámetros del experimento apropiados y contexto académico (Outram 2008). Hay que tener claro qué se pretende demostrar o investigar, y que cada proceso realizado debe ser convenientemente explicado, documentado y medido. En este caso, aparte de diseñar correctamente las cuestiones científicas se ha tenido que tramitar una serie de documentación y adecuarse a los parámetros legales para poder tirar adelante sin trabas el proyecto.

TAPHOS-m es un proyecto realizado a partir de la colaboración entre la empresa de antropología ANTROPOLEGS.LAB, el Grup de Recerques de les Terres de Ponent (GRTP), el Grup de Recerca en Osteobiografía de la Unitat de Biologia Animal, Vegetal y Ecología de la Universitat Autònoma de Barcelona (GROB-UAB), y el Institut d'Estudis Ilerdencs (IEI). Cada una de las instituciones implicadas ha participado de una forma u otra para poder hacer realidad el proyecto; en este sentido agradecer todas y cada una de las personas que han colaborado en la elaboración y desarrollo del proyecto¹.

Para el desarrollo de la investigación se han realizado todos los trámites administrativos y legales que se requirieron: la adecuación del espacio se hizo en unos terrenos privados, lo que supuso evidentemente el permiso explícito del propietario de los mismos, y una licencia de obras menores, con lo que se explicó los objetivos de la investigación al Ayuntamiento del municipio correspondiente² (figura 1). Por otro lado, se presentó una solicitud de inscripción del proyecto en el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya, pidiendo la autorización del uso de animales porcinos con finalidades de diagnóstico, educación e investigación, de acuerdo con la normativa en materia de subproductos animales no destinados al consumo humano, y adjuntando toda la documentación necesaria acreditativa de esta actividad (objetivos del proyecto, instituciones vinculadas, datos de la persona responsable, descripción de los espacios, descripción del procedimiento completo de la manipulación de los animales, códigos Rega de las granjas implicadas, datos relativos al transporte...). La reso-

¹ Joan-Ramon González, Josep Gallart, Maria Dolors Gabarra, Maria Àngels Gabarra, Teresa Domingo, Montse Huguet, Dolors Saladrigues, Guiu Sanfeliu, Josep Sanahuja, Jordi Giribet, Ramon I. Canyelles, Sebastià Garralon, Jaume Torres, Lleonard Armentano, Rosa Oller, Jordi Benet, Josep M. Segura, Josep Guardia, Jordi Huguet, Antoni Borràs, Ramon Cabestany, Josep Chinchó, Josep M. Sabaté, Robert Benet, Jaume Huguet, Josep Melero, Magda Jiménez y Ferran Perelló.

² Sant Martí de Maldà, Urgell, Lleida.

lución por parte de la administración fue, de acuerdo con el artículo 17 del Reglamento (CE) 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, la autorización del uso de subproductos de categoría 2 con dichas finalidades, lo que supuso la correcta inscripción de la actividad con un número oficial, de acuerdo con el artículo 23 del Reglamento (CE) 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009.

Actualmente se han inhumado un total de 26 cerdos (*Sus scrofa domestica*) (tabla 1, figura 2) de entre 3 y 24 meses de edad. La muestra se compone de 17 machos y 9 hembras. La causa de muerte mayoritaria ha sido provocada por patología de etiología infecciosa pulmonar (8 casos) y abdominal (6 casos), seguido de los traumatismos a cráneo (6 casos), y los paros cardíacos (4 casos) (figura 3), como resultado de las peleas que se dan entre ellos en las granjas; en estos últimos casos se observan heridas y lesiones en los cuerpos.

Todos los especímenes se han inhumado a una profundidad de entre 50 y 60 cm, y en la misma posición: decúbito lateral izquierdo, con la boca cerrada, extremidad superior derecha por delante de la izquierda, y extremidad inferior derecha por detrás de la izquierda (figura 4). Se han realizado inhumaciones siguiendo tres orientaciones distintas N-S (9 inhumaciones), E-O (14 inhumaciones), y SE-NW (3 inhumaciones).

Diez ejemplares se han inhumado en estructura de fosa simple (hoyo excavado en la tierra, de morfología rectangular) y cubiertos por la misma tierra que sirvió para vaciar la estructura (inhumaciones en espacio colmatado) (figura 5), mientras que los otros 16 han sido inhumados en una estructura de elaboración más compleja, y que en cualquier caso mantiene el cuerpo del animal sin contacto directo con la tierra (inhumaciones en espacio vacío). Las tipologías funerarias comprenden estructuras en piedra (figura 6) y estructuras en machihembrado o machimbre, ya sea simulando estructuras funerarias de tégula a dos aguas, o bien formando cajas (figuras 7 y 8).

En 2 casos de inhumación en espacio vacío se ha preparado una base con sedimento en la estructura (sin cubrir el animal) (E4 y E9) (figura 9), y en 2 casos más se ha envuelto el animal con telas de ropa (E19 y E21) (figura 10).

La última inhumación se realizó el día 25 de marzo del 2011, en una estructura elaborada especialmente con la oportunidad de poder observar eventualmente en qué fase se encuentra el proceso de descomposición (E5) (figura 11).

El recinto está señalizado y vallado con un cercado de protección metálico de 1,5 m con dos puertas de acceso a la zona de inhumaciones (figura 12).

DISCUSIÓN

El principal objetivo del proyecto es observar si hay diferencias esqueléticas entre los ejemplares inhumados en una estructura vacía, sin sedimento, y los que han sido inhumados en una estructura colmatada, directamente con sedimento. Si hay diferencias, analizar cuáles y a qué se deben. No se trata de una investigación sobre los procesos de descomposición, sino que directamente se quiere trabajar sobre restos óseos, que es el material con el que mayoritariamente se encuentra el arqueólogo y el antropólogo en el campo. En este sentido, interesa llegar a la esqueletización de los ejemplares, y por lo tanto el factor tiempo es un elemento a considerar; actualmente el proyecto está en la fase de «espera», de «paso del tiempo». Durante esta fase, no se interviene en el recinto, ni se tocan ni abren las estructuras. En principio solamente los agentes y procesos tafonómicos no humanos pueden intervenir durante esta fase (acción de las raíces, insectos, aves, roedores, meteorología...).

A lo largo de los meses se ha constatado como en algunas de las estructuras ha aparecido claramente una depresión que delimita el margen de la estructura (depresión primaria), y otra a nivel central que corresponde al colapso de las cavidades corporales (depresión secundaria) (figura 13); en este sentido se ha observado también como la vegetación crece delimitando los márgenes de la estructura (Dupras 2006). Por otro lado será interesante analizar por qué en algunas estructuras ha habido un crecimiento de la vegetación más importante y profuso que en otras (figura 14).

La hipótesis de partida es que las diferencias que se podrían observar serán a nivel de la posición, de la situación de los elementos óseos, ya que en principio los ejemplares que han sido inhumados con tierra deben presentar un mayor estado de articulación anatómica, mientras que los que han sido inhumados en estructuras que permiten la descomposición en espacio vacío deben presentar un mayor grado de desarticulación anatómica, con más movimientos de los elementos óseos (Duday 1990).

Se trata de un proyecto a largo término, y la excavación y exhumación de los restos se hará con una metodología arqueológica, que permite observar los elementos óseos y su relación y posición con total precisión. El control de las variables sobre las características del animal (*ante y post-mortem*), y de las características de cada una de las inhumaciones, es fundamental para que la experiencia pueda aportar datos que ayuden a reconocer las modificaciones tanto naturales como culturales, que se dieron antes, durante, y con posterioridad, a las prácticas mortuorias y a los enterramientos.

La investigación pretende generar un *corpus* de información útil para predecir qué procesos probablemente se manifiesten en un sitio particular y evaluar la inte-

gridad del registro antropológico, así como poder identificar contextos primarios *versus* contextos secundarios, y reconocer el carácter *post-mortem* o *peri-mortem* de las fracturas óseas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bass W.M. (1997) Outdoor decomposition rates in Tennessee. En: Haglund W.D. and Sorg M.H. (Eds). *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*: 181-186. *New York: CRC Press*.
- Bass W.M., Meadows L. (1990) Time Since Death and Decomposition of the Human Body: Variables and Observations in Case and Experimental Field Studies. *J Forensic Sci* 35:103-111.
- Cahoon S.E. (1992) Effects of Clothing on Human Decomposition and Deterioration of Associated Yarns. *M.A. thesis, The University of Tennessee, Knoxville, TN*.
- Cambra-Moo O. (2006) Bioestratinomía y fosildiagénesis de Arcosaurios. Aplicación de la Actuotafonomía al estudio de la influencia paleobiológica en el proceso tafonómico. *Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid*.
- Coles J. (1979) *Experimental Archaeology*. Londres: Academic Press.
- Dent B.B., Forbes S.L and Stuart B.H. (2004) Review of human decomposition processes in soil. *Environ Geology* 45: 576–585.
- Duday H, Courtaud P, Crubezy E, Sellier P. At Tillier AM. (1990) L'anthropologie de terrain. Reconnaissance et interprétation des gestes funéraires. *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*. t. 2, n 3-4, 29-50.
- Dupras T.L., Schultz J.J., Wheeler S.M., Williams L.J. (2006) *Forensic recovery of human remains*. Archaeological approaches, CRC press.
- Ferguson J.R. (2010) *Designing Experimental Research in Archaeology*. Boulder: University Press of Colorado.
- Galloway A. P. Willey, Snyder L. (1997) Human bone mineral densities and survival of bone elements: A contemporary sample. En: Haglund W.D. and Sorg M.H. (Eds). *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*: 295- 317. *CRC Press, Florida, USA*.
- Lipo, C.P., Hunt T.L., Haoa S.R. (2012) The 'walking' megalithic statues (moai) of Easter Island. *J Arch Sci*. 40:2859-2866.
- Lyman R.L. (1994) *Vertebrate taphonomy*. Cambridge manuals in archaeology. *Cambridge University Press*.
- Mann R.W., Bass, W.M., and Meadows, L. (1990) Time Since Death and Decomposition of the Human Body: Variables and Observations in Case and Experimental Field Studies. *J Forensic Sci*.35: 103-111.

- Outram A.K. (2008) Introduction to experimental archaeology. *World Archaeology*. 40.1: 1-6.
- Shattuck C.M. (2009) An Analysis of Decomposition Rates on Outdoor Surface Variations in Central Texas. *Theses and Dissertations-Anthropology*. Paper 21.
- Shipman P. (1981) *Life History of a Fossil*. Cambridge: Harvard University Press.

Tabla 1

Relación de las inhumaciones de *Sus scrofa domestica* realizadas en el marco del proyecto TAPHOS-m con el tipo de estructura, el sexo, la edad y la causa de muerte del ejemplar

Número de estructura	Orden de inhumación	Tipología de la estructura	Sexo	Edad	Causa de la muerte
1	1	fosa simple	macho	6 meses	infección pulmonar
2	3	fosa simple	hembra	5/6 meses	paro cardíaco
3	6	machihembrado	macho	6/7 meses	infección pulmonar
4	16	machihembrado + sedimento en la base	macho	18 meses	traumatismo craneal
5	26	caja de piedras, tapa de madera	macho	6/7 meses	infección abdominal
6	8	machihembrado	hembra	6 meses	traumatismo craneal
7	5	fosa simple	macho	4/5 meses	paro cardíaco
8	12	machihembrado	macho	6/7 meses	traumatismo craneal
9	13	machihembrado + sedimento en la base	macho	6/7 meses	traumatismo craneal
10	21	machihembrado	macho	4/5 meses	paro cardíaco
11	7	fosa simple	macho	4/5 meses	meningitis e infección pulmonar
12	20	machihembrado	hembra	4 meses	infección pulmonar
13	19	fosa simple	macho	4 meses	infección pulmonar
14	23	machihembrado	hembra	6 meses	paro cardíaco
15	25	fosa simple	hembra	6/7 meses	infección abdominal
16	22	fosa simple	hembra	6 meses	infección abdominal
17	9	machihembrado	macho	6 meses	traumatismo craneal
18	2	fosa simple	macho	3 meses	meningitis
19	10	machihembrado + telas de ropa	macho	3 meses	infección abdominal
20	4	fosa simple	hembra	6 meses	infección abdominal
21	14	machihembrado + telas de ropa	macho	3/4 meses	infección pulmonar
22	18	fosa simple	hembra	4 meses	infección pulmonar
23	15	tegula a dos aguas	hembra	3 meses	infección pulmonar
24	17	machihembrado	macho	24 meses	traumatismo craneal
25	24	caja de piedras	macho	6 meses	infección abdominal
26	11	tegula a dos aguas	macho	8 meses	infección pulmonar

Figura 1
Situación del recinto en las afueras del pueblo de Lleida



Figura 2
Plano estructuras funerarias, con su respectiva numeración y tipología

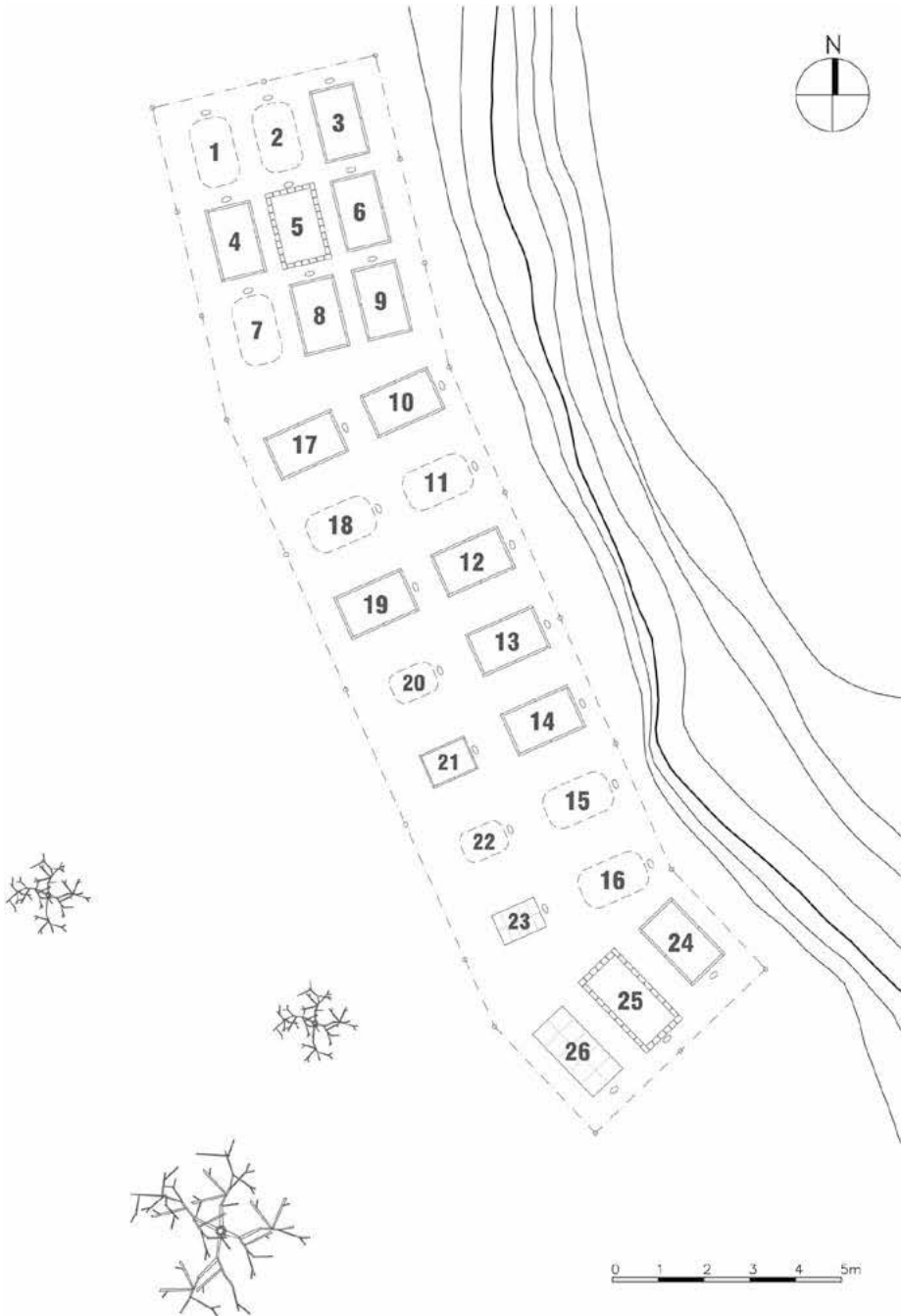


Figura 3
Relación del número de ejemplares con su causa de muerte

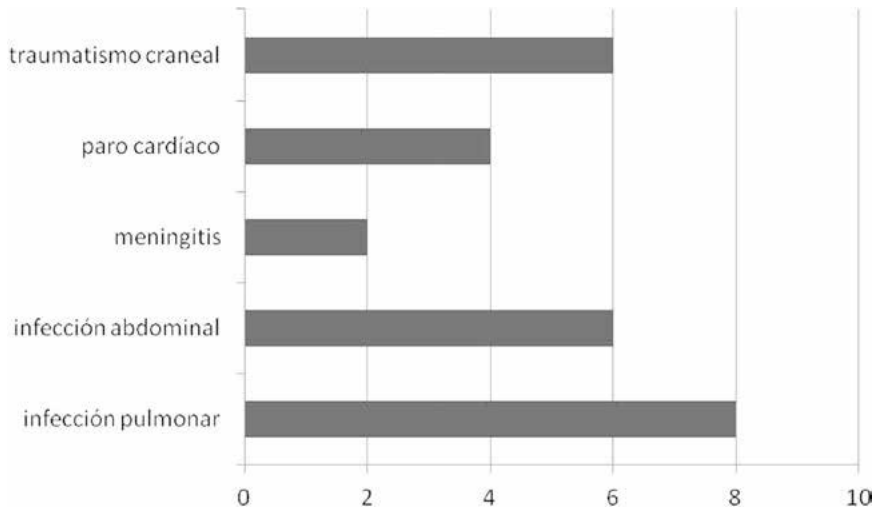


Figura 4
Todos los ejemplares han sido inhumados en la misma posición: decúbito lateral izquierdo, con la boca cerrada, extremidad superior derecha por delante de la izquierda, y extremidad inferior derecha por detrás de la izquierda



Figura 5
Inhumación en estructura de fosa simple



Figura 6
Inhumación en estructura de piedras



Figuras 7 y 8
Inhumaciones en estructuras de machimbre



Figura 9

Preparación de la base de la estructura con sedimento aportado

Figura 10

Ejemplares inhumados envueltos en telas

Figura 11
Estructura preparada para poder observar el ejemplar y ver su fase de descomposición



Figura 12

El recinto de la zona de inhumaciones está vallado y señalizado



Figura 13
Depresión secundaria que aparece en algunas de las estructuras



Figura 14
Vista aérea de la zona de inhumaciones. El crecimiento de la vegetación no es igual en todas las estructuras



**ESTUDIO PALEODEMOGRÁFICO DE LA POBLACIÓN
HISPANO-MUSULMANA DE SAN NICOLÁS (ÁVILA)
PALEODEMOGRAPHY STUDY AT HISPANO-MOSLEM
POPULATION OF SAN NICOLÁS (ÁVILA)**

Barrio, P.A.^{1,2}; Trancho, G.J.¹

¹ U.D. Antropología Física. Dpto. Zoología y Antropología Física. Facultad de Biología.
Universidad Complutense de Madrid (UCM)

² Servicio de Biología. Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses (INTCF).
Departamento de Barcelona

Correspondencia:

Pedro Alberto Barrio Caballero
Departamento de Zoología y Antropología Física
Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid (UCM)
C/ José Antonio Novais, 2 - Ciudad Universitaria.
28040 Madrid (España)
E-mail: pabarrío@ucm.es; pedroalberto.barrio@mju.es
Teléfono: 91 394 51 14

Resumen

Desde el punto de vista biológico, los datos demográficos ofrecen información sumamente importante sobre la adaptabilidad de cualquier población arqueológica en relación con el ambiente físico y social en el que se desarrolló su actividad cotidiana.

A pesar de las limitaciones que presentan los estudios paleodemográficos, fundamentalmente metodológicas, la información que proporcionan los restos excavados puede llegar a ser el único testimonio del que se dispone para conocer el pasado de una región geográfica determinada, por lo tanto, no puede ni debe despreciarse.

El material objeto del presente estudio corresponde a los restos humanos exhumados de la *maqbara* abulense de San Nicolás, necrópolis hispano-musulmana datada entre el siglo X y el XIV d.C. En este trabajo se analizaron 341 individuos, de los que pudo determinarse el sexo en un 70% (28.4% varones y 41.9% mujeres). El análisis de la tabla de vida sugiere que las mujeres pre-

sentan una mortalidad ligeramente más elevada que los varones en los últimos años de la adolescencia y primeros de la edad adulta.

Con respecto a los estimadores paleodemográficos, se trata de una población no-estacionaria en fase de decrecimiento. La esperanza de vida al nacer era de 22 años aproximadamente; con una tasa de natalidad del 35‰ y una tasa de mortalidad del 49‰. La población abulense de San Nicolás presenta un comportamiento similar al de otras poblaciones hispano-musulmanas medievales de carácter urbano.

Palabras claves: Paleodemografía; Restos esqueléticos; Medieval; Hispano-musulmán; San Nicolás; Ávila.

Abstract

From the biological point of view, demographic data provide extremely important information about the adaptability of any archaeological population in relation to the physical and social environment where their daily activity was developed.

Despite paleodemographic studies limitations, mainly methodological, the information provided by the excavated remains could be the unique evidence to know the past from a particular geographic region. For this reason, it can not be despised.

The material covered by this study corresponds to the exhumed human remains from San Nicolás *maqbara* (Ávila). This Hispano-Muslim necropolis was dated from X to XIV century AD. In this study, 341 individuals were analyzed, whom sex could be determined in 70 % (28.4 % men and 41.9 % women). Life Table analysis suggests that women have a slightly higher mortality than men in last years of adolescence and early adulthood.

Regarding paleodemographic estimators, it is a non-stationary population on decay phase. Life expectancy at birth was roughly 22 years, with a birth rate of 35 ‰ and a mortality rate of 49 ‰. The population of San Nicolás (Ávila) presents a behavior similar to other Hispano-Muslim medieval urban character populations.

Keywords: Paleodemography; Skeletal remains; Medieval; Hispano-moslem; San Nicolás; Ávila.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos que se presenta al estudiar cualquier población arqueológica es el de lograr conocer cuál era su estructura: su distribución por sexos y edades, la esperanza de vida, la incidencia de la mortalidad infantil, la mortalidad por sexos, y las tasas de crecimiento, natalidad y mortalidad (Angel, 1969; Bocquet y Masset, 1977; Brandi, 1992). Desde el punto de vista biológico, los

datos demográficos ofrecen una información sumamente importante sobre la adaptabilidad de una población en relación con su ambiente físico y social (Trancho, 1999; Maroto, 2004). De este modo, si bien la mortalidad es un fenómeno biológico, su distribución diferencial por sexos y edades es un fenómeno dependiente de factores económicos y sociales (Angel, 1969; Brandi, 1992). La Paleodemografía se fundamenta precisamente en el estudio de todas estas características, apoyándose además en la información obtenida de fuentes arqueológicas (Piontek y Weber, 1990). En definitiva, su objetivo principal será estimar determinados parámetros de vida de las poblaciones de las que proceden los restos esqueléticos (Hassan, 1981).

Limitaciones. Representatividad muestral de la población arqueológica

Los estudios paleodemográficos han sido objeto de un largo y controvertido debate (Petersen, 1975; Bocquet y Masset, 1982 y 1996; Konigsberg y Frankenberg, 2002 y 2003), debido fundamentalmente a diversas fuentes de error que imposibilitan determinar de manera fiable la estructura demográfica real de las poblaciones arqueológicas (Bocquet y Masset, 1982 y 1996; Alesan et al., 1999). Se ha de destacar que los grupos de edad que se obtengan en estas poblaciones, probablemente diferirán de la estructura por edades de las poblaciones vivas de las cuales derivan (Bocquet y Masset, 1977; Boddington, 1987; Brandi, 1992). Esto es debido a que se desconoce la tasa de mortalidad real que ha generado el número de muertos de un grupo determinado, y el número de individuos de partida de ese grupo de edad. Ese número es dependiente de diversos factores que igualmente se desconocen: tasa de natalidad y de mortalidad al nacimiento, inmigración y emigración (Petersen, 1975; Brandi, 1992). Asimismo, la representatividad de la población viva de la cual procede la muestra de un cementerio puede estar afectada por un patrón diferencial de distribución de los enterramientos (por sexo, edad, posición social, etc.). Esto supone que, en algunos casos, no todos los individuos que formaban parte de una misma sociedad fueron enterrados en el mismo lugar (Boddington, 1987; Ubelaker, 1989).

A todos estos factores, dependientes del análisis puramente demográfico, habría que añadir las limitaciones propiamente metodológicas. La principal, procede de la falta de seguridad en la estima de la edad de los individuos, particularmente en los adultos (Robledo, 1998; González, 1999). Pero igualmente habría que señalar el desconocimiento sobre si la excavación de la necrópolis ha sido realizada con toda la exhaustividad necesaria para garantizar la ausencia de cualquier sesgo (Boddington, 1987; Ubelaker, 1989). Salvo que haya sido excavada completamente, en ningún caso se podrá asegurar que la población recuperada es representativa de la población enterrada. Además, en la mayoría de los casos se desconocerá si los restos han sufrido algún fenómeno de conservación diferencial, que pudiera ocultar la realidad demográfica (Boddington, 1987; Ubelaker, 1989; Barrio y Trancho, 2008).

Utilidad última de los Estudios Paleodemográficos

A pesar de estas limitaciones y los problemas que comportan, algunos autores señalan la riqueza informativa que aportan los estudios paleodemográficos (Acsàdi y Nemeskéri, 1970; Ubelaker, 1989; etc.). La información que proporcionan los restos óseos excavados puede llegar a ser la única de la que se disponga, por lo tanto, no puede ni debe despreciarse (Brandi, 1992; Maroto, 2004). Así, a fin de poder salvar en la medida de lo posible estas limitaciones, para conseguir realizar un análisis paleodemográfico en poblaciones arqueológicas es necesario asumir una serie de premisas: considerar que la muestra esquelética analizada es representativa de la población que usó la necrópolis y que la selección del material óseo ha sido aleatoria (Ubelaker, 1989). Además, se ha de tener seguridad en la estimación de la edad y el sexo de los restos. Todo ello, como se ha destacado en el punto anterior, para acabar por considerarse que no existe ningún sesgo en la representatividad de los individuos según sexo, grupo de edad o clase social (Brandi, 1992; Lampl y Johnston, 1996).

En cualquier caso, será precisamente la determinación de la estructura demográfica y de los patrones de mortalidad, lo que permitirá poner de manifiesto anomalías en la representación de los distintos sexos y categorías de edad en las poblaciones estudiadas (Brandi, 1992; Robledo, 1998). Incluso poner de manifiesto la existencia de tratamientos funerarios diferenciales o procesos tafonómicos que afecten de manera distinta a los diversos grupos de edad (Robledo, 1998).

¿Cómo es la dinámica de la población estudiada? Aplicación de modelos de poblaciones pre-industriales

Un último punto a tratar es valorar ante qué tipo de población se está, lo que permitirá tomar decisiones sobre la forma más adecuada de calcular los estimadores paleodemográficos. Quizás este sea el punto más conflictivo, pues en la mayoría de los estudios paleodemográficos se considera a las poblaciones analizadas como poblaciones estacionarias, hecho que estimamos se aleja bastante de la realidad biológica que caracteriza a nuestra especie. Como señalan algunos autores (Séguy et al., 2008), es importante reconocer que los paleodemógrafos no pueden hacer uso con total seguridad ni tan siquiera de los más básicos parámetros demográficos. Sin embargo, a lo largo del siglo XX se han desarrollado distintas propuestas que a partir de modelos poblacionales (estacionarias, estables, ...), hacen posible estimar los principales indicadores demográficos de la población a partir de datos parciales o incompletos.

Ante esta situación se hace necesario establecer con claridad a qué se refieren los conceptos poblacionales básicos. De este modo, los demógrafos entenderán como **población estable**, aquella cuya tasa de nacimiento anual varía de un año a

otro y cuya estructura por edad permanece invariable con el tiempo (Williams, 1992; Konigsberg y Frankensberg, 1992; Bocquet y Masset, 1996; Bocquet y Bra-co, 1997). Una población estable cuya tasa intrínseca de crecimiento natural es nula, se llamará **población estacionaria**, donde, por tanto, los nacimientos estarán en equilibrio con las muertes (Bocquet y Masset, 1977 y 1996). Esta asunción se basa en el concepto del **uniformismo biológico** (Howell, 1979), por el que la estimación de los parámetros demográficos de las poblaciones del pasado acepta necesariamente que los procesos biológicos relacionados con la mortalidad y la fertilidad en humanos eran los mismos en el pasado a como lo son en el presente (Hoppa y Vaupel, 2002).

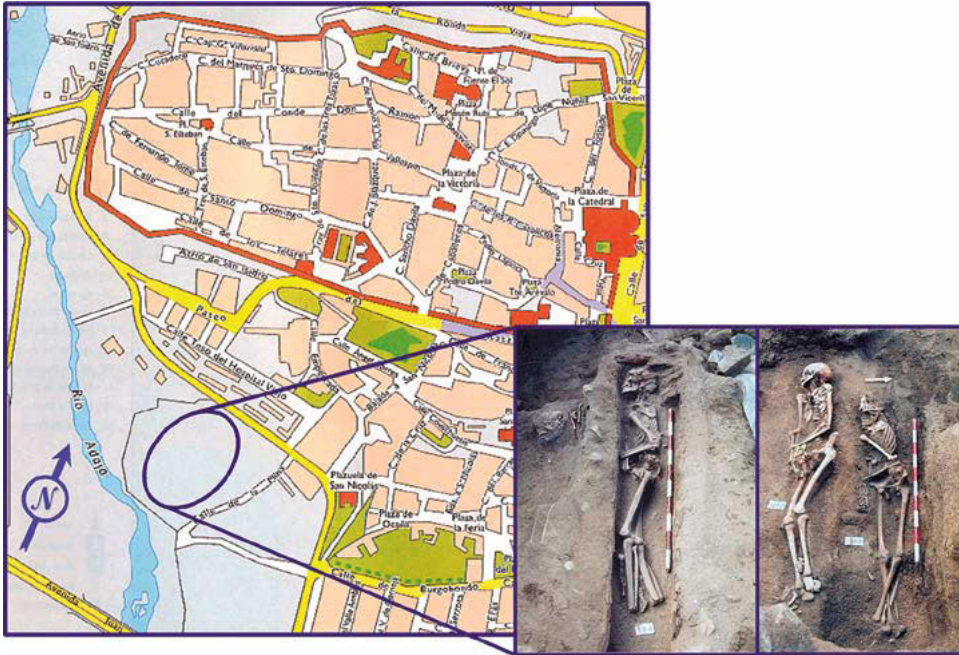
Sin embargo, esta hipótesis es difícil de defender, ya que tiene poca relación con las condiciones que afrontaba una población pre-industrial, golpeada regularmente por crisis de mortalidad que ponían a prueba su poder de recuperación (Sé-guy et al., 2008). Por tanto, tratar *a priori* como estacionaria una población que no lo es, falsea seriamente los resultados. Por ello, se preferirá un modelo demográfico de **población estable no-estacionaria**, por el que la tasa de natalidad y mortalidad son diferentes, pero estables a lo largo del tiempo, y por tanto, con una tasa de crecimiento (o decrecimiento) también estable. Así, las poblaciones del pasado se podrían comportar como poblaciones agrícolas preindustriales y/o aquellas sin acceso a la medicina moderna. En base a la observación de similares características demográficas, Bocquet y Masset (1977 y 1996) desarrollaron su forma de cálculo de los estimadores demográficos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material del presente estudio corresponde a los restos humanos de la *maqbara* de San Nicolás (Ávila). Se trata de la necrópolis hispano-musulmana de mayores dimensiones localizada en territorio castellano hasta la fecha. Su detección se produjo en 1999 como consecuencia de la ampliación urbana de la capital abulense hacia el SE, fuera de las murallas y en la ribera del río Adaja (Figura 1). El análisis arqueológico puso de manifiesto la existencia de más de tres mil sepulturas sin ajuar, datadas por C¹⁴ entre el siglo X y el XIV y orientadas respecto de La Meca. Este estudio se refiere a un total de 341 individuos de los más de 600 depositados actualmente en UCM.

La **determinación sexual** de los restos se efectuó siguiendo los criterios habituales (Ferembach et al., 1980), atendiendo también a la morfología del ilion y mandíbula en los restos infantiles. En los huesos largos de individuos mayores de veinte años se consideró además la aplicación de ecuaciones discriminantes de determinación sexual (López-Bueis et al., 1996; Trancho et al., 1997; Barrio et al., 2006).

Figura 1
Mapa de Ávila, donde se señala la localización de la maqbara, extramuros de la ciudad. Ejemplo de la disposición y orientación de los restos humanos excavados



La **determinación etaria** se realizó siguiendo criterios estandarizados por Ferembach et al. (1980). En los restos infantiles se consideró la longitud de los huesos largos (Fazekas y Kósa, 1978; Ubelaker, 1989), el desarrollo dental (Ubelaker, 1989; Smith, 1991) y la edad de fusión epifisaria (İşcan y Kennedy, 1989). En adultos se valoró el grado de sinostosis de las suturas craneales (Ferembach et al., 1980; Masset, 1989), el desgaste de la corona dental (Brothwell, 1981; Miles, 2001) y los cambios morfológicos de la sínfisis púbica (Meindl et al., 1985; Brooks y Suchey, 1990). Para este trabajo, sólo se han podido establecer 8 grupos o intervalos de edad, según una categorización modificada a partir de la descrita por Szilvássy (1988): Neonato (Grupo 0: 0-0,9 años), Infantil I (Grupo 1: 1-5 años), Infantil II (Grupo 2: 6-12 años), Juvenil (Grupo 3: 13-20 años), Adulto Joven (Grupo 4: 21-40 años), Maduros (Grupo 5: 41-60 años), Senil (Grupo 6: >61 años) y Adulto (Grupo 7: >21 años, sin poder especificar más).

Con respecto a la metodología aplicada para el análisis paleodemográfico, tan sólo señalaremos sucintamente, los parámetros y estimadores aplicados.

Tablas de Vida. Parámetros Paleodemográficos

En relación a las **Tablas de Vida** (o de mortalidad), se siguieron las recomendaciones de Williams (1992), según el método propuesto por Acsádi y Nemeskéri (1970). Estarán basadas en la distribución por edades de los restos óseos analizados y que se establecen suponiendo tres supuestos: que el cementerio representa la cohorte de una generación, que la distribución por edades refleja la tasa de mortalidad y que la población es estable, biológica y socialmente, durante el uso del lugar de enterramiento (Williams, 1992; Bocquet y Masset, 1996; Bocquet y Braco, 1997). Además, se estableció un límite superior de 80 años como la edad máxima teórica que pueden haber alcanzado los individuos pertenecientes a la población analizada (Alesan et al, 1999). De este modo, las tablas de vida representan la historia de la mortalidad, desde el nacimiento hasta la muerte, de una cohorte (Robledo, 1998). Con ellas se pretende determinar la esperanza de vida a distintas edades de la población (E_x). Con lo que de las tablas de vida generadas, se pueden destacar fundamentalmente cuatro parámetros, calculados para cada grupo de edad:

- El porcentaje de muertos (d_x), a partir del cual se calculan todos los demás parámetros. Este porcentaje procederá del número de muertos de cada cohorte (D_x).
- El número de supervivientes (l_x), que indica el porcentaje de individuos que permanecen con vida al finalizar cada período, considerando una población teórica original de 100 individuos.
- La probabilidad de muerte (q_x), calculada a partir del cociente entre d_x y l_x .
- Y la esperanza de vida (E_x), que representa el número promedio de años que puede esperar vivir un individuo que entra en un determinado grupo de edad.

Estimadores Paleodemográficos

Con respecto a los **Estimadores Paleodemográficos**, se calcularon los propuestos por Bocquet y Masset (1977), que permiten proporcionar información demográfica relevante de la población analizada: esperanza de vida al nacimiento (e_0^0); tasas de mortalidad a distintas edades, durante el primer año de vida o mortalidad infantil (${}_1q_0$) y entre los 0 y 5 años (${}_5q_0$); y las tasas brutas de natalidad (n) y de mortalidad (m).

Se consideró que la población abulense de San Nicolás se comportaba como una **población estable**. Esto implica que el cálculo de estos estimadores (e_0^0 , ${}_1q_0$, ${}_5q_0$, n , m) se ha de realizar a partir de la tasa de crecimiento de la población. Dicha tasa de crecimiento (o decrecimiento) fue estimada en base a la fórmula también propuesta por Bocquet y Masset (1977), que tiene en cuenta la proporción de indi-

viduos muertos mayores (> 60 años) y jóvenes (5-14 años), respecto a los adultos mayores de 20 años (> 20 años).

Corrección de los Parámetros Paleodemográficos. Modelo no-estacionario

Y por último, para compensar el ritmo de crecimiento natural de una población estable, Weiss (1973) desarrolló un *modelo paleodemográfico no-estacionario*, el cual podía ser usado tanto cuando la tasa de crecimiento de la población era conocido, como cuando había sido estimado. Este modelo está basado en la premisa de que el número de individuos totales posibles dentro de cada cohorte de edad de muerte varía según la tasa de crecimiento natural del grupo. Se fundamenta en un factor de corrección que es aplicado sobre el parámetro paleodemográfico D_x (número de individuos que han muerto dentro de una cohorte particular): $(1+r)^x$, donde r es la tasa de crecimiento natural y x es el punto medio en años de la categoría de edad respectiva (Henneberg y Steyn, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros demográficos

Del análisis de la distribución diferencial de los distintos sexos, se puede apreciar que existe un cierto desequilibrio entre el número de individuos masculinos y femeninos. En parte, este desequilibrio es debido posiblemente al elevado número de individuos de sexo indeterminado, casi un 30% del total de restos de la muestra analizada (ver Tabla 1). La Tabla 2 muestra los resultados de los parámetros demográficos de la tabla de vida realizada en la serie muestral de la *maqbara* abulense de San Nicolás, agrupando ambos sexos. En ella se puede observar cómo en el primer año de vida, el porcentaje de muertos (d_x) es mínimo, y comienza a aumentar de forma progresiva. Será máximo en el grupo de edad de 21-40 años, para volver a descender en los grupos siguientes, ya que el número de efectivos se redujo con anterioridad.

Como sí sucede en otras series históricas (Robledo, 1998), este bajo porcentaje de muerte en los subadultos, no pondría en evidencia el escaso número de estos individuos en la muestra, ya que superan el 20% del total de la población. En la serie medieval musulmana de Xarea (Robledo, 1998), su frecuencia no superó el 18%, pero el perfil de mortalidad es bastante similar. Sin embargo, en otras series medievales de la Península Ibérica, la frecuencia de los restos infantiles es incluso mayor que en la de San Nicolás, pero con un porcentaje de muerte algo más estable entre grupos (Prada, 1993; Souich et al., 1990; entre otros). Por ejemplo, una serie de Murcia, también musulmana (Brandi, 1992; González, 1999), presenta más de

un 26% de individuos sub-adultos, con un porcentaje de muerte en el grupo de edad de 0-4 años de más del 13% (González, 1999).

La explicación más plausible para la baja representatividad de individuo sub-adultos en la serie abulense será la mayor fragilidad de este tipo de restos, que pudiera favorecer una desaparición selectiva. Robledo (1998) señala que pueden presentarse otras posibles razones, como la existencia de un rito de enterramiento diferencial en función de la edad del individuo o, que la ubicación de tumbas infantiles se produjera en áreas específicas de la necrópolis. Sin embargo, en San Nicolás la primera propuesta parece poco probable, ya que se han identificado individuos inmaduros de todos los grupos de edad, incluso menores de un año. Respecto a la segunda opción planteada por Robledo (1998), las tumbas infantiles se encuentran representadas en la totalidad del área excavada de la *maqbara*. Este comportamiento cultural es similar al detectado en otras necrópolis de la Península Ibérica como es el caso de la población hispanomusulmana de Xarea (Robledo, 1998). De todos modos, tampoco podemos rechazar tajantemente ambas hipótesis, debido a que actualmente no se dispone de una información arqueológica completa al respecto.

Mortalidad por sexos

En la Tabla 1 se puede observar como, del total de restos que conforman la muestra, se consiguió determinar el sexo en alrededor del 70%, distribuyéndose entre un 28.4% de varones y un 41.9% de mujeres, quedando un 29.6% como indeterminados. Este resultado nos indica una mayor proporción o representación de esqueletos femeninos. La interpretación de los resultados de la proporción de sexos (Tablas 3 y 4), será difícil y cuanto menos arriesgada, ya que esta proporción estará influenciada por diversos factores. Por un lado, por el número de individuos en los que, conociendo su sexo, no se pudo determinar la edad de muerte, y por otro, por aquellos individuos que aun conociendo su edad fueron considerados como indeterminados.

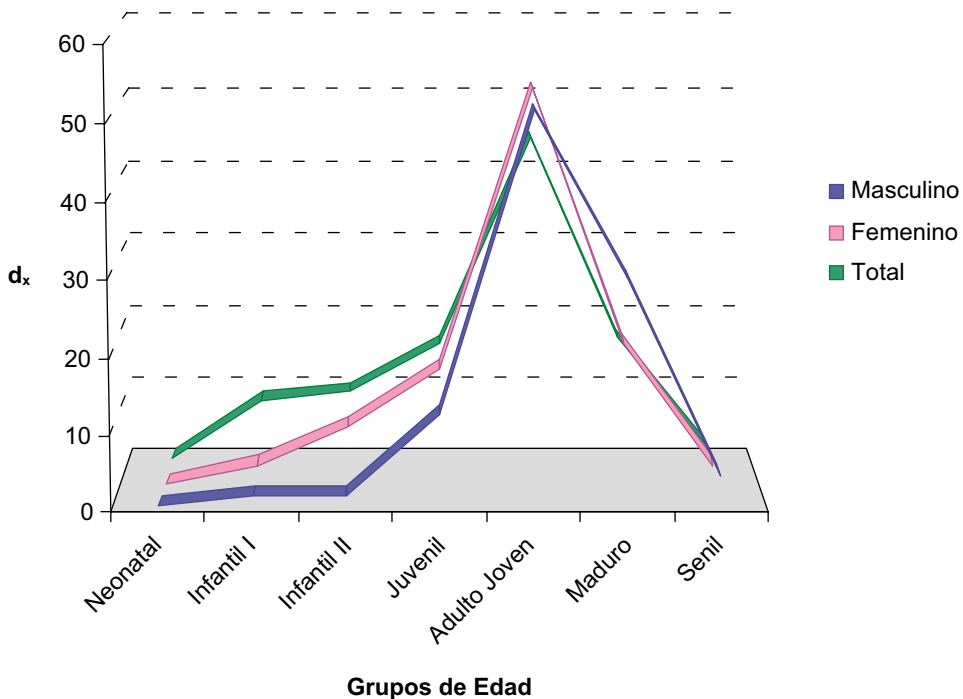
Al tratarse de una población arqueológica, y dada la dificultad (y en algunos casos, imposibilidad) de diagnosticar el sexo de los individuos subadultos, no se puede conocer con certeza la proporción de sexos al nacimiento (Bandi, 1992). Además, no se dispone de ningún dato que indique una posible movilidad diferencial asociada al sexo. En cualquier caso, sí se puede señalar que la población abulense de San Nicolás perceptiblemente sigue el patrón documentado por Šlaus (2000), según el cual las mujeres muestran una mortalidad relativamente más elevada que los varones en los últimos años de la adolescencia y primeros de la época adulta (ver Figura 2). Tradicionalmente se han considerado diversos factores, tanto culturales como biológicos, responsables de este patrón de mortalidad, entre los

que destacan los riesgos relacionados con el embarazo y el parto así como los mayores niveles de estrés que sufren las mujeres (debido principalmente a factores culturales) durante su infancia (Šlaus, 2000). Este fenómeno parece ser común en poblaciones pretéritas, no desaparece hasta la industrialización e incluso, en la actualidad, aún es patente en países en vías de desarrollo (Bandi, 1992).

En general, en las poblaciones musulmanas, este hecho podría ser explicado a través del condicionamiento que establecen las pautas de conducta social. Éstas regulan un matrimonio muy temprano para la mujer, siendo lógico esperar esta alta mortalidad femenina a edades tempranas, ya que, además, el riesgo que conlleva el embarazo y el parto en la mujer es mucho mayor en las primíparas muy jóvenes (Bandi, 1992). Por otro lado, es interesante señalar también que Lienhardt (1978) afirma que «en las sociedades musulmanas el varón ha recibido siempre un cuidado especialmente preferencial por parte de la madre, ya que en su vejez depende de ellos». Este comportamiento podría verse representado en la Figura 2, donde se observa cómo esa tendencia inicial parece invertirse una vez superados los cuarenta años.

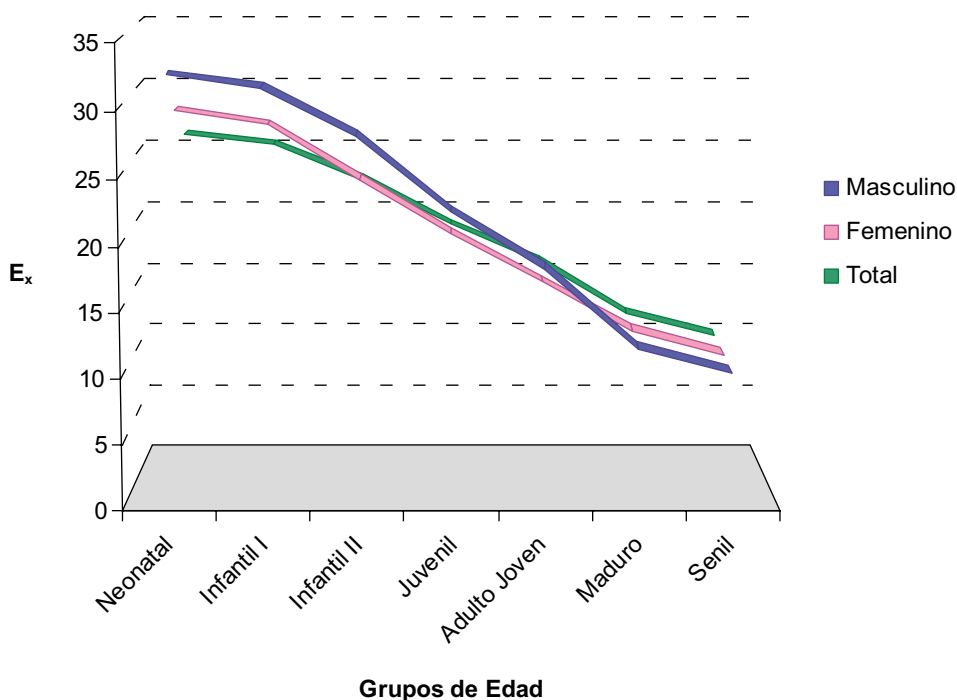
Figura 2

Curvas de mortalidad (porcentaje de muertes, d_x) para la serie masculina, femenina y el total de la muestra, en la población abulense de San Nicolás



Como es lógico pensar, la tendencia del porcentaje de muertes (d_x) de la serie femenina, influirá directamente sobre el resto de parámetros demográficos. Así, la supervivencia de las mujeres (l_x) estará por debajo de la de los hombres a lo largo de todos los grupos de edad. Y por tanto, la probabilidad de muerte (q_x) será también mayor en la serie femenina. Con respecto a la esperanza de vida (e_x), aunque hasta los cuarenta años, aparentemente es mayor en los varones que en las mujeres, a partir de dicha edad, no existen grandes diferencias entre las dos series (Figura 3).

Figura 3
Curvas de esperanza de vida (E_x) para la serie masculina, femenina y el total de la muestra, en la población abulense de San Nicolás



Estimadores paleodemográficos

La mayoría de los estudios paleodemográficos realizados, suelen considerar una dinámica poblacional estacionaria, es decir, con una tasa de crecimiento nulo. Este hecho, facilita y agiliza el cálculo de los estimadores paleodemográficos. A pesar de ello, en el presente estudio, para realizar una valoración lo más próxima a la realidad de la muestra analizada, se calculó la tasa de crecimiento en base a la

propuesta de Bocquet y Masset (1977). Se obtuvo un valor de $-1,471\%$ ($\pm 0,006\%$, con un $r=0.903$), lo que indica un decrecimiento de la muestra considerada a lo largo del período de ocupación de la necrópolis.

Las fórmulas propuestas por Bocquet y Masset (1977) para el cálculo de los estimadores paleodemográficos contemplan unos valores determinados de tasas de crecimientos, tanto positivos como negativos. Estos valores en absoluto recogen el obtenido para la muestra de la *maqbara* abulense de San Nicolás. Debido a este hecho, y con el fin de realizar un cálculo de los estimadores lo más próximo a la realidad, a su vez se realizó un ajuste de dichas fórmulas en base a la muestra analizada (datos no mostrados). Así, a partir de las nuevas ecuaciones obtenidas, se calcularon los estimadores paleodemográficos para la muestra de la citada *maqbara*, teniendo en cuenta su tasa de decrecimiento ($-1,47\%$). En la Tabla 5, se recogen los valores obtenidos, donde también se representan, para facilitar su evaluación conjunta, los valores que se obtendrían si se hubiera considerado como una población estacionaria (tasa de crecimiento igual a 0) y a distintos valores de tasas de crecimiento para poblaciones estables, según los valores tabulados por Bocquet y Masset (1977).

De este modo, observando la Tabla 5, se puede apreciar como, independientemente del modelo de población considerado, la probabilidad de muerte en el primer año de vida y a los 5 años no muestra grandes diferencias. Sin embargo, las tasas de natalidad y mortalidad sí que varían sensiblemente, siendo esta última más del doble para una población estable con la tasa de crecimiento calculado, frente a si se trata de una población estacionaria.

Además, la esperanza de vida al nacimiento también varía considerablemente, en casi 10 años. Si a su vez se compara con la registrada en la tabla de vida de la población (Tabla 2), la diferencia es de más de 5 años. Diversos autores (Masset, 1987; Sellier, 1995) parten de la hipótesis de que en las poblaciones del pasado, la esperanza de vida al nacimiento suele estar comprendida entre los 20-35 años. Por lo que para la población en estudio, se está en el límite propuesto.

Valoración de la corrección de los parámetros paleodemográficos

Para terminar de complementar los datos obtenidos en la tabla de vida de la población analizada (Tabla 2), se aplicó la corrección propuesta por Weiss (1973), para compensar el ritmo de crecimiento natural de una población estable. De este modo, al número de muertos (D_x) dentro de cada grupo de edad se aplicó un factor de corrección diferente. Aplicado este factor de corrección, se volvieron a calcular los parámetros paleodemográficos para la construcción de una nueva tabla de vida (Tabla 6).

Comparando los datos registrados en la Tabla 6 con respecto a los que aparecen en la Tabla 2, se puede observar cómo algunos de los parámetros paleodemográficos

cos recalculados suavizan su tendencia. Particularmente, en relación a la esperanza de vida, se observa un descenso considerable en los grupos de edad subadultos. Sin embargo, este descenso de la esperanza de vida al nacer, hace que se obtenga un valor próximo al obtenido en el punto anterior (19 años), aplicando las fórmulas de Bocquet y Masset (1977). Esta diferencia de casi 3 años, hace pensar que la corrección de Weiss (1973) parece apropiada.

CONCLUSIONES

La investigación paleodemográfica de una población arqueológica presenta numerosas limitaciones. Una de las más destacadas es determinar ante qué tipo de población se está, cuál es su dinámica (estacionaria o no estacionaria). Se desconoce si en el cementerio excavado se encuentran enterrados todos los individuos, pues, de no ser así, no se contaría con una representación completa de la población. Además, el cementerio se encuentra parcialmente excavado, con las limitaciones de sesgo que eso puede suponer. De todos modos, mediante el estudio paleodemográfico, se puede conocer parte de la realidad histórico-biológica que se desconocería por completo si se obviara.

Así, se puede destacar que la población abulense de San Nicolás, como representación de la población musulmana de la ciudad de Ávila, durante el período de uso de su *maqbara* (s. X-XIV), era una población relativamente joven. Esta afirmación viene avalada por la distribución por grupos de edad de la misma, ya que los individuos sub-adultos representan casi el 30% de la población, y los adultos jóvenes casi el 35%. Lo que supone un alto porcentaje de muerte en estos grupos de edad, superando el 40% en adultos jóvenes.

Brandi (1992) justifica esta alta mortalidad a edades tempranas por la llegada de población de ámbito rural y una posible mayor susceptibilidad a sufrir determinadas enfermedades infecciosas. Hecho corroborado por Robledo (1998), que detecta un bajo porcentaje de individuos jóvenes en la población rural de Xarea, sin descarta la posibilidad de que los jóvenes fueran reclutados periódicamente para las acefas o incursiones guerreras contra los reinos cristianos. Además, Robledo (1998) señala que la gente joven, en su edad reproductora más intensa, podría emigrar, con lo que la natalidad se vería afectada con un fuerte descenso.

La alta mortalidad a edades jóvenes en la población abulense de San Nicolás, hace que la esperanza de vida al nacer sea baja (no mucho mayor de 20 años), lo que vendría a estar apoyado por una alta tasa de mortalidad calculada (45%). Sin embargo, la mortalidad en el primer año de vida de la población de la *maqbara* de San Nicolás es significativamente baja. En la población almeriense de Xarea, Robledo (1998) señala que este hecho podría estar en relación con el propio descenso

de nacimientos, además de significar una posible mejora de las condiciones de vida, o ser consecuencia de un sesgo de la muestra.

En cualquier caso, se ha de insistir que estas estimas no dejan de ser una aproximación orientativa de lo que pudo ocurrir con la población enterrada en la *maqbara* de San Nicolás. Tampoco se han de olvidar los condicionantes que se han ido comentando a lo largo de este trabajo: conservación diferencial según el grupo de edad; tamaño real de la necrópolis, con la certeza de la existencia de tumbas no excavadas; o la posibilidad de que existiesen otros cementerios moriscos en la ciudad de Ávila.

Por ello, es necesario poner de manifiesto la necesidad de ser prudentes a la hora de la extrapolación de las conclusiones obtenidas en la población arqueológica a la teórica población de origen. La pregunta fundamental será si los datos esqueléticos por sí solos son suficientes para hacer reconstrucciones fiables de las poblaciones pasadas. Hoy por hoy, la respuesta es compleja, y en ningún caso, concluyente. Aunque sea una potencial herramienta para los análisis tanto antropológicos como paleodemográficos, las tablas de vida están todavía sujetas a posibles fallos resultantes del uso inapropiado de las poblaciones modelo (Gage, 1988; Wood et al., 1992). Con ello, el estudio paleodemográfico, únicamente permitirá perfilar de forma superficial el estilo de vida de la población estudiada, pero en ningún caso se puede ni se debe considerar como un reflejo completamente real del comportamiento de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acsàdi Gy., Nemeskéri J. (1970) History of human life span and mortality. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Alesan A., Malgosa A., Simó C. (1999) Looking into the demography of an Iron Age population in the western Mediterranean. I. Mortality. *Am J Phys Anthrop.* 110: 285-301.
- Angel J.L. (1969) The bases of Paleodemography. *Am J Phys Anthrop.* 30:427-438.
- Barrio P.A., Trancho G.J. (2008) Estudio prospectivo: preservación ósea de la población Hispano-Musulmana de San Nicolás (Ávila). En: Nieto J.L., Obon J.A., Baena S. (Ed.). *Genes, Ambiente y Enfermedades en Poblaciones Humanas*. Zaragoza: Pressas Universitarias de Zaragoza. pp. 85-100.
- Barrio P.A., Trancho G.J., Sánchez J.S. (2006) Metacarpal Sexual determination of a Spanish population. *J Forensic Sci.* 51(5):990-995.
- Bocquet J.P., Bacro J.N. (1997) Brief communication: Estimates of some demographic parameters in a Neolithic rock-cut chamber (approximately 2000 BC) using iterative techniques for aging and demographic estimators. *Am J Phys Anthrop.* 102:569-575.

- Bocquet J.P., Masset C. (1977) Estimateurs en paléodémographie. *L'Homme* 17: 65-90.
- Bocquet J.P., Masset C. (1982) Farewell to Paleodemography. *J Hum Evol.* 11:321-333.
- Bocquet J.P., Masset C. (1996) Paleodemography: Expectancy and false hope. *Am J Phys Anthropol.* 99:571-583.
- Boddington A. (1987) From bones to population. En: Boddington A., Garland A.N., Janaway R.C. (Ed.). *Death, decay and reconstruction*. Manchester: Manchester University Press. pp. 180-197.
- Brandi A. (1992) Paleodemografía y paleopatología dental en la población hispanomusulmana de Murcia. s. XI-XIII. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Tesis Doctoral.
- Brooks S., Suchey J.M. (1990) Skeletal age determination based on the os pubis: Comparison on the Ascadi-Nemeskeri and Suchey-Brooks methods. *Hum Evol.* 5: 227-238.
- Brothwell D.R. (1981) *Digging Up Bones: The Excavation, Treatment and Study of Human Skeletal Remains*. 3rd ed. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Fazekas I.Gy., Kósa F. (1978) *Forensic Fetal Osteology*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Ferembach D., Schwidetzky I., Stloukal M. (1980) Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons (Workshop of European Anthropologists). *J Hum Evol.* 9:517-549.
- Gage T.B. (1988) Mathematical hazard models of mortality: an alternative to model life tables. *Am J Phys Anthropol.* 86: 429-441.
- González A. (1999) *Infancia y adolescencia en la Murcia musulmana. Estudio de restos óseos*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Tesis Doctoral.
- Hassan F.A. (1981) *Demographic Archaeology*. New York: Academic Press.
- Henneberg M., Steyn M. (1995) Trends in mortality and health status in South Africa over the last thousand years and their implications for the opportunity for natural selection. *HOMO* 46:27-37.
- Hoppa R.D., Vaupel J.W. (2002) *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*. Cambridge: University press.
- Howell N. (1976) Toward a uniformitarian theory of human paleodemography. En: Ward R., Weiss K. (Ed.). *The demographic evolution of human populations*. New York: Academic Press. pp. 25-40.
- İsçan M.Y., Kennedy K.A.R. (1989) *The Reconstruction of Life from the Skeleton*. New York: Alan R. Liss, Inc.
- Konigsberg L.W., Frankenberg R. (1992) Estimation of age structure in anthropological demography. *Am J Phys Anthropol.* 89: 235-256.
- Konigsberg L.W., Frankenberg S.R. (2002). Deconstructing death in paleodemography. *Am J Phys Anthropol.* 117: 297-309.

- Konigsberg L.W., Frankenberg S.R. (2003) Reply to Comments by Jackes: Interobserver error and goodness-of-fit tests in Paleodemography». *Am J Phys Anthropol.* 121:387-388.
- Lamp I., Johnston F.E. (1996) Problems in the aging of skeletal juveniles: Perspectives from maturation assessments of living children. *Am J Phys Anthropol.* 101: 345-355.
- Lienhardt P. (1978) La mujer en el mundo árabe. *Pueblos de la Tierra*, Vol. 8. Montaner y Simón. Citado por Brandi (1992).
- Lopez-Bueis I., Robledo B., Rosello J., Trancho G.J. (1996) Funciones discriminantes para la determinación sexual de la tibia en una serie española de sexo y edad conocidos. En: *Avances en Antropología ecológica y genética*. Zaragoza: Ed. Universidad de Zaragoza. pp.51-58.
- Maroto R.M. (2004) *Antropología de las poblaciones femeninas medievales del Alto Ebro y Alto Duero*. Granada: Universidad de Granada. Tesis Doctoral.
- Masset C. (1987) Le «recrutement» d'un ensemble funéraire. En: Duday H., Masset C. (Ed.). *Anthropologie physique et archéologie. Méthodes d'étude des sépultures*. Paris: CNRS. pp. 111-134.
- Masset C. (1989) Age estimation on the basis of cranial sutures. En: *Age markers in the human skeleton*. Springfield, IL: Charles C. Thomas. pp. 71-103.
- Meindl R.S., Lovejoy C.O., Mensforth R.P., Walker R.A. (1985) A revised method of age determination using the os pubis, with a review and tests of accuracy of other current methods of pubic symphyseal aging. *Am J Phys Anthropol.* 68:29-45.
- Miles A.E.W. (2001) The Miles method of assessing age from tooth wear revisited. *J Archaeol Sci.* 28: 973-982.
- Petersen W. (1975) A demographer's view of Prehistoric demography. *Current Anthropology.* 16 (2):227-245.
- Piontek J., Weber A. (1990) Controversy on paleodemography. *Int J Anthropol.* 5:71-83.
- Prada E. (1993) *Estudio antropológico de los restos humanos medievales y modernos de la necrópolis leonesa de Palat del Rey*. León: Universidad de León. Tesis doctoral.
- Robledo B. (1998) *Dieta, indicadores de salud y caracterización biomorfológica de la población medieval musulmana de Xarea (Velez Rubio, Almería)*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Tesis Doctoral.
- Séguy I., Buchet L., Bringé A., Belaugue-Rossard M., Beurnier P., Couvert N., Perraut C. (2008) Model Life Tables for Pre-Industrial Populations: First Application in Palaeodemography. En: Bocquet J.P. (Ed.). *Recent Advances in Palaeodemography. Data, Techniques, Patterns*. Springer Netherland. Dordrecht. pp. 83-118.
- Sellier P. (1995) Paléodémographie et archéologie funéraire: les cimetières de Mehrgarh, Pakistan. *Paléorient.* 21 (2): 123-143.

- Šlaus M. (2000) Biocultural analysis of sex differences in mortality profiles and stress levels in the Late Medieval population from Nova Rača, Croatia». *Am J Phys Anthropol.* 111:193-209.
- Smith B.H. (1991) Standards of human tooth formation and dental age assessment. En: Kelley M., Larsen C.S. (Ed.). *Advances in Dental Anthropology*. New York: Wiley-Liss. pp. 143-168.
- Souich Ph. du, Botella M.C., Ruiz L. (1990) Antropología de la población medieval de Palacios Sierra (Burgos). *Bol Soc Esu Antropología Biológica* 11: 117-146.
- Szilvássy J. (1988) Alterdiagnose am Skelett. En: Knußmann R (Ed.). *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band I: Wesen und Methoden der Anthropologie, 1 Teil: Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden*. G. Fischer Verlag, Stuttgart. pp. 421-443.
- Trancho G.J. (1999) Antropología Biológica: reconstrucción de la forma de vida del pasado. Ed. MEC y MTAS Instituto de la Juventud. pp. 181-192.
- Trancho G.J., Robledo B., Lopez-Bueis I., Sánchez J.A. (1997) Sexual determination of the femur using discriminant functions. Analysis of a Spanish population of known sex and age. *J Forensic Sci.* 42(2):181-185.
- Ubelaker D.H. (1989) *Human skeletal remains: excavation, analysis, interpretation*. Washington, DC: Taraxacum.
- Weiss K. (1973) A method for approximating age-specific fertility in the construction of life tables for anthropological populations. *Hum Biol.* 45:195-210.
- Williams J.T. (1992) Life tables in palaeodemography: A methodological note. *Int J Osteoarchaeol.* 2: 131-138.
- Wood J.W., Milner G.R., Harpending H.C., Weiss K.M. (1992) Theosteological paradox. *Current Anthropol.* 33: 343-370.

Tabla 1
Distribución de la muestra de la *maqbara* de San Nicolás (Ávila) en grupos de edad y sexo

	Grupo 0 Neonato	Grupo 1 Infantil I	Grupo 2 Infantil II	Grupo 3 Juvenil	Grupo 4 Adulto Joven	Grupo 5 Adulto Maduro	Grupo 6 Senil	Grupo 7 Adulto	Total	
VARÓN	Recuento	0	1	1	9	39	22	3	22	97
	% dentro de SEXO	0.0	1.0	1.0	9.3	40.2	22.7	3.1	22.7	100.0
	% dentro de EDAD	0.0	4.3	3.4	20.9	33.3	48.9	50.0	28.9	28.4
	% del total	0.0	0.3	0.3	2.6	11.4	6.5	0.9	6.5	28.4
MUJER	Recuento	0	3	10	18	61	22	3	26	143
	% dentro de SEXO	0.0	2.1	7.0	12.6	42.7	15.4	2.1	18.2	100.0
	% dentro de EDAD	0.0	13.0	34.5	41.9	52.1	48.9	50.0	34.2	41.9
	% del total	0.0	0.9	2.9	5.3	17.9	6.5	0.9	7.6	41.9
INDETERMINADO	Recuento	2	19	18	16	17	1	0	28	101
	% dentro de SEXO	2.0	18.8	17.8	15.8	16.8	1.0	0.0	27.7	100.0
	% dentro de EDAD	100.0	82.6	62.1	37.2	14.5	2.2	0.0	36.8	29.6
	% del total	0.6	5.6	5.3	4.7	5.0	0.3	0.0	8.2	29.6
TOTAL	Recuento	2	23	29	43	117	45	6	76	341
	% dentro de SEXO	0.6	6.7	8.5	12.6	34.3	13.2	1.8	22.3	100.0
	% dentro de EDAD	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	% del total	0.6	6.7	8.5	12.6	34.3	13.2	1.8	22.3	100.0

Tabla 2
Tabla de vida para el total de la muestra de la *maqbara* abulense de San Nicolás, según grupos de edad

Rango edad	Duración intervalo	Grupos edad	Nº de muertos	% de muertos	Supervivientes	Prob. de muerte	Nº total de años vividos	Nº total de años por vivir	Esperanza de vida
años	anchura	X	D _x	d _x	l _x	q _x	L _x	T _x	E _x
Neonatal	1	0	2	0.77	100.00	0.0077	99.62	2521.07	25.21
Infantil I	4	1	23	8.81	99.23	0.0888	379.31	2421.46	24.40
Infantil II	6	2	26	9.96	90.42	0.1102	512.64	2042.15	22.58
Juvenil	7	3	43	16.48	80.46	0.2048	505.56	1529.50	19.01
Adulto Joven	19	4	116	44.44	63.98	0.6946	793.49	1023.95	16.00
Maduro	19	5	45	17.24	19.54	0.8824	207.47	230.46	11.79
Senil	20	6	6	2.30	2.30	1.0000	22.99	22.99	10.00
		Totales	261	100.00			2521.07		

Tabla 3
Tabla de vida para la serie masculina de San Nicolás, según grupos de edad

Rango edad	Duración intervalo	Grupos edad	Nº de muertos	% de muertos	Supervivientes	Prob. de muerte	Nº total de años vividos	Nº total de años por vivir	Esperanza de vida
años	anchura	X	D _x	d _x	l _x	q _x	L _x	T _x	E _x
Neonatal	1	0	0	0.00	100.00	0.0000	100.00	3253.38	32.53
Infantil I	4	1	1	1.35	100.00	0.0135	397.30	3153.38	31.53
Infantil II	6	2	1	1.35	98.65	0.0137	587.84	2756.08	27.94
Juvenil	7	3	9	12.16	97.30	0.1250	638.51	2168.24	22.28
Adulto Joven	19	4	38	51.35	85.14	0.6032	1129.73	1529.73	17.97
Maduro	19	5	22	29.73	33.78	0.8800	359.46	400.00	11.84
Semil	20	6	3	4.05	4.05	1.0000	40.54	40.54	10.00
		Totales	74	100.00			3253.38		

Tabla 4
Tabla de vida para la serie femenina de San Nicolás, según grupos de edad

Rango edad	Duración intervalo	Grupos edad	Nº de muertos	% de muertos	Supervivientes	Prob. de muerte	Nº total de años vividos	Nº total de años por vivir	Esperanza de vida
años	anchura	X	D _x	d _x	l _x	q _x	L _x	T _x	E _x
Neonatal	1	0	0	0.00	100.00	0.0000	100.00	2793.53	27.94
Infantil I	4	1	3	2.59	100.00	0.0259	394.83	2693.53	26.94
Infantil II	6	2	9	7.76	97.41	0.0796	561.21	2298.71	23.60
Juvenil	7	3	18	15.52	89.66	0.1731	573.28	1737.50	19.38
Adulto Joven	19	4	61	52.59	74.14	0.7093	909.05	1164.22	15.70
Maduro	19	5	22	18.97	21.55	0.8800	229.31	255.17	11.84
Senil	20	6	3	2.59	2.59	1.0000	25.86	25.86	10.00
		Totales	116	100.00			2793.53		

Tabla 5
Estimadores paleodemográficos calculados según las fórmulas propuestas por Bocquet y Masset (1977), y estimadas según la interpolación dependiendo de la tasa de crecimiento calculada para la población abulense de San Nicolás

	Teórico (Bocquet & Masset, 1979)						Estimado	
	Población Estacionaria			Población Estable			Población Estable	
	$T_c=0$	r	$T_c=-0.020$	r	$T_c=-0.010$	r	$T_c=-0.0147$	r
\hat{e}_0^0	28.4 ± 1.503	0.941	15.1 ± 1.593	0.933	21.3 ± 1.513	0.940	19.0	0.938
$1q_0$	0.256 ± 0.016	0.841	0.327 ± 0.017	0.807	0.296 ± 0.016	0.825	0.312	0.996
$5q_0$	0.396 ± 0.041	0.775	0.535 ± 0.046	0.701	0.477 ± 0.044	0.738	0.507	1.000
n	0.022 ± 0.002	0.918	0.036 ± 0.001	0.938	0.035 ± 0.002	0.929	0.035	0.974
m	0.022 ± 0.002	0.918	0.054 ± 0.002	0.936	0.044 ± 0.002	0.928	0.049	1.000

Tabla 6
Tabla de vida para el total de la muestra de la *maqbara* abulense de San Nicolás, según grupos de edad, corregido por la tasa de crecimiento ($r=-1.471$)

Rango edad	Duración intervalo	Grupos edad	Nº de muertos	Corrección	Nº de muertos ($r=-1.471$)	% de muertos	Supervivientes	Prob. de muerte	Nº total de años vividos	Nº total de años por vivir	Esperanza de vida
años	anchura	X	D _x	C	D' _x	d _x	l _x	q _x	L _x	T _x	E _x
Neonatal	1	0	2	0.9926	1.99	1.12	100.00	0.0112	99.44	2193.36	21.93
Infantil I	4	1	23	0.9565	22.00	12.39	98.88	0.1253	370.76	2093.92	21.18
Infantil II	6	2	26	0.8752	22.75	12.81	86.50	0.1481	480.55	1723.16	19.92
Juvenil	7	3	43	0.7831	33.67	18.96	73.69	0.2573	449.46	1242.60	16.86
Adulto Joven	19	4	116	0.6364	73.83	41.56	54.73	0.7594	645.03	793.14	14.49
Maduro	19	5	45	0.4732	21.30	11.99	13.17	0.9104	136.31	148.11	11.25
Senil	20	6	6	0.3493	2.10	1.18	1.18	1.0000	11.80	11.80	10.00
Totales			261		178	100.00			2193.36		

**PERIOSTITIS EN LA NECRÓPOLIS DE LA ERMITA DE
NUESTRA SEÑORA DEL CARRASCAL EN PEDRAZA DE LA
SIERRA (SEGOVIA, S. XII A XVII)**

**PERIOSTITIS IN THE NECROPOLIS FROM THE HERITAGE OF
OUR LADY OF THE CARRASCAL IN PEDRAZA DE LA SIERRA
(SEGOVIA, XIITH - XVIITH)**

Caro, L.; Sánchez-García, E.

Área de Antropología Física
Fac. CC. Biológicas y Ambientales
Universidad de León
Campus de Vegazana s/n 24071 León. España
elena.sanchez.garcia1@gmail.com

Resumen

Pedraza de la Sierra es una localidad amurallada situada al nordeste de la provincia de Segovia. Extramuros de la villa, en «El Arrabal», se localiza la ermita de Nuestra Señora del Carrascal en cuyo atrio se hallaron los restos esqueléticos humanos dispuestos en 33 unidades estratigráficas. La necrópolis, sita al este de la ciudad amurallada, está datada entre los siglos XII y XVII, lo que coincide con la fecha de construcción de la iglesia y la caída en ruinas de la misma, con la consiguiente despoblación de la zona. El objetivo de este estudio es conocer e interpretar la prevalencia de periostitis y su relación con los condicionantes ambientales que pudieron afectarles, desde una perspectiva bioantropológica y paleopatológica, partiendo de la hipótesis de que esta patología suele ser más habitual en las extremidades inferiores de los varones. El estudio paleopatológico de la periostitis se llevó a cabo mediante análisis macroscópico en 233 huesos largos entre húmeros, cúbitos, fémures y tibias, de varones y mujeres adultos, procedentes de las unidades estratigráficas, osarios y reducciones. Los resultados muestran una mayor prevalencia de periostitis en la extremidad inferior respecto a la superior en los dos sexos, destacando en el lado derecho de los varones y en ambos lados en las mujeres. Además de factores como el sexo, la edad y la genética, se considera que el ámbito ecológico de estos pobladores, ha podido ser una de las causas fundamentales para la alta presencia y distribución en el esqueleto de la patología estudiada.

Palabras clave: periostitis, necrópolis, Segovia, Paleopatología.

Abstract

Pedraza de la Sierra is a walled locality placed to the north-east of the province of Segovia. Outside of the village, in «The Suburb», there is located the hermitage of Our Lady of the Carrascal in whose porch there were situated the skeletal human remains arranged in 33 stratigraphic units. The necropolis, situated to the east of the walled city, dates back from the 12th century to the 17th century, which coincides with the date of construction of the church and the fall with ruins of the same one, with the consequent depopulation of the zone. The aim of this study is to know the prevalence and to interpret of periostitis and their relation with the determining environmental ones that could affect them, from a bioanthropological and paleopathological perspective, departing from the hypothesis from that is in the habit of being more habitual in the low extremities of the males. The paleopathological study of the periostitis was carried out by means of macroscopic analysis in 233 long bones among humeri, ulnae, femurs and tibias, of adult males and women, proceeding from the stratigraphic units, ossuaries and reductions. The results prove to be a major prevalence of periostitis in the low extremity with regard to the superior in both sexes, standing out in the right side of the males and in both sides in the women. Besides, factors as the sex, the age and the genetics, it is considered that the ecological areas of these settlers, could have been one of the fundamental reasons for the high presence and distribution in the skeleton of the studied pathology.

Keywords: periostitis, necropolis, Segovia, Paleopathology.

INTRODUCCIÓN

Pedraza de la Sierra se localiza en el noreste de la provincia de Segovia (**Figura 1**); está amurallada y presenta una única puerta de entrada. Extramuros a la Villa, en «El Arrabal», se localizaban las ruinas de la ermita románica de Nuestra Señora del Carrascal, adquiridas por la Junta de Castilla y León, con el propósito de incluirlas dentro del «Programa de Protección y Recuperación Arquitectónica» de la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León, convirtiéndose tras su restauración en el «Centro Territorial del Águila Imperial» (Cotesa, 2010).

El término periostitis es utilizado para referir el depósito de tejido óseo neoforado en la superficie del hueso. Cuando la producción de hueso nuevo afecta al córtex toma la denominación de osteítis (Campillo, 2001). El término osteomielitis implica afectación de la cavidad medular (Mann Murhpy, 1990). La periostitis representa generalmente una reacción a, o es parte de, cambios patológicos del hueso subyacente. La región anatómica que puede verse afectada de periostitis es el periostio, que es una membrana que recubre completamente la superficie externa de un hueso, excepto donde se encuentra cubierto por cartílago articular, por la membrana sinovial o en lugares donde la articulación no es sinovial, como la sín-

fisis púbrica. La capa interior del periostio conserva la capacidad osteoblástica durante toda la vida, incluso una vez finalizado el crecimiento; por lo tanto, no es sorprendente que el periostio reaccione a diferentes ataques con formación anómala de hueso cuya morfología refleja el tipo de patología que está estimulando la osteogénesis (Aufderheide Rodríguez-Martin, 1998) aunque la formación ósea perióstica no se limita a la infección (Ortner, 2003).

Se ha estudiado la periostitis como una de las manifestaciones esqueléticas que nos ayudan a aproximarnos al diagnóstico de una patología en poblaciones históricas, porque es uno de los indicadores paleopatológicos que mejor reflejan el estado de salud en restos osteoarqueológicos (Robb et al., 2001; Novak Šlaus, 2010). Cabe señalar que existen factores limitantes para su estudio como son, entre otros, el acceso a la bibliografía histórica y ecológica de la población de estudio y el estado de conservación de los restos esqueléticos (Aufderheide Rodríguez-Martin, 1998; Campillo, 2003; Ubelaker, 2007).

El objetivo principal de este estudio es analizar y describir desde una perspectiva bioantropológica y paleopatológica los restos esqueléticos exhumados de la necrópolis de Nuestra Señora del Carrascal, interpretar los resultados y contrastarlos con los que se desprenden de las fuentes históricas y arqueológicas. El examen de la necrópolis de «El Arrabal» de Pedraza es en sí mismo inédito, tanto más la parte paleopatológica, por lo que el estudio de esta población se suma al resto de poblaciones históricas de Castilla y León estudiadas con anterioridad en la Universidad de León.

En cuanto a la patología tratamos de describir las alteraciones periostíticas halladas, establecer su prevalencia en cada región esquelética y agrupándolas en extremidad superior e inferior y todo ello en función del sexo de los sujetos.

Finalmente, y teniendo en cuenta las limitaciones inherentes al estudio de restos óseos en ocasiones descontextualizados, trataremos de conocer la relación entre la prevalencia de la periostitis con el estilo de vida de estos pobladores medievales, ya que la presencia de esta patología en una población arqueológica puede estar asociada con malnutrición, escasez de higiene y, en general, unas condiciones de vida deficientes (Steckel et al., 2002; Márquez-Grant, 2009).

MATERIAL Y MÉTODOS

La datación de la necrópolis abarca desde el s. XII hasta el s. XVII, lo que coincide con la data de construcción de la ermita de Nuestra Señora del Carrascal y la caída en ruinas de la misma con la consiguiente despoblación de «El Arrabal» de Pedraza. El nombre del yacimiento arqueológico en que está situada la ermita es el de *Prado Monje* y el Código del Inventario Arqueológico de Castilla y León

(Código IACYL) es 40-156-0001-03, con número de orden en el catálogo del Plan Especial del Casco Histórico PECH 06, de adscripción cultural Paleomedieval Cristiano y Moderno (Cotesa, 2010).

Los restos humanos osteoarqueológicos estudiados proceden de la intervención arqueológica llevada a cabo por la empresa *Arqueología Julia* en el atrio de la Ermita entre diciembre de 2005 y marzo de 2006, durante los trabajos previos a la restauración del edificio (Crespo, 2005).

Cada unidad estratigráfica (UE) fue definida atendiendo a los estratos surgidos al realizarse la excavación. La mayor parte de los enterramientos se concentran en la Fase IV y están dispuestos en varios niveles que, por sus características y por las monedas halladas en las UEs 13, 32, 34 y 59, los arqueólogos fecharon entre los siglos XIV y XVII.

En lo referente a la ausencia o presencia de ataúdes, en el caso de la UE 6 se localizaron restos de madera debajo de los restos óseos, hecho que conduce a los arqueólogos a pensar en un enterramiento con parihuelas, aunque no era un elemento de uso generalizado. La mayor parte de los enterramientos fueron realizados en fosas de forma ovalada excavadas en la tierra, algunas de las cuales presentan lajas de piedra caliza irregular enmarcando la fosa. La mayoría de las tumbas han sido reutilizadas en varias ocasiones, ya que se han hallado numerosas reducciones pertenecientes a uno o varios individuos, generalmente en la zona de los pies o en los laterales. Los individuos estaban colocados en decúbito supino, con una orientación oeste-este, estando la cabeza colocada hacia el oeste, y los brazos cruzados sobre la pelvis, abdomen o pecho, en posición orante o durmiente (Crespo, 2005).

Los restos esqueléticos fueron estudiados en el Laboratorio de Investigación del Área de Antropología Física de la Universidad de León. Dichos restos estaban dispuestos en 33 UEs definidas por los arqueólogos, de las cuales solo llegaron 25 etiquetadas, ya que algunas de ellas no vienen registradas en la Memoria como ocupadas por restos óseos, sino por lajas, tierra y echadizos o muros. Hubo que tomar diversas decisiones en el momento de abordar la investigación, ya que se pudo constatar en varias ocasiones que había fragmentos de un mismo individuo repartidos en más de una UE en el momento de la reconstrucción, probablemente como consecuencia de la superposición de algunas de las tumbas. El material exhumado llegó al Laboratorio en bolsas de plástico incluidas en cajas de cartón. Cada una de ellas podía corresponder a una sola inhumación aunque, en general, contenían dos o más sujetos que procedían o bien de la reutilización de tumbas, con la consiguiente reducción de restos, o bien de osarios. En algunos casos en una única UE había partes de gran cantidad de individuos, de ambos sexos y de varias clases de edad, cuyo tratamiento fue el de un osario, a pesar de venir definido en la memoria arqueológica como un único enterramiento.

Todo ello aportó gran dificultad a la hora de abordar el examen de esta necrópolis en el momento de la agrupación y adscripción de cada una de las regiones anatómicas a los diferentes individuos, fundamentalmente en el caso de reutilizaciones u osarios. A cada una de las bolsas que se abrió se le asignó una ficha antropológica, en la que se incluyeron todas las características del enterramiento (notas arqueológicas, restos óseos de fauna, cerámica, fragmentos de tejido, ajuares, etc.), así como todos los datos que se pudieron tomar y observar del sujeto o de los sujetos que formaban la inhumación.

Como los enterramientos se caracterizaban por presentar restos óseos frágiles y muy fragmentados el proceso de limpieza y reconstrucción requirió de especial cuidado, evitando que se perdiera la menor información posible y a la vez se pudiera observar cualquier alteración ósea de tipo patológico que pudiera presentar. En el caso de elementos óseos del esqueleto apendicular se procedió a determinar el sexo de cada una de las piezas de forma independiente ya que no siempre se disponía de individuos, como ya hicieran Jordana et al. (2010), con lo que obviamos la dificultad ocasionada por la dispersión de los restos de varios individuos en más de una UE.

Para la estimación sexual de los huesos largos se emplearon las funciones discriminantes para el húmero (Trancho et al., 2012), el cúbito (López-Bueis et al., 1997), el fémur (Trancho et al., 1997a) y la tibia (López-Bueis et al., 1996) ya que permiten su utilización incluso en aquellas ocasiones en las que los huesos están fragmentados o su estado de conservación no es idóneo, así como su corroboración a través de caracteres cualitativos, ya que la frecuencia de signos de interés patológico es importante tanto en los restos bien preservados como en los fragmentados (Rascón et al., 2011).

El material utilizado para llevar a cabo la toma de dimensiones fueron una tabla osteométrica, un calibre de corredera y una cinta métrica, todo de Siber Hegner & Co. (GPM Gneupel, Suiza), labor realizada tres veces, con un intervalo de una semana entre cada una, para compensar el error intraobservador. La documentación gráfica resulta de la utilización de la cámara fotográfica digital NIKON Coolpix 4300 y el programa de edición de imágenes ArcSoft PhotoStudio 2000.

Para el estudio paleopatológico, y empleando las funciones discriminantes para los huesos largos de los autores ya citados, se han estudiado un total de 233 huesos largos (húmeros, cúbitos, fémures y tibias), de los cuales 130 pertenecían a varones (64 del lado derecho y 66 del lado izquierdo) y 103 a mujeres (54 del lado derecho y 49 del lado izquierdo) (**Tabla 1**). Con todo ello, se ha contabilizado un número mínimo de 40 individuos según el elemento esquelético más repetido, la tibia derecha. Estos individuos formaban parte tanto de las unidades estratigráficas definidas por los arqueólogos como de las procedentes de los osarios y reducciones halladas al estudiar el conjunto esquelético recibido en el Laboratorio.

Estudio paleopatológico

El estudio paleopatológico se inició seleccionando los huesos largos del esqueleto apendicular de todos los individuos adultos que conformaban la necrópolis, excepto los radios y los peronés por la dificultad que entrañaba la toma de dimensiones debido a su mal estado de conservación. Se tuvo en cuenta que cada hueso conservara la diáfisis completa o al menos la mitad de la diáfisis y alguna de las epífisis para llevar a cabo la estimación sexual mediante funciones discriminantes. A continuación, se determinó la presencia o ausencia de periostitis en cada hueso.

La prevalencia de periostitis, tanto en las extremidades superiores como en las inferiores, fue calculada teniendo en cuenta el número de elementos afectados respecto al total de cada una de las estructuras óseas estudiadas (húmeros, cúbitos, fémures y tibias) teniendo en cuenta la lateralidad y el sexo, así como las extremidades superiores e inferiores para proceder al análisis estadístico (**Figura 27**).

En general, los diagnósticos fueron de probabilidad, pero suficientes para hacernos una idea de las penurias que la enfermedad ocasionó en nuestros antepasados (Campillo, 1993).

El diagnóstico de la periostitis se realizó en base a la presencia o ausencia de esta patología, teniendo en cuenta que el tejido óseo presenta una superficie de apariencia porosa, debido en parte a la orientación y distribución irregular de las fibras de colágeno mineralizadas, aunque esto último también puede reflejar la presencia de un incremento en la vascularización penetrante en la superficie del tejido óseo patológico (Resnick Niwayama, 1995).

En este trabajo no se hizo distinción entre la parte ósea engrosada, la cortical –periostitis en sentido estricto– y las superficies vascular y medular interna del hueso –osteítis– (Ortner, 2003), ya que no se ha realizado aún radiodiagnóstico, de gran utilidad para analizar la formación perióstica de hueso nuevo (Weston, 2008) aunque Resnick Niwayama (1995) describen hasta siete variantes morfológicas diferentes de la periostitis, cada una con múltiples opciones diagnósticas.

El tratamiento estadístico se realizó mediante el programa SPSS v19.0. Al ser los datos de tipo cualitativo, se usó un estadístico de frecuencias y descriptivo básico para conocer la prevalencia de las patologías estudiadas. Además, se aplicó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis, para las variables agrupadas por sexo, lateralidad y extremidades, con un valor de significación inferior al 0.05 ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Los resultados globales de este estudio se reflejan en la **Tabla 2**, donde figuran los resultados de prevalencia de la enfermedad en cada uno de los huesos estudia-

dos por sexos y lateralidad. En ella podemos apreciar que hay un predominio de periostitis en los húmeros izquierdos, tanto en varones como en mujeres, aunque sin significación estadística. Lo mismo puede decirse del cúbito izquierdo de los varones, pero no así de los cúbitos de las mujeres, donde las frecuencias se invierten y la periostitis es más frecuente en el cúbito derecho.

Al observar los huesos de la extremidad inferior se puede comprobar una mayor presencia de presencia de periostitis que en la superior. En el caso de los fémures se observó un aumento progresivo en la diáfisis (**Figura 2**), la mayor presencia de periostitis en ambos sexos es en el fémur derecho, aunque también carente de significación estadística. Finalmente, la mayor presencia de periostitis en las extremidades inferiores de los dos sexos aparece en las tibias (**Figuras 3 y 4**), en algunos casos con evidentes signos de calcificación de hematomas, y más en el lado derecho que en el izquierdo, lo que confirma a la tibia como el hueso más expuesto a la infección periostítica en «El Arrabal» de Pedraza.

En la **Tabla 3**, donde se compara la frecuencia de periostitis entre ambas extremidades, según el sexo y la lateralidad, los resultados indican que tanto en varones como en mujeres, la periostitis tiene una mayor prevalencia en la extremidad inferior, con valores significativos para los dos lados en las mujeres y solo en el lado derecho de los varones.

Finalmente (**Tabla 4**), al comparar la presencia de periostitis en las extremidades superiores en función del sexo, se evidencia la falta de diferencias significativas, lo que también ocurre en las extremidades inferiores. Sin embargo, al comparar los valores obtenidos para la periostitis entre las extremidades superiores e inferiores para cada uno de los sexos sí se observan diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo mayor su presencia en las extremidades inferiores, en porcentajes superiores al 70%.

DISCUSIÓN

Es difícil conocer la etiología de la periostitis en el hueso seco, ya que la misma manifestación esquelética puede corresponder a diversos orígenes. De hecho, existe una discusión incluso de dónde englobarla, ya que diversas patologías tienen como manifestación esquelética la periostitis. Algunos autores establecen que puede originarse un engrosamiento del periostio como signo de una infección (Brothwell, 1993; Ortner, 2003), o como resultado de un traumatismo directo en el hueso, donde el hematoma eleva el periostio, estimulando el depósito de hueso (Mann Hunt, 2005). El resultado puede ser un hematoma perióstico calcificado y las causas pueden ser diversas, desde una enfermedad infecciosa específica como la tuberculosis o la sífilis (Brothwell, 1993), a procesos tumorales que engrosan el periostio, o por el síndrome de estrés tibial medial (Galbraith Lavalley, 2009), por

patología vascular (Pinheiro et al., 2004) así como por escorbuto, que cursa con diátesis hemorrágicas que producen hematomas intramusculares y subperiósticos que dan lugar a hematomas calcificados y periostitis secundarias (Ginestà, 2003; Mann Hunt, 2005; Brickley Ives, 2008; Geber Murphy, 2012).

A la luz de los resultados obtenidos puede decirse que la presencia de periostitis en los húmeros, generalmente localizada en las proximidades del orificio nutricional, de los individuos de la población de «El Arrabal» de Pedraza ha resultado un hecho destacable ya que su hallazgo no suele ser habitual en los estudios de poblaciones históricas, y son pocos los autores que también las han evidenciado (Ortner, 2003; Rihuete et al., 2011).

El engrosamiento progresivo observado a partir del tercio distal de algunos fémures, signo evidente de periostitis que implica la pérdida de la lisura de la capa cortical de la diáfisis, sucede porque esa capa cortical ha sido sustituida por rugosidades osteogónicas anárquicas (Campillo, 2001). Se descartó la osteomielitis, ya que no se ha constatando la presencia de cloacas (orificios en el hueso por los que supura la infección) en el momento de estudio de los restos esqueléticos, aunque no podemos saber las consecuencias finales en el caso de haber podido avanzar la enfermedad. Así mismo, no puede descartarse el origen tumoral de las lesiones osteolíticas observadas hasta realizar estudios de radiodiagnóstico y conocer el alcance y morfología de la lesión, a pesar de las dificultades que existe para llegar a un diagnóstico de neoplasia en Paleopatología (Campillo, 1993).

Esta elevada prevalencia de periostitis tibial están en consonancia con los resultados obtenidos por López (2000) en su estudio de poblaciones medievales de Castilla y León, y los de Novak Šlaus (2010). La mayor aparición de periostitis en las tibias se debe a que reúnen un conjunto de características que las hace vulnerables a la acción de microorganismos infecciosos o traumatismos, como son el hecho de tener superficies vasculares extensas, una circulación sanguínea lenta y pocos tejidos blandos que las recubran (Roberts Manchester, 2005). Algunos autores (López, 2000; Polo-Cerdá et al., 2003; Šlaus, 2008; Craig Buckbery, 2010) sugieren que la periostitis constituye un marcador inespecífico dependiente del ambiente, de factores culturales y de la propia respuesta ósea individual.

Los diferentes tipos de periostitis observados en los antiguos pobladores de Pedraza, así como su localización en mitad de la diáfisis, pueden ser atribuidos a lesiones periostíticas postraumáticas, ya que una contusión en el periostio puede dar lugar a lesiones necróticas por una reacción osteolítica o hiperostósica (Campillo, 1993). En los individuos de «El Arrabal» queda descartada la periostitis secundaria por fractura, ya que ninguna de las tibias estudiadas presentaba evidencias de fractura, como también corroboró Márquez-Grant (2009) en una de sus poblaciones de estudio. En algunas tibias, y de manera aislada, se hallaron signos de periostitis alrededor de hematomas calcificados (Van der Merwe et al. 2010).

Las manifestaciones periostíticas observadas en las tibias, que predominan en la cara interna de la tibia, se podrían corresponder con la inflamación que ocasiona un engrosamiento del periostio. Una complicación frecuente de este proceso es su asociación a pequeñas hemorragias. Cuando la inflamación cede, el proceso cicatricial suele ocasionar una calcificación y posterior osificación del periostio, que se traduce por una irregularidad en la superficie externa del hueso compacto (Trancho et al., 1995, ref. Campillo, 2001). Su etiología más frecuente son las contusiones, las varices o los procesos de isquemia de origen arterial, aunque algunas periostitis son de causa desconocida (Campillo, 2001). Además, la periostitis en la línea media diafisaria también puede relacionarse con la sobrecarga funcional (Polo-Cerdá García-Prósper, 2002; García-Prósper Polo-Cerdá, 2003).

Por otro lado, la periostitis está más representada en las extremidades inferiores que en las superiores. Este dato viene a confirmar la mayor exposición de la extremidad inferior a la infección periostítica, en particular de las tibias, respecto a la extremidad superior, lo que podríamos relacionar con el tipo de vida y los factores de riesgo que tenían las gentes de «El Arrabal», en su entorno habitacional tales como la pobreza, el hacinamiento, la falta de higiene y el hambre, todo ello además con una amplia repercusión demográfica (Municio, 1992; Campillo, 2001; Robb et al., 2001; Craig Buckberry, 2010).

Todavía son necesarias muchas más investigaciones sobre la respuesta que da el sistema óseo a la enfermedad; sin embargo, nos pueden brindar información para conocer las numerosas incógnitas que existen sobre el pasado de las poblaciones humanas, pues la Paleopatología constituye una valiosa herramienta para acercarnos al conocimiento de la prevalencia de las enfermedades en las poblaciones antiguas y sus condiciones de vida en relación con su entorno tanto ecológico como social (Civera, 2006); lo que facilitaría la reconstrucción y la interpretación del estilo de vida de las gentes del pasado a través de indicadores importantes, que incluyen, entre otros, las periostitis (Larsen, 2002):

CONCLUSIONES

1. Durante el estudio de la necrópolis de Nuestra Señora del Carrascal observamos la presencia de una elevada frecuencia de periostitis en los huesos largos del esqueleto apendicular, no observada antes en ninguna otra población histórica de Castilla y León, lo que nos indujo a pensar en una posible relación con los ámbitos ecológicos de esta población.

Realizando el estudio por elementos esqueléticos individualizados se observa que el lado derecho tanto de fémures como de tibias es el más afectado en los varones, probablemente debido a la tendencia diestra de la población,

- y que al caminar por terreno agreste es ésa la primera extremidad que apoyan soportando todo el peso.
2. Se observan mayores frecuencias de periostitis en los fémures y tibias del lado derecho, tanto en varones como en mujeres, lo que sugiere que no existe una preferencia entre sexos en la presencia de esta patología.
 3. El estatus social puede ser un factor altamente influyente en la presencia y distribución de periostitis en los varones y las mujeres, además el sexo, la edad y la genética entre otros, porque el estilo de vida y otros condicionantes ambientales como la falta de higiene y el hacinamiento, facilita la transmisión de enfermedades de tipo infecto-contagioso.
 4. Lo anteriormente expuesto puede ser lo que ocurrió en nuestra población de estudio ya que «de muros adentro» vivían el Señor, el personal a su servicio, los hidalgos, los clérigos principales, los funcionarios y oficiales, los comerciantes y artesanos. Por el contrario, en el barrio extramuros de «El Arrabal», en el que se encontraba la ermita de Ntra. Sra. del Carrascal cuya necrópolis se estudió en este trabajo, estaba ocupado por las clases sociales más pobres.

BIBLIOGRAFÍA

- Aufderheide A.C., Rodríguez-Martín C. (1998). *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*: 93-247. Cambridge University Press. Cambridge.
- Brickley M., Ives R. (2008). *The bioarchaeology of metabolic bone disease*. Oxford Academic Press. Oxford.
- Brothwell D.R. (1993). *Desenterrando huesos*. La excavación, tratamiento y estudio de restos óseos del esqueleto humano. Fondo de Cultura Económica-España. Madrid.
- Campillo D. (1993). *Paleopatología. Los primeros vestigios de la enfermedad*. Colección Histórica de Ciencias de la Salud. Vol. 5. Fundación Uriach 1838. Barcelona.
- Campillo D. 2001. *Introducción a la Paleopatología*. Bellaterra Arqueología: Barcelona.
- Civera Cerecedo M. (2006). El enfoque paleoepidemiológico en la Antropología Física. *Anales de Antropología* 40(2): 85-116.
- Cotesa. (2010). Normas urbanísticas municipales y plan especial del conjunto histórico. Pedraza. Tomo II (catálogo arqueológico). Ayuntamiento de Pedraza (Segovia), Junta de Castilla y León (Consejería de Fomento).
- Craig E.F., Buckberry J.L. (2010). Investigating social status using evidence of biological status: a case study from Raunds Furnells En: J. Buckberry, A. Cherryson (Eds.). *Burial in Later Anglo-Saxon England c650-1100AD*: 128-142. Oxbow Books. Oxford.

- Crespo Mancho M.J. (2005). Informe de la intervención arqueológica realizada en la iglesia de Nuestra Señora del Carrascal en Pedraza de la Sierra. Depositado en el Servicio Territorial de Cultural de Segovia.
- Galbraith MR., Lavalley M.E. (2009). Medial tibial stress syndrome: conservative treatment options. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* 2: 127-133.
- García-Prósper E., Polo Cerdá M. (2003). Enterramientos en decúbito «prono» y un posible preso entre los primeros pobladores de Valencia (Siglos II a.C- III d.C). *Actas del VI Congreso Nacional de Paleopatología*: 298-316. Universidad Autónoma de Madrid.
- Geber J., Murphy E. (2012). Scurvy in the Great Irish famine: evidence of vitamin C deficiency from a Mid-19th Century skeletal population. *Am J Phys Anthropol* 148: 512-524.
- Ginestà Armengol J.A. (2003). Enfermedades metabólicas y carenciales. En: A. Isidro, A. Malgosa, (Eds.). *Paleopatología, la enfermedad no escrita*: 263-273. Masson S.A. Barcelona.
- Jordana X., Isidro A., Malgosa A. (2010). Interpreting diachronic osteological variation at the Medieval necrópolis of the Sant Pere Churches (Terrassa, Spain). *International Journal of Osteoarchaeology* 20: 670-692.
- Larsen C.S. (2002). Bioarchaeology: the lives and lifestyles of past people. *Journal of Archaeological Research* 10(2): 119-166.
- López-Bueis I., Robledo B., Roselló J., Tranco G.J. (1996). Funciones discriminantes para la determinación sexual de la tibia en una serie española de sexo y edad conocidos. En: J.L. Nieto Amada, L. Moreno Aznar (Eds.). *Avances en Antropología ecológica y genética*. Actas del IX Congreso Español de Antropología Biológica: 51-58. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- López-Bueis I., Robledo B., Del Río P., Tranco G.J. (1997). Identificación sexual del cúbito mediante funciones discriminantes. En: L. Caro Dobón, H. Rodríguez Otero, E. Sánchez Compadre, B. López Martínez, M.J. Blanco (Eds.). *Tendencias actuales de investigación en la Antropología Física española*. Actas del X Congreso de la Sociedad Española de Antropología Física: 173-178. Secretariado de publicaciones de la Universidad de León. León.
- López Martínez B. (2000). *Estudio antropológico de poblaciones históricas de Castilla y León*. Tesis doctoral. Universidad de León.
- Mann R.W., Murphy S. (1990). *Regional atlas of bone disease. A guide to pathologic and normal variation in the human skeleton*. Charles C Thomas Publisher: Springfield, USA.
- Mann R.W., Hunt D.R. (2005). *Photographical atlas of bone disease*. 2nd edition. Charles C Thomas Publisher. Springfield, USA:.
- Márquez-Grant N. (2009). Datos paleopatológicos de Ibiza (Islas Baleares): una perspectiva bioantropológica de la Antigüedad Tardía-Época Bizantina (s. IV-VII d.C.). En: M.

- Polo-Cerdá, E. García-Próser (Eds). *Investigaciones histórico-médicas sobre salud y enfermedad en el pasado*. Actas del IX Congreso Nacional de Paleopatología: 221-232. Grupo Paleolab. Morella, Valencia.
- Municio Gómez L. (1992). *Legajos apolillados*. Anotaciones y comentarios sobre documentos del archivo histórico de la Comunidad de Villa y Tierra de Pedraza. Diputación provincial de Segovia. Segovia
- Novak M., Šlaus M. (2010). Health and disease in a Roman walled city: an example of «Colonia Iulia Iader». *Journal of Anthropological Sciences*. 88: 189-206.
- Ortner D.J. (2003). Infections diseases: introduction, biology, osteomyelitis, periostitis, brucellosis, glanders, and septic arthritis. En: D.J. Ortner (Ed.). *Identification and pathological conditions in human skeletal remains*. 2nd edition. Elsevier Academic Press. USA.
- Pinheiro J, Cunha E, Cordeiro C, Nuno Vieira D. (2004). Bridging the gap between Forensic Anthropology and Osteoarchaeology: a case of vascular pathology. *International Journal of Osteoarchaeology* 14: 137-144.
- Polo-Cerdá M., García-Próser E. (2002). Ritual, violencia y enfermedad. Los enterramientos en «decubito prono» de la necrópolis fundacional de «Valentia. Saguntum». *Papeles del laboratorio de Arqueología de Valencia* 34: 13-148.
- Polo Cerdá M., Miquel Feucht M., Villalaín Blanco J.D. (2003). Periostitis y marcadores ocupacionales en soldados franceses fallecidos durante la Guerra de la Independencia. En: M. Campo Martín, F. Robles Rodríguez, (Eds.) *¿Dónde estamos? Pasado, presente y futuro de la Paleopatología*. Actas del VI Congreso Nacional de Paleopatología. 420-429. AEP.
- Rascón Pérez J., Cambra-Moo O., Pimentel de Francisco G., González Martín A., Campo Martín M. (2011). Influencia del estado de preservación de los restos óseos en el diagnóstico paleopatológico. En: A. González Martín, O. Cambra-Moo, J. Rascón Pérez, M. Campo Martín, M. Robledo Acinas, E. Labajo González, J.A. Sánchez Sánchez (Eds.) *Paleopatología: ciencia multidisciplinar*. X Congreso Nacional de Paleopatología: 45.59. Sociedad de Ciencias Aranzadi. San Sebastián.
- Resnick D., Niwayama G. (1995b). Enostosis, hyperostosis, and periostitis. En: D. Resnick, (Ed.). *Diagnosis of bone and joint disorders*. 3ª Ed. 4396-4466. WB Saunders. Philadelphia.
- Robb J, Bigazzi R., Lazzarini L., Scarsini C., Sonogo F. (2001). Social «status» and biological «status»: a comparison of grave goods and skeletal indicators from Pontecagnano. *Am J Phys Anthropol* 115(3): 213-222.
- Roberts C., Manchester K. (2005). *The archaeology of disease*. 3rd edition. Sutton Publishing. Gloucestershire, UK.
- Steckel R.H., Rose J.C., Larsen C.S., Walker P.L. (2002). Skeletal health in the Western Hemisphere from 4000 BC to the present. *Evolutionary Anthropology* 11: 142-155.

- Šlaus M. (2008). Osteological and dental markers of health in the transition from de Late Antique to the Early Medieval Period in Croatia. *Am J Phys Anthropol* 136: 455-469.
- Trancho G.J., López-Bueis I., Robledo B., Sánchez J.A. (1997a). Sexual determination of the femur using discriminant functions. Analysis of a Spanish population of known sex and age. *J Forensic Sciences* 42(2): 181-185.
- Trancho G.J., Robledo B., Sánchez J.A. (2012). Dimorfismo sexual del húmero en una población española de sexo y edad conocidos. En: D. Turbón, L. Fañanás, C. Rissech, A. Rosa (Eds.). *Biodiversidad Humana y Evolución*. Actas del XVII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Antropología Física: 364-369. Barcelona.
- Ubelaker D.H. (2007). *Enterramientos humanos. Excavación, análisis, interpretación*. Suplemento 24. Sociedad de Ciencias Aranzadi. San Sebastián.
- Van Der Merwe A.E., Maat G.J.R., Steyn M. (2010). Ossified haematomas and infectious bone changes on the anterior tibia: histomorphological features as and aid for accurate diagnosis. *Int J Osteoarchaeol* 20: 227-239.
- Weston D.A. (2008). Investigating the specificity of periosteal reactions in pathology museums specimens. *Am J Phys Anthropol* 137: 48-59.

Figura 1

(a) Ubicación geográfica de Pedraza de la Sierra (Segovia). (b) Esquema en planta donde se muestra la ubicación de la ermita de Nuestra Señora del Carrascal (círculo rojo), al este del casco urbano (Cotesa, 2010)

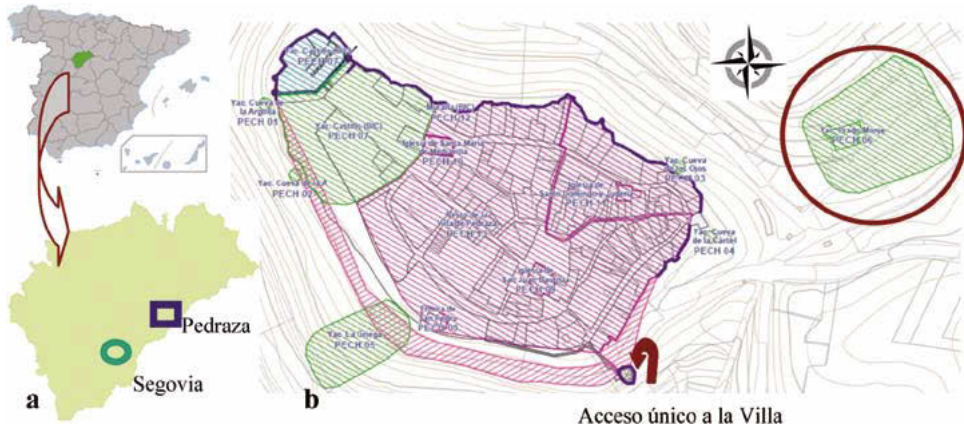


Figura 2

Fémur derecho de un varón de la UE PS/B5 mostrando evidencias de periostitis en el tercio distal de la diáfisis



Figura 3

(a) Evidencias de periostitis por hematoma perióstico en la tibia izquierda de una mujer de la PS/UE B5. (b) Periostitis activa en el momento del óbito en la tibia derecha de una mujer de la PS/UE 94



Figura 4

Detalles de la diáfisis de la tibia derecha de una mujer, de un conjunto esquelético descontextualizado, con signos de hematoma calcificado con la consecuente manifestación periostítica



Tabla 1

Elementos esqueléticos estudiados según el sexo y la lateralidad

	Derecho	Izquierdo	TOTAL
Varones	64	66	130
Mujeres	54	49	103
TOTAL	118	115	233

Tabla 2

Resultados de la prevalencia de periostitis en cada uno de los huesos estudiados al comparar por sexos y lateralidad. N= número total de huesos estudiados de cada tipo; %= frecuencia de casos observados del total de huesos estudiados; D= derecho, I= izquierdo, n.s.= no significativo. Test Kruskal-Wallis (χ^2), $p < 0.05$ (*)

HUESO	PERIOSTITIS				<i>p</i>
	Varones		Mujeres		
	N	%	N	%	
Húmero D	18	44.4	7	28.6	n.s.
Húmero I	15	66.7	10	50.0	n.s.
<i>p</i>	n.s.		n.s.		
Cúbito D	7	28.6	13	38.5	n.s.
Cúbito I	9	33.3	13	7.7	n.s.
<i>p</i>	n.s.		n.s.		
Fémur D	20	60.0	13	76.9	n.s.
Fémur I	22	50.0	10	60.0	n.s.
<i>p</i>	n.s.		n.s.		
Tibia D	19	78.9	21	81.0	n.s.
Tibia I	20	70.0	16	68.8	n.s.
<i>p</i>	n.s.		n.s.		

Tabla 3

Relación estadística entre la presencia de periostitis en lado derecho e izquierdo, en extremidad superior e inferior, por sexos. N= número total de huesos estudiados de cada tipo; %= frecuencia de casos observados del total de huesos estudiados; D=derecho; I=izquierdo; n.s.=no significativo. Test Kruskal-Wallis (χ^2), $p<0.05$ (*)

Extremidad	PERIOSTITIS									
	Varones				p	Mujeres				p
	D		I			D		I		
	N	%	N	%		N	%	N	%	
Superior	29	40.0	24	54.2	n.s.	20	35.0	23	26.1	n.s.
Inferior	39	69.2	42	59.5	n.s.	34	79.4	26	65.4	n.s.
<i>p</i>	<0.05*		n.s.			<0.05*		<0.05*		

Tabla 4

Resultados de la prevalencia de osteoartritis y periostitis en varones y mujeres en función de la extremidad superior e inferior. N= número total de huesos estudiados de cada tipo; %= frecuencia de casos observados del total de huesos estudiados; n.s.=no significativo. Test Kruskal-Wallis (χ^2), $p<0.05$ (*)

EXTREMIDAD	PERIOSTITIS				
	Varones		Mujeres		p
	N	%	N	%	
Superior	49	30.6	43	30.2	n.s.
Inferior	81	72.8	60	73.3	n.s.
<i>p</i>	<0.05*		<0.05*		

COMPLEJAS INTERACCIONES BIOCULTURALES EN LA INTERPRETACIÓN DE LA *CRIBRA ORBITALIA* Y LA HIPEROSTOSIS PORÓTICA DURANTE EL PERIODO INTERMEDIARIO TARDÍO EN LA COSTA CENTRAL PERUANA

Gómez, J.; Eggers, S.

Laboratorio de Antropología Biológica. Instituto de Biociencias. Universidad de São Paulo, Brasil. Rua do Matão 277. CEP 05508-900 São Paulo, Brasil.
E-mail para correspondencia: julianagm@ib.usp.br.

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo presentar el análisis osteológico realizado a 32 cráneos prehispánicos correspondientes a la cultura Chancay del periodo Intermediario Tardío (AD 1200-1450) en la costa central peruana. El registro se enfocó en las prevalencias de *cribra orbitalia* e hiperostosis porótica, teniendo en cuenta el grado de expresión (leve o severa), el nivel de regeneración (activa o cicatrizada) y su relación con la deformación intencional del cráneo. Los resultados muestran una alta prevalencia (54.8%) de estas lesiones especialmente en el grado leve y en el estado remodelado. No se encontró una relación significativa entre *cribra* e hiperostosis, con el procedimiento de deformación craneal ni entre los sexos. La alta prevalencia sugiere que la anemia fue una condición frecuente en esta población como resultado de la interacción compleja entre variables nutricionales, exposición constante a infecciones parasitarias y condiciones sociales generadas por la desigualdad y el acceso diferencial a los recursos.

Palabras Clave: *Cribra orbitalia*, hiperostosis porótica, anemia, costa central peruana.

Abstract

The goal of this paper is to present an osteological analysis of 32 prehispanic skulls from the Late Intermediate Period (AD 1200-1450) Chancay culture in the Central Peruvian Coast. *Cribra orbitalia* and porotic hyperostosis were recorded considering their expression (mild or severe), healing process (active or remodeled) and their relation with artificial cranial deformation. The results indicate a high prevalence (54.8%) of these lesions especially in a mild and remodeled state. No significance association between the lesions and cranial

deformation or between sexes was observed. The high prevalence suggests that anemia was a common condition in this population as a result of the complex interaction between nutritional conditions, constant exposure to parasitic infections and social conditions based on unequal access to resources.

Keywords: *Cribriform orbitalia*, porotic hyperostosis, anemia, peruvian central coast.

INTRODUCCION

La hiperostosis porótica (H.P) y la *cribra orbitalia* (C.O) son algunas de las lesiones más comunes en el registro bioarqueológico, especialmente en individuos infantiles (Stuart-Macadam 1992a; Walker et al. 2009). Son caracterizadas macroscópicamente por áreas circunscritas de pequeñas aperturas de apariencia porosa, que varían en tamaño y distribución en la bóveda craneal y en el techo de las orbitas (Walker et al. 2009) y son generalmente causadas por la expansión del diploe durante la infancia debido a hiperplasia de la medula ósea (Ortner 2003; Walker et al. 2009). Aunque han sido asociadas frecuentemente a anemia, también se han sugerido otras causas¹ para la formación de estas lesiones como la inflamación subperióstica, osteoporosis, e incluso aspectos tafonómicos como la erosión (Wapler et al. 2004). Algunos autores también discuten la posible relación entre la H.P y los procesos de deformación intencional del cráneo a causa de la presión ejercida por los aparatos deformadores (Aufderheide & Rodríguez-Martín 2003; Farnum 2002; Guillén 1992; Martinson 2002). La mayoría de autores coinciden en que generalmente la C.O y la H.P son simétricas y ocurren en el techo de las orbitas, el frontal, el parietal y el occipital (Blom et al. 2005; Stuart-Macadam 1992b, 1998; Wapler et al. 2004; Wright & Chew 1998). Frente a la co-ocurrencia de ambas lesiones como respuesta al mismo proceso, Walker et al. (2009) plantea que la asociación entre C.O y H.P no es muy fuerte destacando que la evidencia clínica aún es débil y que por lo tanto deben registrarse de manera separada. De forma similar Rothschild (2012) señala que la C.O y la H.P serían respuestas a fenómenos independientes. En contraste Blom et al. (2005) proponen que la C.O sería una expresión temprana de la H.P, a lo que se añade la sugerencia de que las lesiones en la bóveda craneal podrían estar reflejando casos más severos de anemia a largo plazo, ya que datos clínicos han mostrado que los cambios en el cráneo en pacientes con anemia comienzan en el frontal y luego progresan al resto del cráneo (Stuart-Macadam 1998). No hay información concluyente sobre si la severidad de

¹ Otros procesos patológicos como escorbuto (Ortner et al. 1999), raquitismo, hemangiomas y lesiones traumáticas pueden producir lesiones en el techo de las orbitas muy similares con la C.O (Walker et al. 2009).

la lesión ósea corresponde con la severidad de la anemia, aunque sí se ha sugerido que las lesiones óseas aparecen generalmente en casos de anemia severa (Martinson 2002). Lo anterior indicaría que todos los individuos con evidencias óseas de C.O y H.P sufrieron de anemia severa, pero no explicaría porque hay variaciones (leve, moderada o severa) en las lesiones que observamos en el registro arqueológico. Tampoco hay tendencias claras sobre las diferencias en la susceptibilidad de adquirir anemia en subadultos según el sexo, especialmente por la dificultad de estimar el sexo en individuos infantiles provenientes de contextos arqueológicos (Stuart-Macadam 1998). Las lesiones óseas presentes en individuos adultos corresponderían a lesiones cicatrizadas de episodios de anemia en la infancia, por lo tanto su análisis resulta fundamental para evaluar las tendencias entre niños y niñas (Blom et al. 2005; Stuart-Macadam 1992b, 1998).

En general ha sido ampliamente señalado que tanto la C.O como la H.P no son evidencia de una enfermedad específica, sino que representan una característica morfológica asociada a múltiples causas (Schultz 2001). Entre ellas, la anemia ha sido propuesta como la causa más probable para el surgimiento de estas lesiones². La anemia por deficiencia de hierro asociada a poblaciones con dietas dependientes del maíz fue una de las principales hipótesis para interpretar las lesiones en contextos arqueológicos³(El-Najjar et al. 1975; El-Najjar & Robertson 1976). En términos generales, este tipo de anemia puede darse por una dieta deficiente en hierro, problemas en su absorción, pérdida de sangre por traumas o parasitosis, o durante periodos de mayor demanda de hierro, como el embarazo, lactancia o periodos de crecimiento (Martinson 2002; Stuart-Macadam 1985, 1987, 1992a, 1992b, 1998). Otras hipótesis interpretaron estas lesiones como consecuencia de la anemia de enfermedad crónica (Stuart-Macadam 1992b), en la cual el cuerpo genera un estado anémico como mecanismo de defensa removiendo el hierro circulante para reducir su disponibilidad ante bacterias, parásitos y enfermedades inflamatorias (Kent 1992).

Por otro lado Martinson (2002) y Walker et al. (2009) proponen que la anemia megaloblástica podría ser una explicación más adecuada para entender el origen de estas lesiones óseas⁴. La anemia megaloblástica sería adquirida por los lactantes

² Formas severas de anemias hereditarias, como talasemia y anemia falciforme, o anemias adquiridas causadas por déficit nutricionales específicos pueden producir lesiones óseas compatibles con H.P y C.O (Angel 1966; El-Najjar et al. 1975; Lagia et al. 2007; Walker et al. 2009).

³ Esta asociación entre lesiones óseas y anemia por deficiencia de hierro en dietas basadas en el maíz es duramente criticada por Rothschild (Rothschild 2000, 2012). Adicionalmente Reinhard (1992) señala que la dependencia del maíz como factor etiológico ha sido sobre estimado, mientras que las enfermedades infecciosas como causa de la anemia han sido subestimadas.

⁴ Oxenham y Cavill (2010) responden a la publicación de Walker et al. (2009) señalando que la anemia por deficiencia de hierro sí puede ser una de las causas de la aparición de las lesiones óseas y debe ser considerada junto con la anemia megaloblástica en el diagnóstico diferencial de la C.O y la H.P.

debido al empobrecimiento de la vitamina B12 en la nutrición materna y después del destete, por condiciones sanitarias inadecuadas que conllevan a la pérdida adicional de nutrientes y baja absorción por infecciones gastrointestinales. Teniendo en cuenta lo anterior, resulta válido considerar a la C.O y la H.P como indicadores de estrés nutricional y como reflejo de las condiciones generales de vida de un grupo que está siendo sometido a procesos de inestabilidad ambiental y sociocultural. Adicionalmente, la anemia conlleva graves consecuencias para las condiciones de vida, especialmente de los individuos infantiles generando dificultades de aprendizaje y cognición, problemas neurológicos y costos funcionales para otros órganos y sistemas cuando se alcanza la edad adulta (Goodman & Martin 2002; Larsen 1995; Walker et al. 2009), aumentando la mortalidad (Blom et al. 2005). Las prevalencias de estas dos lesiones óseas reflejan distintos modos de subsistencia y contextos. Por ejemplo, estas lesiones eran poco frecuentes antes del Neolítico y se incrementaron con la agricultura, dada la reducción de la diversidad en los alimentos, especialmente en aquellos grupos dependientes del maíz y de otros cereales (Eshed et al. 2010; Larsen 1995; Stuart-Macadam 1987). También se ha sugerido que su distribución es más frecuente en regiones ecuatoriales y zonas con mayor índice de parasitosis y problemas intestinales, siendo más prevalentes en regiones bajas y costeras (Mendonça de Souza 1995, 1999).

Cultura Chancay

La costa peruana es un contexto muy interesante para evaluar las condiciones generales de salud debido a la diversidad de recursos disponibles y lo extremo de las condiciones ambientales que la caracterizan, las cuales varían entre zonas extremadamente desérticas y otras con presencia de oasis y suelos propicios para la agricultura. Adicionalmente, los procesos adaptativos bioculturales acompañaron la gran variabilidad biogeográfica, llevando a una alta complejidad sociocultural en los grupos que se asentaron en esta zona durante siglos.

La cultura Chancay se desarrolló durante el periodo Intermediario Tardío (AD 1200-1450) en el valle del mismo nombre con influencia en las cuencas de Supe-Pativilca en el norte y el río Chillón en el sur. Se caracteriza por textiles con alto nivel artístico, que fueron característicos en la costa central a lo largo de estos valles riverinos. La cerámica Chancay, ampliamente distribuida en los cementerios de Ancón y Chancay, se caracteriza por el engobe blanco con pinturas en líneas finas de color oscuro que representan aves, animales terrestres, peces y plantas, así como diseños con patrones geométricos e importantes personajes realizando actividades de la vida cotidiana como caza, agricultura, pesca, entre otras. Algunas son conocidas como *cuchimilco* (personajes desnudos con los brazos extendidos y las manos abiertas hacia el frente) y como los *chinos* (que representan personajes con algún estatus en la sociedad –ver figura 1). Tenían extensos asentamientos, pala-

cios y talleres de procesamiento de cerámica y textiles (Caceres 1988) que reflejan el crecimiento demográfico y desarrollo sociocultural (Villacorta 2009). Se caracteriza por ser una región semi-desértica, con pocas lluvias pero con valles fértiles y propicios para la agricultura. Los pobladores prehispánicos de esta región eran pescadores-agricultores que aprovechaban los abundantes recursos marinos y las bondades de los cultivos, así como las importantes redes de intercambio generadas con grupos de la sierra y de la costa a través del uso de los medios de transporte terrestres, fluviales y marítimos (Caceres 1988). Los contextos arqueológicos evidencian una compleja organización social jerárquica, basada en el parentesco, con división de las actividades laborales, artesanales y rituales que dejaron importantes evidencias en contextos funerarios excavados en la región (Caceres 1988; Murro et al. 1997).

Teniendo en cuenta las altas frecuencias de las lesiones óseas asociadas con anemia reportadas en poblaciones prehispánicas de la costa peruana (Blom et al. 2005), se espera con este trabajo contribuir al debate, aportando nuevos datos para el periodo Intermediario Tardío a través del uso de una metodología estandarizada que permite realizar comparaciones y explorar algunos planteamientos sobre los posibles contextos bioculturales en los que se pudo presentar la anemia en estas poblaciones prehispánicas. Debido a que el registro arqueológico es fragmentario y las lesiones óseas no son específicas, en este trabajo quisimos evaluar las lesiones considerando otros aspectos más detallados como el estado de la lesión (activa o remodelada) y el grado (leve o severo) para comprender mejor las tendencias según grupos de edad y/o sexo. Además, teniendo en cuenta que algunos autores han asociado la H.P con el procedimiento de deformación intencional del cráneo, evaluamos si en la muestra analizada existía alguna relación entre las dos variables. De existir dicha relación, esperaríamos encontrar mayores evidencias de H.P en los cráneos deformados que en los no deformados. Adicionalmente, quisimos testar la hipótesis de que ambas lesiones se presentan de manera conjunta siendo la C.O una expresión temprana de la H.P. Si esta hipótesis estuviera correcta, esperaríamos encontrar que los cráneos con H.P también presentarían evidencias de C.O.

MATERIALES Y METODOS

La Provincia de Huaral es una ciudad agrícola próspera en zona de frontera con la costa central peruana (figura 1). Está ubicada aproximadamente a 20 km del mar y a 11 km de la ciudad de Chancay y cuenta con 12 distritos distribuidos en varios pisos térmicos y nichos ecológicos. La serie de 32 cráneos estudiada proviene del Museo Arqueológico «Fernando Graña Elizalde» ubicando en Huando, Huaral, el cual conserva adicionalmente una colección muy importante de diversos objetos arqueológicos como textiles, instrumentos musicales, herramientas, artefactos de

uso cotidiano y momias que han sido recuperados por pobladores locales y proyectos arqueológicos. Lastimosamente, es bastante frecuente que muchos de estos materiales no cuenten con un contexto arqueológico detallado, puesto que fueron recuperados durante las últimas décadas por diversas personas de la zona, quienes los donaban al museo junto con los objetos asociados. A pesar de esta dificultad, las asociaciones hechas con la cerámica recuperada junto a los cráneos indican que los restos óseos analizados corresponden a la cultura Chancay la cual estuvo ampliamente distribuida en estos valles. De la totalidad de los cráneos disponibles (N=32), 10 casos conservaban tejidos momificados en las orbitas y parietales, así como cabello adherido por lo cual no fue posible observar en todos ellos los indicadores. El método de registro fue basado en la metodología propuesta por Goodman y Martin (2002). Tanto la C.O como la H.P fueron consideradas leves cuando consistían en un conjunto de pequeños orificios que cubren una área inferior a 1 cm² y severa cuando era un área mayor a 1 cm², cubierta por orificios agrupados con engrosamiento y exposición del diploe. Por lo menos un parietal y el occipital en el caso de la H.P y una órbita en el caso de la C.O debían estar presentes para considerar la observación. Pequeños orificios dispersos no fueron considerados como positivos. Adicionalmente fue valorado el estado activo (marcada porosidad debido al adelgazamiento del diploe) o remodelado (formación de nuevo hueso mineralizado en respuesta a la lesión cuando la enfermedad no está activa) (Goodman & Martin 2002). Esta característica resulta importante para analizar la morbilidad según los grupos de edad y correlacionar de mejor manera ambas lesiones.

Debido a que no se contaba con elementos óseos postcraneales, para la determinación de sexo en adultos se tuvieron en cuenta únicamente las características dimórficas del cráneo (Buikstra & Ubelaker 1994). Los individuos subadultos se clasificaron como indeterminados, dado que las características de dimorfismo sexual no son claras y no existen métodos morfológicos suficientemente válidos (Milner & Boldsen 2012). En la determinación de edad para individuos subadultos, fueron utilizadas las fases de formación y erupción dental (Ubelaker 1989). Los individuos con erupción completa del tercer molar fueron clasificados como adultos. La obliteración de las suturas craneales como método para determinar edad no fue aplicado debido a que podía ser afectada por la deformación craneana y a la poca validez como predictoras de la edad (Hershkovitz et al.1997). Para testar las hipótesis planteadas fueron realizados análisis estadísticos descriptivos incluyendo test de Fisher y chi cuadrado, con $p < 0.05$.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra las características de la serie estudiada por sexo y grupo de edad. En total fueron observados 32 cráneos, predominando los individuos adultos

masculinos (n=15), seguidos de los individuos subadultos (n=8) y en menor proporción los femeninos (n=5). La baja proporción de individuos femeninos puede estar relacionada con las dificultades para una determinación más precisa del sexo, la cual se refleja en el hecho de tener cráneos adultos clasificados como ambiguos (n=4). En la distribución por edades (figura 2) predominan los adultos (75%), seguidos de los subadultos más pequeños y jóvenes (19%). En menor proporción se encuentran los individuos infantiles entre 7 y 12 años (3.1%). En 31 casos eran observables al menos uno de los dos indicadores, siendo que 17 individuos presentaron por lo menos una de las lesiones (54.8%). Ya en los casos donde ambos indicadores podían ser observados (n=23), 10 casos (43,4%) estaban afectados únicamente por una de las lesiones (5 adultos y 5 subadultos) y 4 casos (17,3%) presentaba las dos lesiones conjuntamente, correspondiendo a 3 adultos y 1 subadulto. En general, la C.O resultó ser una lesión más frecuente que la H.P en la mayoría de los individuos analizados.

En la figura 3 podemos observar que la C.O estuvo presente en 14 casos de 30 en los que era observable (46,7%). Al evaluar las frecuencias según el sexo la C.O estuvo presente mayoritariamente en los individuos masculinos (23,3%), seguida de los individuos subadultos (16,7%) y en menor proporción en las mujeres (6,7%). No obstante, si analizamos las proporciones al interior de cada grupo de edad podemos señalar que más individuos subadultos (5/8=62,5%) que adultos (9/22=40,9%) presentaron la lesión. Por su parte, la H.P fue observada en 7 de 24 individuos evaluables (29,2%), distribuida en la misma proporción entre casos masculinos (12.5%) y subadultos (12.5%) y un solo caso femenino (4.2%) (figura 3). Al interior de cada grupo de edad también predominó en subadultos donde se presentó en 3 de 7 (42.8%) casos observables, con relación a los adultos donde estuvo presente en 4 de 17 casos (23.5%). No fueron encontradas diferencias significativas en la frecuencia de C.O ni de H.P con relación al sexo (Test de Fisher $P=1,000$). Con respecto a la asociación entre *cribra orbitalia* como una fase previa de la hiperostosis porótica, en 4 de 7 casos de H.P fueron observadas también evidencias de C.O, sin embargo no fueron encontradas asociaciones significativas entre las frecuencias de ambas lesiones (Test de Fisher $P=0,667$) sugiriendo una posible independencia entre ellas. En los individuos con C.O, el 53,8% de los casos resultó ser leve, mientras que los casos de C.O severa representaron el 46,1%. En todos los individuos adultos las lesiones estaban en estado remodelado (Tabla 2). Por otra parte, la H.P, al igual que en el caso anterior, predominó el grado leve (71,4%) en estado remodelado (85,7%). El único caso de lesión activa corresponde a un subadulto de 1-6 años (Tabla 3), el cual también presenta C.O leve en estado remodelado.

Teniendo en cuenta que algunos autores han asociado la H.P con el procedimiento de deformación intencional del cráneo en algunos grupos prehispanicos, fue registrada esta característica para evaluar si en la muestra analizada existía al-

guna relación entre las dos variables. Fueron registrados 14 individuos con deformación craneana, de los cuales únicamente 5 presentaban evidencias de H.P (Tabla 4) la cual fue leve en 4 de ellos. No fueron encontradas diferencias significativas entre ambas características (Test de Fisher $P= 0,653$).

REFLEXIONES FINALES

Desde 1914 Hrdlicka había hecho referencia a la alta frecuencia de lesiones porosas en cráneos peruanos (Blom et al. 2005). Debido a que no existen evidencias de anemias de origen genético como la talasemia o anemia falciforme para las poblaciones prehispánicas americanas, muchos investigadores coinciden en que la anemia por deficiencia de hierro o la anemia megaloblastica, pudieron ser la principal causa de la hiperplasia de la médula ósea y consecuentemente de las lesiones poróticas en las orbitas y la bóveda craneal observadas ampliamente en el registro bioarqueológico de la costa peruana. Algunos de los trabajos más recientes en estas poblaciones incluyen los aportes de Martinson (2002) quien realizó una investigación en la región Chiribaya (costa sur del Perú), para establecer las posibles causas de estas lesiones, las cuales alcanzan frecuencias hasta del 66%, concluyendo que el proceso de deformación craneal contribuía de manera fundamental en el surgimiento de la H.P. Posteriormente, Blom et al. (2005) realizaron un extenso trabajo comparativo que incluyó 1,465 individuos provenientes de diversas regiones de la costa peruana y de varios periodos para explorar variaciones latitudinales en las frecuencias de las lesiones reportando que la C.O oscila entre el 80,9% para individuos menores de 10 años y el 23,1% en mayores de 10 años. La H.P únicamente es registrada en individuos menores de 10 años alcanzando el 89,6% de los casos. Además señalan que la frecuencia de las lesiones incrementa notablemente en los periodos más tardíos (Blom et al. 2005).

Por otro lado, Pechenkina & Delgado (2006) usaron varios marcadores de salud esquelética en 64 individuos adultos, entre ellos la C.O y la H.P, para evaluar las condiciones de salud y su relación con la estructura social en un cementerio del periodo Intermediario Temprano en Villa Salvador (costa central de Perú). Reportaron 45% de C.O para mujeres y 60% para hombres. En el caso de la H.P estuvo presente en el 65% de las mujeres y el 53% de los hombres. En otro trabajo posterior, Pechenkina et al. (2007) analizaron colecciones óseas pertenecientes al periodo Pre-cerámico Medio (4500-3000 B.C) hasta el Horizonte Medio de la costa central. Encontraron importantes contrastes entre las bajas frecuencias de las lesiones para el sitio Paloma, perteneciente al Pre-cerámico Medio con respecto a otros sitios más tardíos. De la misma forma, Rojas & Dutour (2009) encontraron para el sitio de Ancon I, bajos porcentajes de H.P (6.8%) y de C.O (2.8%), sugiriendo un régimen alimentar adecuado y baja frecuencia de parasitosis. En resumen, la ma-

yoría de los individuos estudiados en el presente trabajo presentaron evidencia de alguna de las dos lesiones asociadas a la anemia (54.8%). Nuestros resultados indican frecuencias altas de C.O (46,7%), y moderadas de H.P (29,2%), similares a los reportados por otros estudios para poblaciones costeras peruanas (Blom et al. 2005; Martinson 2002; Pechenkina & Delgado 2006; Pechenkina et al. 2007), los cuales señalan frecuencias altas de C.O que oscilan entre el 20% y el 80% y para la H.P frecuencias entre el 20% y el 66%. En contraste, nuestras frecuencias son mucho mas altas que los datos presentados por Rojas & Dutour (2009).

Estos contrastes, permiten sugerir que las complejas interacciones bioculturales responsables de la aparición de indicadores como la C.O y la H.P, fueron determinadas por aspectos propios de cada contexto (cultural, ambiental y cronológico) y que no responden de manera directa a una causa común en todos los sitios. Por ejemplo, en nuestro trabajo no fueron encontradas diferencias significativas en la frecuencia de C.O ni de H.P con relación a al sexo sugiriendo que los hombres y las mujeres en edad infantil tenían la misma susceptibilidad de estar expuestos a los factores causantes de anemia. Esta tendencia es reportada también en algunos estudios sobre la costa peruana (Blom et al. 2005; Martinson 2002; Rojas & Dutour 2009) así como en otros contextos donde se hace referencia a la ausencia de patrones claros de la C.O y la H.P según el sexo (Stuart-Macadam 1992b, 1998). Adicionalmente, nuestros datos no soportan la hipótesis del proceso de deformación craneal en la etiología de la hiperostosis porótica⁵ (Test de Fisher $P>0.05$), pues no todos los cráneos deformados presentaron evidencias de la lesión, la cual únicamente se registró en el 35,7% de los cráneos deformados, sugiriendo que la anemia pudo ser la principal causa del surgimiento de las lesiones óseas. Tampoco se puede afirmar la hipótesis de que la C.O sea un estado previo a la H.P (Test de Fisher $P>0.05$), pues hay algunos casos con H.P que no presentan evidencias de CO lo cual se podría explicar por el tamaño reducido de la muestra, la variabilidad intra-individual en la manifestación de las lesiones o por procesos de remodelación ósea durante la vida del individuo que no permiten observar las lesiones que existieron en la infancia.

Aunque no se ha reportado una relación entre la severidad de la anemia y la severidad de la lesión ósea tal como la registramos en este trabajo, si se ha señalado que los individuos que presentan las lesiones óseas (en cualquier grado) debieron sufrir de anemia severa. Sin embargo, la variabilidad en la expresión de la C.O y la H.P se explicaría mejor por la cronicidad y no por su severidad. En los individuos analizados observamos que los casos de C.O severa en individuos adultos, estaban en su totalidad en estado remodelado. Si asumimos que todos los casos con

⁵ No obstante, esta hipótesis debe ser profundamente explorada en estudios comparativos que incluyan la ubicación exacta de la lesión y su posible relación anatómica con el material usado para deformar.

lesiones corresponden a episodios de anemia, los resultados podrían sugerir que esos individuos sufrieron esta condición de forma crónica durante la infancia pero no de forma tan severa como para estar asociada con la mortalidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos plantear de forma muy general algunos escenarios bioculturales en los que las altas frecuencias de lesiones asociadas con anemia en la costa peruana pudieran ser explicadas. En uno de ellos, la anemia podría ser resultado de deficiencias nutricionales en la infancia debido a la escasez de recursos. Sin embargo, este escenario a primera vista no parece ser el más plausible para el caso de la cultura Chancay, debido a que estos grupos estaban asentados en un valle riverino fértil propicio para la agricultura, y porque la subsistencia era ampliamente complementada con la pesca, el consumo de animales terrestres y contaban con complejas redes de intercambio. Evidencias arqueobotánicas en sitios correspondientes a la cultura Chancay indican un amplio rango de plantas cultivadas y silvestres (Elson Erda 2010), como el maíz, frijol, calabacín, ajís y árboles frutales. No obstante, las consecuencias del fenómeno del Niño, el crecimiento demográfico y la presión sobre los recursos, podrían llevar a épocas de escasez, especialmente de alimentos de origen animal, con la consecuente falta de ingesta de vitaminas suficientes, especialmente en el caso de los infantes durante el final del periodo de lactancia.

En otro escenario, la anemia podría ser resultado de la exposición crónica a parasitosis e infecciones gastrointestinales. Se ha observado que el manejo inadecuado de las aguas en un contexto de crecimiento y de presión demográfica en poblaciones agrícolas promueve el parasitismo y consecuentes niveles elevados de anemia (Reinhard 1992). Parásitos intestinales como el anquilostoma han sido asociados ampliamente con anemia y reconocidos en el registro prehispánico suramericano (Allison et al. 1974; Horne 1985). Para la costa peruana prehispánica, se han registrado parásitos terrestres y marinos como el *Enterobius vermicularis*, *Trichuris trichura*, *Ancylostoma duodenale*, *Diphyllobothrium pacificum*, y *Ascaris lumbricoides* (Allison et al. 1974; Blom et al. 2005; Gonçalves et al. 2003; Martinson et al. 2003; Martinson 2002). Esta presencia constante de parásitos y bacterias, podían generar infecciones gastrointestinales crónicas y exponer de manera más severa a los individuos más jóvenes y con menor inmunidad, con la subsecuente pérdida de sangre por diarreas continuas y problemas de absorción de nutrientes. Este escenario parece bastante razonable para los grupos asentados en la región de Chancay, dadas las evidencias de agricultura de irrigación y el consumo de recursos marinos.

Finalmente, en un escenario de jerarquización social y acceso diferencial a recursos por parte de algunos grupos, impidiendo la ingesta de nutrientes suficientes en los individuos infantiles y las madres lactantes de clases más bajas, podría generar casos crónicos de anemia. Este panorama resulta válido para las poblacio-

nes del periodo Intermediario Tardío, las cuales estaban organizadas en núcleos jerárquicos con claras divisiones de las actividades. Este contexto sociopolítico podría generar diferencias de clase en las cuales algunos grupos (la élite) tenían acceso ilimitado a los recursos nutricionales, especialmente los recursos escasos y bienes de prestigio. Por el contrario, la mayoría de la población podría verse limitada, especialmente en periodos de crisis o de conflicto, al consumo de alimentos basados en recursos vegetales pobres en vitamina B12, lo cual afectaría de manera más severa a las madres embarazadas, lactantes e infantes en proceso de destete. Este escenario aunque resulta válido desde el punto de vista teórico, solo puede ser corroborado a partir de evidencias funerarias que demuestren que los individuos de mayor prestigio, tenían frecuencias más bajas de las lesiones asociadas a la anemia⁶.

Deficiencias nutricionales asociadas a escasez temporal de recursos, parasitosis por consumo de alimentos contaminados o por manejo inadecuado de las aguas, y el tipo de organización sociocultural generadora de desigualdad social, pudieron interactuar de forma compleja durante el periodo Intermediario Tardío para causar altas prevalencias de anemia en la población. Para fortalecer la plausibilidad de estos escenarios resulta fundamental realizar análisis detallados sobre paleodieta y paleobotánica en la zona de estudio, además de recopilar información más rigurosa sobre la calidad de vida, los patrones funerarios y la organización social de estos grupos. Del mismo modo, resulta indispensable estandarizar un mínimo de criterios de calidad y comparabilidad que permitan articular los datos ya existentes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del arqueólogo Naotoshi Ichiki y de su equipo de trabajo, al Museo Arqueológico «Fernando Graña Elizalde» en Huando, Huaral, a la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP-(2012/06667-4) y al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

REFERENCIAS

Allison M., Pezzia A., Hasigawa I., Gerszten E. (1974). A case of hookworm infection in a pre-Columbian American. *American Journal of Physical Anthropology* 41: 103–106.

⁶ Pechenkina Delgado (2006) exploraron una hipótesis similar, examinando la relación entre la estructura social de una comunidad y la salud de sus miembros en un cementerio de Villa El Salvador en la costa central peruana. Sin embargo, la ambigüedad para asignar los niveles de estatus social a partir del contexto arqueológico resulta ser un factor limitante en este tipo de análisis.

- Angel L. (1966). Porotic Hyperostosis, Anemias, Malaria, and Marshes in the Prehistoric Eastern Mediterranean. *Science*, 153(11): 4–7.
- Aufderheide A., Rodríguez-Martín C. (2003). *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Blom D., Buikstra J., Keng L., Tomczak P., Shoreman E., Stevens-Tuttle D. (2005). Anemia and childhood mortality: latitudinal patterning along the coast of pre-Columbian Peru. *American Journal of Physical Anthropology*, 127(2): 152–69.
- Caceres J. (1988). *The prehispanic cultures of Peru*. Lima, Perú: Perugraph Editores S.A.
- Cavill I., Oxenham M. (2010). Porotic hyperostosis and cribra orbitalia: the erythropoietic response to iron-deficiency anaemia. *Anthropological Science*.
- El-Najjar M., Lozoff B., Ryan D. (1975). The paleoepidemiology of porotic hyperostosis in the American Southwest: Radiological and ecological considerations. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med.*, 124(4): 918–924.
- El-Najjar M., Robertson A. (1976). Spongy Bones in Prehistoric America. *Science, New Series*, 193(4248): 141–143.
- Elson K., Erda C. (2010). Evidence of Botanical Diversity and Species Continuity from Chancay Sites in The Huaura Valley , Peru 1. *Economic Botany*, 64(1): 46–54.
- Eshed V., Gopher A., Pinhasi R., Hershkovitz I. (2010). Paleopathology and the Origin of Agriculture in the Levant, 133(May): 121–133.
- Farnum J. (2002). *Biological consequences of social inequalities in prehistoric Peru*. University of Missouri-Columbia.
- Gonçalves M., Araújo A., Ferreira L. (2003). Human intestinal parasites in the past: new findings and a review. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98 Suppl 1(August 2002): 103–18.
- Goodman A., Martin D. (2002). Reconstructing Health Profiles from Skeletal Remains. En: R. H. Steckel J. Rose (Ed), *The Backbone of History. Health and Nutrition in the Western Hemisphere*:11–60. Cambridge University Press.
- Guillén S. (1992). *The Chinchorro culture: Mummies and crania in the reconstruction of preceramic coastal adaptation in the south central Andes*. University of Michigan.
- Hershkovitz I., Latimer B., Dutour O., Jellema L, Wish-Baratz S., Rothschild C., Rothschild B. (1997). Why do we fail in aging the skull from the sagittal suture? *American Journal of Physical Anthropology*, 103(3): 393–9.
- Horne P. (1985). A Review of the Evidence of Human Endoparasitism in the pre-Columbian New World Through the Study of Coprolites. *Journal of Archaeological Science*, 12: 299–310.
- Kent S. (1992). Anemia through the ages: changing perspectives and their implications. En: P. Stuart-Macadam S. Kent (Ed), *Diet, demography, and disease. Changing perspectives on anemia*:1–30. New York, NY: Aldine de Gruyter.

- Lagia A., Eliopoulos C., Manolis S. (2007). Thalassemia: macroscopic and radiological study of a case. *International Journal of Osteoarchaeology*, 17(3): 269–285.
- Larsen C. (1995). Biological Changes in Human Populations with Agriculture. *Annual Review of Anthropology*, 24: 185–213.
- Martinson E. (2002). *Reassessing the etiology of Cribrra Orbitalia and Porotic Hyperostosis: A case study of the Chiribaya of the Osmore Drainage, Perú*. University of New Mexico, Albuquerque.
- Martinson E., Reinhard K., Buikstra, J., de la Cruz, K. (2003). Pathoecology of Chiribaya parasitism. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98 Suppl 1: 195–205.
- Mendonça de Souza S. (1995). *Estresse, doença e adaptabilidade: estudo comparativo de dois grupos pré-históricos em perspectiva biocultural*. Ensp/Fiocruz, Rio de Janeiro.
- Mendonça de Souza S. (1999). Anemia e adaptabilidade em um grupo costeiro pré-histórico: uma hipótese patocenótica. En: M. Tenorio (Ed). *Pré-história da Terra Brasilis*. Rio de Janeiro: Eduferj.
- Murro J., Cortéz V., Hudtwalcker J. (1997). Resultados preliminares del proyecto arqueológico de rescate Puerto Chancay '93. *Boletín de Arqueología PUCP*, 1: 253–264.
- Ortner D. (2003). *Identification of pathological conditions in human skeletal remains* (Second Edition.). Academic Press.
- Ortner D., Kimmerle E., Diez M. (1999). Probable evidence of scurvy in subadults from archeological sites in Peru. *American Journal of Physical Anthropology*, 108(3): 321–31.
- Pechenkina E., Delgado M. (2006). Dimensions of health and social structure in the early intermediate period cemetery at Villa El Salvador, Peru. *American Journal of Physical Anthropology*, 131(2), 218–35.
- Pechenkina E., Vradenburg J., Benfer R., Farnum, J. (2007). Skeletal Biology of the Central Peruvian Coast: Consequences of Changing Population Density and Progressive Dependence on Maize Agriculture. En: M. N. Cohen G. Crane-Kramer (Ed) *Ancient Health. Skeletal Indicators of Agricultural and Economic Intensification*: 92–112. University Press of Florida.
- Reinhard K. (1992). Patterns of diet, parasitism and anemia in prehistoric West North America. En: P. Stuart-Macadam S. Kent (Ed) *Diet, demography, and disease. Changing perspectives on anemia*: 219–258. New York, NY: Aldine de Gruyter.
- Rojas C., Dutour O. (2009). Première évaluation Paléoépidémiologique d' une série ostéoarchéologique de la côte centrale Péruvienne: le site d' ancón 1. *Biulletins et Mémoires de la Société d' Anthropologie de Paris*, 21(3-4):113–139.
- Rothschild B. (2000). Porotic hyperostosis as a manifestation of iron deficiency? *Chungará (Arica)*, 32(1): 85–87.

- Rothschild B. (2012). Extirpation of the Mythology that Porotic Hyperostosis is Caused by Iron Deficiency Secondary to Dietary Shift to Maize. *Advances in Anthropology*, 02(03): 157–160.
- Schultz M. (2001). Paleohistopathology of Bone: A New Approach to the Study of Ancient Diseases. *Yearbook of Physical Anthropology*, 44: 106–147.
- Steckel R., Rose J. (2002). *The Backbone of History. Health and Nutrition in the Western Hemisphere*. Cambridge University Press.
- Stuart-Macadam P. (1985). Porotic hyperostosis: representative of a childhood condition. *American Journal of Physical Anthropology*, 66: 391–398.
- Stuart-Macadam P. (1987). Porotic hyperostosis: new evidence to support the anemia theory. *American Journal of Physical Anthropology*, 74(4): 521–6.
- Stuart-Macadam P. (1992a). Porotic hyperostosis: a new perspective. *American Journal of Physical Anthropology*, 87(1): 39–47.
- Stuart-Macadam P. (1992b). Anemia in past human populations. En: P Stuart-Macadam S. Kent (Ed) *Diet, demography, and disease. Changing perspectives on anemia*:151-170 New York: Aldine de Gruyter.
- Stuart-Macadam P. (1998). Iron deficiency anemia: exploring the difference. En A. Grauer P. Stuart-Macadam (Ed) *Sex and gender in paleopathological perspective*: 45-63. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ubelaker D. (1989). *Human Skeletal Remains. Excavation, Analysis, Interpretation*. Washington: Taraxacum Press.
- Villacorta L. (2009). *Las culturas del Perú Antiguo*. Lima, Perú: R. Gheller Doig.
- Walker P., Bathurst R., Richman R., Gjerdrum T., Andrushko V. (2009). The causes of porotic hyperostosis and cribra orbitalia: a reappraisal of the iron-deficiency-anemia hypothesis. *American Journal of Physical Anthropology*, 139(2): 109–25.
- Wapler U., Crubézy E., Schultz M. (2004). Is cribra orbitalia synonymous with anemia? Analysis and interpretation of cranial pathology in Sudan. *American Journal of Physical Anthropology*, 123(4): 333–339.
- Wright L., Chew F. (1998). Porotic Hyperostosis and Paleoepidemiology: A Forensic Perspective on Anemia among the Ancient Maya. *American Anthropologist. New Series*, 100(4): 924–939.

Figura 1
Localización de la Provincia de Huaral

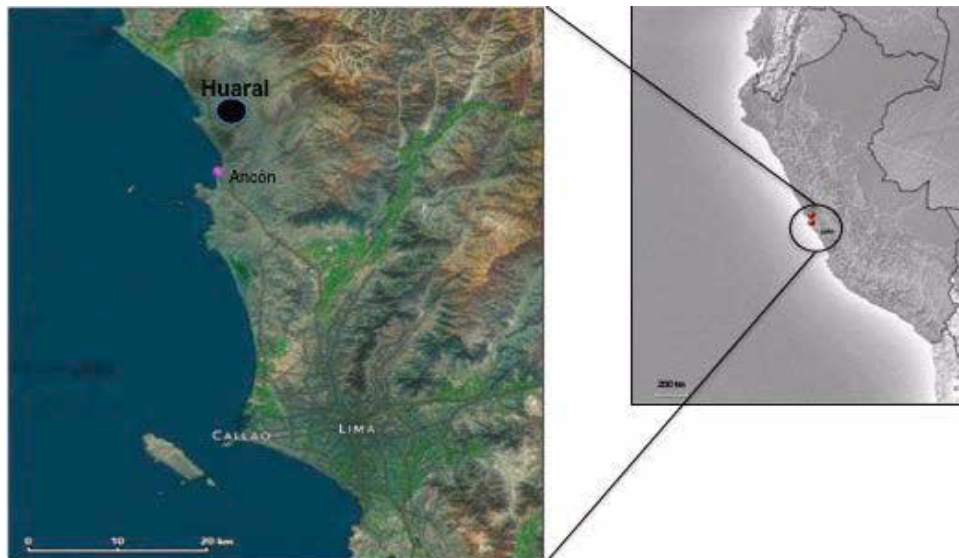


Figura 2
Distribución de edades en la muestra analizada

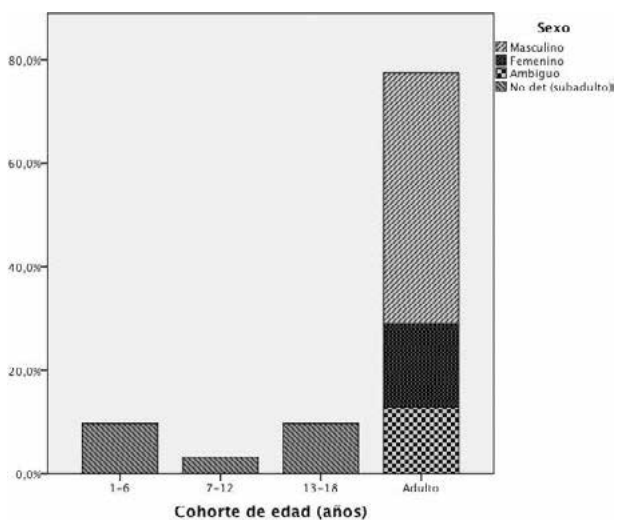


Figura 3
Presencia de C.O (n= 30) y de H.P en la muestra analizada (n=24)

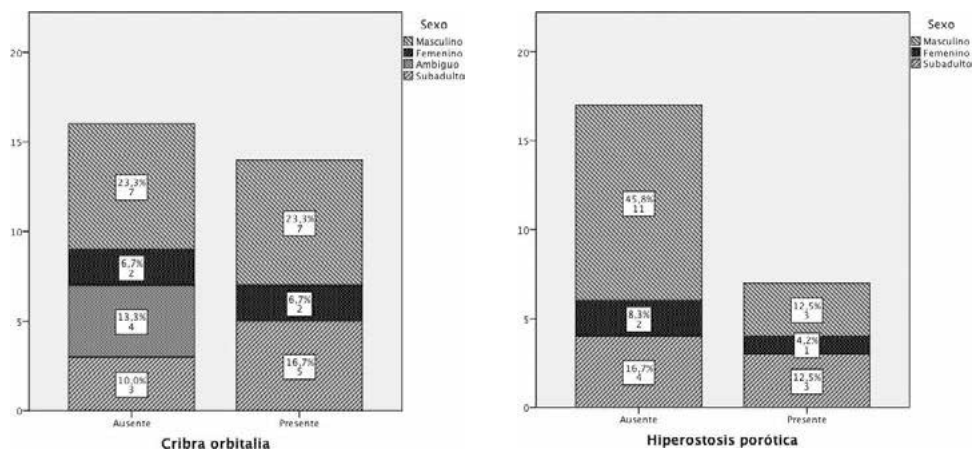


Tabla 1
Características de la muestra analizada por sexo y edad

Grupo de edad	Cohorte de edad (años)	Sexo				Total	
		Masculino	Femenino	Ambiguo	Subadulto	N	%
Subadulto	1-6	0	0	0	3	3	9.4
	7-12	0	0	0	1	1	3.1
	13-18	0	0	0	3	3	9.4
	No det.	0	0	0	1	1	3.1
Adulto		15	5	4	0	24	75
Total		15	5	4	8	32	100

Tabla 2
Grado de expresión y estadio de la C.O en la muestra analizada

Cohorte de edad (años)	Grado de expresión C.O				Estadio C.O			
	Leve		Severa		Activa		Remodelada	
	n(*)	%	n(*)	%	n(*)	%	n(*)	%
1-6	2(3)	66.6	1(3)	33.3	1(3)	33	2(3)	67
7-12	0	0	1(1)	100	0	0	1(1)	100
13-18	0	0	0	0	0	0	0	0
Adultos	5(9)	55.5	4(9)	44.4	0	0	9(9)	100
Total	7(13)	53.8	6(13)	46.1	1(13)	8	12(13)	92

* El número que aparece entre paréntesis corresponde a la cantidad de individuos que presentan la lesión en ese rango de edad.

Tabla 3
Grado de expresión y estadio de la H.P en la muestra analizada

Cohorte de edad (años)	Grado de expresión H.P				Estadio H.P			
	Leve		Severa		Activa		Remodelada	
	n(*)	%	n(*)	%	n(*)	%	n(*)	%
1-6	1(1)	100	–	–	1(1)	100	–	–
7-12	–	–	–	–	–	–	–	–
13-18	2(2)	100	–	–	–	–	2(2)	100
Adultos	2(4)	50	2(4)	50	–	–	4(4)	100
Total	5(7)	71.4	2(7)	28.6	1(7)	14.2	6(7)	85.7

* El número que aparece entre paréntesis corresponde a la cantidad de individuos que presentan la lesión en ese rango de edad.

Tabla 4
Frecuencia de H.P en individuos con deformación intencional del cráneo

Deformación del cráneo	Hiperostosis porótica					
	Ausente		Presente		Total	
	n	%	n	%	n	%
Ausente	8	33.3	2	8.3	10	41.7
Presente	9	37.5	5	20.8	14	58.3
Total	17	70.8	7	29.2	24	100

PRIMEROS DATOS SOBRE LAS ALTERACIONES POR LAS RAICES DE LOS RESTOS ESQUELÉTICOS HUMANOS DE «LA MAGDALENA» (ALCALÁ DE HENARES, MADRID)

FIRST APPROACH TO THE HUMAN SKELETAL REMAINS ALTERATIONS DUE TO ROOTS ON THE SITE OF «LA MAGDALENA» (ALCALÁ DE HENARES, MADRID)

Gómez-Moreno, F.¹; Galera, V.^{1,2}; Heras, C.^{1,3}

¹ Departamento de Ciencias de la Vida. Universidad de Alcalá. Edificio de Ciencias. Campus Universitario. 28871-Alcalá de Henares (Madrid).

² Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales (IUICP). Facultad de Derecho, UAH, Colegio Máximo de Jesuitas. C/ Libreros, 27. 28802-Alcalá de Henares (Madrid).

³ Trébede, Patrimonio y Cultura, S.L. C/ Mayor nº 12, 2ª. 28813-Torres de la Alameda (Madrid).

Dirección Postal:

Departamento de Ciencias de la Vida, Universidad de Alcalá (UAH), Edificio de Ciencias. Campus Universitario, 28871, Alcalá de Henares (Madrid).

Dirección de contacto:

Plaza del Conde de Elda, 9, 4ªA, Aranjuez (Madrid), C.P. 28300;
email: fgomoreno@gmail.com

Resumen

Durante las excavaciones efectuadas en el yacimiento de La Magdalena (Alcalá de Henares, Madrid) y posteriormente en los análisis realizados del material esquelético humano recuperado, se han podido comprobar los efectos de diferentes factores tafonómicos. En esta publicación se trata la acción de las raíces. Los resultados indican que la mayor afectación se encuentra entre los individuos romanos bajoimperiales (37 individuos), tanto en términos absolutos como relativos, mientras que el único individuo altoimperial no muestra ninguna huella de raíces y entre los calcolíticos/campaniformes, los tardorromanos y los hispanovisigodos, sólo se ha hallado un caso en cada uno de ellos. La menor profundidad de los enterramientos bajoimperiales afectados por las raíces y la falta de arbolado desde que el área dejó de utilizarse con fines fu-

nerarios, podrían haber sido algunas de las causas de esta mayor alteración detectada. Por otro lado, los enterramientos tardorromanos e hispanovisigodos se encuentran por lo general a cotas no excesivamente profundas, por ello, su localización en otras áreas del yacimiento les ha permitido evitar la acción de las plantas. Además, hay que destacar la variabilidad de las lesiones encontradas sobre los huesos. Mayoritariamente, las raíces atravesaban los huesos largos o estaban pegadas a los huesos planos, en otras ocasiones, producían cambios de coloración y una ligera degradación del hueso. Se podría concluir una elevada acción de las raíces sobre el material esquelético del yacimiento, con escasas consecuencias en cuanto a la pérdida de datos antropológicos.

Palabras clave: Tafonomía, La Magdalena, Raíces, Conservación, Antropología.

Abstract

On the excavation works at the archaeological site of La Magdalena (Alcalá de Henares, Madrid) and with the analysis of the human skeletal remains, we have found different taphonomic factors. On this paper we will study the action of roots. The late roman individuals are more affected (37 individuals) than the others from the Chalcolithic, Late Antiquity and Hispano-visigothic necropolises (1 individual on each). There is only one individual from the early roman necropolis, and it is not affected. This major incidence on the late roman individuals can be explained by the lower profundity of the tombs and the lack of great plants since the area was abandoned. The burials from the Late Antiquity and Hispano-Visigothic period are on different areas than the Late Roman tombs, so they are less affected by plants. We can see different characteristics of the action of roots: the most frequent is the growth inside the long bones and covering flat bones, but we can also see a tiny degradation and a change of color on the contact zone with bones. The skeletal material of this site is highly affected by the roots, but there is a minimum loss of the anthropological information.

Keywords: Taphonomy, La Magdalena, Roots, Conservation, Anthropology.

INTRODUCCIÓN

Descripción del yacimiento

El yacimiento de La Magdalena se sitúa en la zona nordeste de la localidad madrileña de Alcalá de Henares, entre la autovía A-2 y el río Henares. Durante las excavaciones se establecieron hasta nueve fases cronológicas diferenciadas. De éstas, cuatro se corresponden con necrópolis: calcoítica/campaniforme, bajoimperial, tardorromana e hispanovisigoda; dos con estructuras industriales: de principios del siglo I d.C. y del cambio del siglo I al II d.C. y tres de explotación agrícola de distinta entidad: desde el siglo XII en adelante hasta época actual.

La necrópolis más antigua es de época calcolítica (*ca.* III milenio a.C.), con enterramientos sencillos propios de este período, junto a tumbas más elaboradas

pertenecientes a la cultura campaniforme (también de la misma cronología que los calcolíticos, *ca.* III milenio a.C.) (Heras et al., 2011c); más modernas son tres necrópolis que abarcan desde la segunda mitad del siglo III d.C. hasta la época visigoda y que incluyen los siguientes grupos humanos: fin del alto imperio y bajoimperiales, las tumbas son en su mayoría simples fosas excavadas en el terreno, que se suceden de este a oeste desde el siglo III d.C. hasta la primera mitad del siglo V (Pacheco-Revilla y Gómez-Moreno, 2010); tardorromanos, se sitúan de una manera más dispersa en el yacimiento por lo general en torno al conjunto anterior y en el extremo suroeste de la parcela; e hispanovisigodos, que se concentran hacia el suroeste, en un área un poco alejada y exclusiva, junto a un grupo de inhumaciones tardorromanas. Asimismo, se encontraron los restos de un único individuo del siglo I d.C., alejado hacia el sur de la necrópolis principal.

El espacio funerario

Los datos bibliográficos (Sánchez Ramos, 2001) indican que los romanos tenían la obligación ya en la *Ley de las XII Tablas* de enterrar a sus difuntos fuera del recinto urbano, generalmente en torno a las vías de acceso a las poblaciones. Cuanto más cerca de la entrada y de la vía, mayor importancia social, lo cual se resalta aún más con el levantamiento de lápidas y monumentos funerarios. Sin embargo, las tumbas romanas del yacimiento de La Magdalena, pese a estar cerca de la gran vía de comunicación que atravesaba *Complutum*, desde *Emerita Augusta* (Mérida) hasta *Caesaraugusta* (Zaragoza), presentan una situación intermedia entre ésta y el río (Imagen 1).

Hay que destacar también la relevancia que tienen los enterramientos de época calcolítica, en especial el túmulo campaniforme (UT 4081), en torno al cual se sitúan las inhumaciones de los individuos bajoimperiales más antiguos y que poseen unas características particulares en sus enterramientos, por la mayor abundancia de ajuar y dos tumbas también por la construcción con mortero de cal de las mismas.

Por último, señalar como dato de máximo interés en esta publicación, el cuidado que en época romana se tenía de los recintos funerarios, impidiendo el crecimiento desmesurado de la vegetación y el aislamiento mediante vallado o zanjas de los mismos; y en torno a los cuales se solían plantar jardines y cultivos que serían dedicados al culto de los difuntos (Beltrán de Heredia et al., 2007).

Ecología

Calcolítico

El medio ambiente en la época calcolítica estaba dominado por bosques de ribera, fundamentalmente de *Quercus* spp. y *Juniperus* spp. (encinas, quejigos,

enebros, robles, sabinas, etc.), junto a matorrales de leguminosas, rosáceas y jaras (*Cistus* spp.), los cuales se extendían por las zonas llanas cercanas al río, así como al resto del ecosistema, incluido el terreno elevado de la margen izquierda del río Henares (Gómez Sal, 2005).

Los asentamientos, desde estos momentos hasta la conquista romana, con el mantenimiento de la *Pax Romana*, se sitúan principalmente en la zona de monte, siendo aquí donde se practicaba una ligera agricultura y ganadería (Gómez Sal, 2005). La zona de ribera estaría demasiado arbolada para su utilización, sin embargo, es allí donde se realizan los enterramientos calcolíticos y campaniformes. Las tumbas y túmulos se hayan bastante próximos, pero aún así debieron despejar un área extensa de vegetación, estando el túmulo principal (UT 4081) muy poco alterado por la acción natural posterior.

Época romana

Durante el período prerromano, el valle del río Henares se sometió a una intensa deforestación debido al incremento de la actividad agrícola. Sin embargo, fue en la época altoimperial cuando el espacio que ocuparían estos antiguos asentamientos se vio más alterado. En este caso no fue la extensión de los cultivos, si no la actividad industrial la que se implantó, con la construcción de 3 hornos para la cocción de elementos cerámicos, obras para la canalización de agua para aprovechamiento en la industria y la construcción de un edificio de grandes dimensiones con posibles funciones administrativas y/o redistributivas (Heras et al., 2011a). La presencia, por tanto, de vegetación en los alrededores, podía suponer un riesgo de incendio que afectase a toda una amplia zona; pero también, la madera de los bosques próximos pudo servir de combustible para los propios hornos.

Al llegar al siglo III d.C. nos encontramos con un espacio degradado medioambientalmente, con un solar abandonado de toda actividad industrial y que tampoco se reutilizó para la agricultura. Posiblemente, debido a esta desolación (junto con los otros factores mencionados anteriormente), el lugar fuese elegido para situar en él la necrópolis de estas gentes.

Tafonomía y raíces

La importancia de la Tafonomía aplicada a la Antropología Física viene determinada por dos factores: por un lado, la conservación de los restos óseos y la mayor o menor pérdida de datos en la determinación de las características biológicas, y por tanto, en la información paleodemográfica de las poblaciones (Stojanowski et al., 2002); mientras que por el otro, la alteración de los huesos en su composición mineral afecta los análisis patológicos y químicos, por ejemplo, en la determinación de elementos traza para establecer la dieta (Botella et al., 2000 y Schoeninger et al., 1989).

Las raíces actúan fundamentalmente en dos sentidos (Bello et al., 2003): por un lado, mediante el crecimiento en profundidad y en extensión a través del suelo en busca de nutrientes, junto con un crecimiento en grosor de las mismas, según se desarrolla la planta y, por otro, mediante la acción química de sus filamentos, los cuales se encargan de disolver los minerales que necesitan para su crecimiento. En el primer caso generan una destrucción y fragmentación de las epífisis y las diáfisis de los huesos largos, siendo éstos los más afectados, al introducirse por los propios canales vasculares del hueso y producir una presión excesiva en su interior (Bello et al., 2003). En el segundo caso, los huesos más afectados suelen ser los planos, aunque también las superficies corticales del resto de huesos, en los que se puede llegar a observar la impronta de una red de raíces (Buikstra y Ubelaker, 1994), ocasionada por la acción química (Schultz, 1997). También este último factor genera la aparición de coloraciones diversas en la superficie del hueso en contacto con las raíces.

Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es una primera aproximación al efecto tafonómico de las raíces sobre los restos esqueléticos humanos excavados en el yacimiento de La Magdalena, entre el calcolítico y la época visigoda, mediante la observación directa del material óseo y teniendo en cuenta los datos del medio ambiente y las actividades culturales, agrícolas y ganaderas que tuvieron lugar desde los enterramientos hasta la actualidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudian los restos esqueléticos humanos de los 183 individuos hasta el momento analizados, de los cuales, 5 son de época calcolítica, 4 campaniformes, uno altoimperial, 149 bajoimperiales, 14 tardorromanos y 10 hispanovisigodos.

Se realizó una observación directa y minuciosa de la totalidad de los huesos que se conservaban de cada uno de los individuos de la muestra en estudio. En cada uno de ellos se analizaron los efectos de las raíces sobre los mismos.

Los datos se recogieron en el protocolo propuesto por Buikstra y Ubelaker (1994) el cual fue modificado para adaptarlo a las necesidades del presente estudio (Gómez-Moreno et al., 2012).

Las alteraciones óseas producidas por las raíces se clasificaron como sigue (Imagen 2):

- Huesos con presencia de una única raíz en su interior (Imagen 2a), de diferentes grosores (hasta 4 mm).

- Huesos con presencia de redes de raíces de grosores inferiores a 1 mm (Imagen 2b), que afectan fundamentalmente a los huesos planos, principalmente en el interior de los cráneos, a lo largo de la superficie interna de los huesos del neurocráneo.
- Huesos en los que no se conservaban las raíces pero se observaban las huellas de su presencia, o bien por la destrucción ósea visible sobre el hueso (Imagen 2c) o por la modificación de su coloración en ciertas áreas (Imagen 2d).

El análisis estadístico se ha realizado mediante el programa SPSS 15.0 Para la creación de tablas se ha contado con el programa Excel 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el yacimiento de La Magdalena, se ha encontrado que 40 individuos (21,9%), de los 183 que componen el total de la muestra estudiada, presentaban alguno de sus huesos afectado por las raíces. Atendiendo a las alteraciones radiculares que presentaban los individuos en los distintos períodos de ocupación del lugar, se observa que en el grupo humano de los calcolíticos/campaniformes sólo un individuo está afectado, lo que supone un 11,1% del total; no se observa ninguna acción en el único individuo altoimperial; en los bajoimperiales se han contabilizado 37 individuos (24,8%, de los 149 que componen la población estudiada), mientras que en los tardorromanos y los hispanovisigodos, sólo está afectado un individuo, lo que representa un 7,1% y un 10%, respectivamente, del total de ambos grupos (Tabla 1).

Estas frecuencias indican que la población bajoimperial es la más afectada con diferencia al resto de los grupos. La causa principal parece ser la menor profundidad a la que se encontraron los restos esqueléticos de los individuos de este período en relación al resto.

Las tumbas de los individuos calcolíticos/campaniformes presentan estructuras más complejas que la simple fosa en el suelo, que es lo predominante en el resto de poblaciones. El túmulo principal (UT 4081), en el que se encuentra el individuo STTL 4307 (además de los restos óseos humanos incompletos STTL 4309 y STTL 4313), está compuesto por diferentes hiladas de piedras de gran tamaño que se elevaba sobre el suelo de la época, aunque en la actualidad se encontró completamente enterrado. El cuerpo se hallaba dispuesto anatómicamente entre las piedras junto con el ajuar y componentes óseos de otros individuos adultos (brazos, piernas y una mandíbula con dientes). De esta manera parece muy improbable que las raíces penetrasen dentro del túmulo y afectasen los huesos. Otras estructuras semejantes de la época, se corresponden a fosas, con el cuerpo completo en conexión anatómica o con los huesos dispersos, cubiertos por capas de piedras, lo que también dificultó la

acción de las raíces. El individuo campaniforme STTL 4467 afectado por las raíces es una excepción a lo que se ha dicho hasta ahora, puesto que está a gran profundidad (170 cm) y también tenía una cubierta de piedras (Imagen 3).

El único individuo altoimperial (STTL 5257) se halló a bastante profundidad (141 cm), encontrándose en el nivel estratigráfico de arenas, por lo que sólo plantas de gran tamaño podrían haber llegado hasta él, y éstas no se hallan en el yacimiento en ningún momento posterior a su enterramiento.

Como vemos, sólo los árboles de cierta edad y por tanto de grandes dimensiones, alcanzarían con sus raíces las mayores profundidades de las tumbas bajoimperiales. Los resultados para el total de esta población están entre los 29 cm para el individuo a menor profundidad y de 200 cm para el más profundo. Sin embargo, entre los individuos afectados por raíces la variación está entre los 48 cm y los 164 cm (Figura 1).

Como se puede observar en la Figura 1, la mayor frecuencia de individuos afectados por las raíces está asociada a las menores profundidades. Es excepcional el caso del individuo STTL 4109 (bajoimperial), el cual se encuentra a la mayor profundidad de la muestra con presencia de raíces (164 cm). También es uno de los pocos individuos en el que se puede ver una impronta radicular, con cierta claridad, en la parte posterior de la escápula izquierda (Imagen 2c).

La población tardorromana se encuentra dispersa en torno a los enterramientos bajoimperiales y un poco más hacia el suroeste, sin ningún orden aparente, pero en general a mayores profundidades (entre 66 cm y 166 cm). Por último la población hispanovisigoda se encuentra apartada hacia el suroeste, en un terreno, que a pesar de la proximidad (unos 200 m), se observa diferente en su composición, con profundidades bajas, de 65 cm a 106 cm. Posiblemente la composición del terreno donde están los hispanovisigodos sea menos propicia para el crecimiento de las plantas, y por tanto la menor afectación.

En la bibliografía sobre la descripción del entorno de la ciudad romana de *Complutum*, y en los textos históricos de la ciudad medieval y moderna, se comenta una general escasez de arbolado en la zona. Desde época visigoda, la agricultura de cereales se extendió en gran medida, pero empezó a ser relegada por el enorme desarrollo del cultivo de la vid, desde finales del siglo XV y en adelante por el establecimiento y el gran desarrollo de la Universidad Complutense de Alcalá (Gómez Sal, 2005).

Sobre los viñedos en el terreno concreto del yacimiento, se han encontrado lo que parecen ser huellas fósiles de algún tipo de planta (Imagen 4), de forma ovalada y poca profundidad, colocados a una distancia prácticamente regular entre sí (entre 1,5 m y 2 m). Debido a esta disposición ordenada, más que considerarlos como cultivo de cereales, se deberían, posiblemente, a una plantación de vides

(Heras et al., 2011c). Estos plantones, se encuentran en la zona arqueológicamente estéril al sur de los enterramientos bajoimperiales, y cercana a los límites del foso por el este y el sur. Sin embargo, no llegarían a afectar a las tumbas más próximas, debido a la superficialidad de las raíces y a la mayor profundidad de los enterramientos de esta zona (que también se encuentran entre las más antiguas de los bajoimperiales). Por último, no se ha observado presencia de plantones en las áreas donde las tumbas son menos profundas, por lo que no parece que se pueda atribuir al cultivo de viñedos la causa de la presencia de raíces en los restos óseos.

Como se deduce de la bibliografía, la composición de plantas posterior a la época visigoda es principalmente arbustiva y herbácea: primero con el cultivo de cereales y vides, así como dehesas para la ganadería, y, a partir de mediados del siglo XIX, por el abandono generalizado de los campos, debido al traslado de la universidad a Madrid y el consiguiente empobrecimiento de la ciudad (Gómez Sal, 2005). Actualmente, el medio ambiente de los terrenos de las necrópolis y las zonas adyacentes presentan una vegetación general baja, con mayor presencia de hierbas y algunos arbustos, concentrándose los árboles en la misma línea de ribera del río. La vegetación se compone principalmente de álamos blancos, sauces, tarayes, juncales más cerca del río y plantas nitrófilas que son las más extendidas en los terrenos más alejados (Palacios y Maldonado, 2007).

La caracterización de las raíces en su dispersión horizontal y vertical y la composición de su entramado es un tema complejo, debido a la plasticidad en su desarrollo (Fitter, 1987). Las diferencias dentro de la misma especie pueden ser muy significativas según los niveles de humedad del suelo y, en gran medida, por la movilidad de los iones en el suelo (Fitter, 2002). A pesar de estas diferencias, como se ha comentado, se pueden distinguir las raíces de las plantas de gran tamaño (árboles y arbustos) y las de herbáceas por las profundidades a las que pueden llegar (Persson, 2002).

En cuanto al crecimiento de las raíces y la afectación por tipos de huesos, nos encontramos con los siguientes datos: en la población calcolítica/campaniforme, se encuentra la presencia de raíces en la diáfisis del cúbito derecho, por tanto en un hueso largo, del único individuo afectado (STTL 4467). De la población bajoimperial, 21 individuos (56,8%) presentan la acción de las raíces en los huesos largos; 1 individuo (2,7%) en huesos cortos; 9 individuos (24,3%) en huesos planos; y 6 individuos (16,2%) en otros, principalmente en el tórax, en vértebras y costillas. El individuo tardorromano (STTL 3106) en el ilion izquierdo, hueso plano; al igual que el individuo bajoimperial STTL 4545, en el coxal izquierdo (Imagen 5).

Como se puede ver, los huesos largos y los planos son los más afectados en el conjunto de las poblaciones, seguidos por las vértebras y costillas. La categoría más encontrada, es la de raíces gruesas (31 individuos, que suponen el 77,5% del total de los afectados por las raíces), presentes en los huesos largos, a través de las

diáfisis, pero también creciendo adheridas a la cortical de los huesos largos, o atravesando los planos (Imagen 5). En mucha menor medida están los individuos en los que se ha podido observar claramente la red de raíces (2 individuos, 5% del total de los afectados por raíces), principalmente en el interior de los cráneos, o como en el individuo STTL 4109 en la escápula (Imagen 2c). Por último, 11 individuos (27,5% del total de los afectados por raíces), presentan coloraciones violáceas en los huesos que pueden atribuirse a la acción de las raíces. Como se puede apreciar, algunos individuos presentan más de un tipo de afectación.

En algunos casos, la superficie cortical de los huesos largos se ha visto muy afectada por el agua y los carbonatos presentes en los niveles superiores del terreno, cuyos efectos se asemejarían a una acción química muy elevada de las raíces. Sin embargo se distinguen de éstas por la coloración blanquecina y la adhesión de material calcáreo.

Por otra parte, la destrucción generada en el material óseo por las raíces es muy escasa. Principalmente se observa una fragmentación de los huesos planos (como en el individuo STTL 3106) y la desaparición de las epífisis. En estos últimos casos, el tejido trabecular permite la entrada de las raíces por sus canales, que al crecer rompen la estructura, con la consiguiente pérdida de datos antropológicos. Por último, las huellas violáceas, además de la coloración del hueso, generan una ligera destrucción en la zona de contacto, con un aspecto similar al efecto de un ácido (Imagen 2d), pero sin pérdida de datos, como tampoco en el caso de la red de raíces.

Las raíces que se han podido observar directamente deben pertenecer a una vegetación reciente, puesto que lo habitual es que las raíces mueran y desaparezcan incluso manteniéndose con vida la planta (Fitter, 1987). Sin embargo, la identificación de las especies de plantas por las raíces es un tema muy complicado, debido por un lado a la gran plasticidad en su desarrollo, y por otro a la escasa especificación en su aspecto exterior (Fitter, 1987).

Las improntas en los restos óseos, con o sin coloración del hueso, en cambio, no pueden ser adscritas claramente a una época concreta, puesto que plantas actuales recogidas en el yacimiento, tienen las raíces del mismo color que el que se observa en el material óseo.

A este respecto, se cuenta en el laboratorio con una planta cultivada con una coloración de las raíces similar a las recogidas en el campo y a la coloración presente en los huesos. Esta planta, denominada comúnmente «Alegría del hogar» (*Impatiens balsamina*) (Imagen 6), procede de Asia y fue introducida en Europa a partir del siglo XVI para la ornamentación en jardines y casas, pero también ha aparecido de forma silvestre en el último siglo, por lo que se la puede considerar una candidata para nuestro yacimiento.

Pese a ello, la identificación de plantas por sus raíces es un tema muy complejo, que excede las competencias de este trabajo.

CONCLUSIONES

Como se ha observado, algo más de una quinta parte de los individuos estudiados están afectados por la acción de raíces. A pesar de esta cifra elevada, la conservación de los huesos no se ve afectada de forma reseñable. Únicamente se ha generado una cierta fragmentación y la desaparición de algunas epífisis, aunque esto último no sólo debe atribuirse a las raíces, si no también a otros elementos tafonómicos como pueden ser la acidez y la composición del terreno.

En cuanto a las plantas que más pudieron afectar al yacimiento en la Edad Media y Moderna, la bibliografía señala a los cultivos de vides como principal causa, aunque hemos de considerar la presencia de pastos o de algunas siembras de tipo cerealístico, como así hemos podido constatar para épocas moderna y contemporánea.

Por tanto, la afectación que se puede observar en nuestro yacimiento se debe mayoritariamente a plantas muy cercanas en el tiempo, posiblemente desde el abandono de los campos de cultivo a mediados del siglo XIX, donde proliferaron plantas arbustivas y herbáceas de forma descontrolada.

BIBLIOGRAFÍA

- Bello S., Thomann A., Rabino Massa E., Dutour O. (2003) Quantification de l'état de conservation des collections ostéoarchéologiques et ses champs d'application en anthropologie. *Antropo*, 5, 21-37.
- Beltrán de Heredia J., Burjachs F., Expósito I., Tresserras J., Matamala J.C. (2007) Estudio del «jardín» funerario de la necrópolis de la plaza Vila de Madrid a partir de las investigaciones arqueobotánicas. *QUARHIS*, 3, 102-113.
- Botella M.C., Alemán I. y Jiménez S.A. (2000) *Los huesos humanos: manipulación y alteraciones*. Edicions Bellaterra, Barcelona.
- Buikstra J.E. y Ubelaker D.H. (ed.) (1994) *Standards for data collection from human skeletal remains*. Arkansas Archeological Survey, Fayetteville (Arkansas).
- Fitter A.H. (1987) An architectural approach to the comparative ecology of plant root systems. *New Phytologist*, 106, 61-77, Blackwell Publishing Ltd.
- Fitter A.H. (2002) Characteristics and functions of root systems. En: Y. Waisel, A. Eshel, U. Kafkafi. *Plant roots. The hidden half*, Marcel Dekker, Inc., New York, 21-50.

- Gómez-Moreno F., Galera Olmo V. y Heras Martínez C.M. (2012) Datos tafonómicos de dos necrópolis procedentes del yacimiento de La Magdalena (Alcalá de Henares, Madrid). En: Turbón D, Fañanás L., Rissech C. y Rosa A. (ed.) Biodiversidad humana y evolución: 204-207. Barcelona.
- Gómez Sal A. (2005) Apuntes para una historia ecológica de Alcalá de Henares y su Universidad. *Anales Complutenses*, 17, 25-68.
- Heras Martínez C.M., Bastida Ramírez A.B., Galera Olmo V. (2011a) El conjunto industrial romano altoimperial de «La Magdalena» II (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. En: *Actas de las VIII Jornadas de Patrimonio de la Comunidad de Madrid*, (en prensa), Madrid.
- Heras Martínez C.M., Bastida Ramírez A.B., Sánchez Medina E., Corrales Pevida R., Galera Olmo V. (2011b) «Recuperando la muerte»: las necrópolis de La Magdalena (Alcalá de Henares) entre el calcolítico y la Hispania visigoda. En: *La tierra de Alcalá de Henares y sus antiguas aldeas*. I.E.E.C.C., Alcalá de Henares (en prensa)
- Heras Martínez C.M., Galera Olmo V., Bastida Ramírez A.B. (2011c) «La fase Campaniforme del yacimiento de La Magdalena (Alcalá de Henares, Madrid)». En C. Blasco, C. Liesau, P. Ríos (eds.) *Yacimientos calcolíticos con campaniforme de la región de Madrid: nuevos estudios, Patrimonio Arqueológico de Madrid*, 6, 17-21.
- Pacheco-Revilla G., Gómez-Moreno F., Heras Martínez C.M., Bastida Ramírez A.B. y Diges Quijada Y. (2010) Aproximación al análisis bioarqueológico de la necrópolis tardorromana excavada en la Parcela 11.796 de Alcalá de Henares. En: E. Gutiérrez-Redomero, A. Sánchez Andrés, V. Galera Olmo (eds.). *Diversidad humana y Antropología aplicada*, 549-556, Alcalá de Henares.
- Palacios Ortega D. y Maldonado Rius L. (2007) *Propuesta de rehabilitación de la ribera del Henares y creación de un paisaje interurbano en la finca de Prado del Espinillo, en Alcalá de Henares*. Tesis de Máster, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Persson H.A. (2002) Root systems of arboreal plants. En: Y. Waisel, A. Eshel, U. Kafkafi (Ed.). *Plant roots: The hidden half*, Marcel Dekker, Inc., 287-313, New York.
- Sánchez Ramos I. (2001) Un sector funerario de la necrópolis septentrional de Corduba. *Anales de Arqueología Cordobesa*, 12, 79-111.
- Schultz M. (1997) Microscopic investigation of excavated skeletal remains: a contribution to paleopathology and forensic medicine. En: W.D. Haglund, M.H. Sorg (ed.) *Forensic Taphonomy. The postmortem fate of human remains*. Ed. CRC Press, 201-222, Boca Raton (Florida).
- Schoeninger M.J., Moore K.M., Murray M.L. y Kingston J.D. (1989) Detection of bone preservation in archaeological and fossil samples. *Applied Geochemistry*, 4, 281-293.
- Stojanowski C.M., Seidemann R.M. y Doran G.H. (2002) Differential skeletal preservation at Windover Pond: causes and consequences. *American Journal of Physical Anthropology*, 119, 15-26.

Imagen 1

Localización del yacimiento de La Magdalena (enmarcado en verde) en relación con la actual autovía A-2 (línea roja) y el río Henares (línea azul)



Imagen 2

Efectos de las raíces sobre los huesos: a) en el interior de huesos largos; b) en el interior de un cráneo; c) impronta radicular; d) manchas violáceas

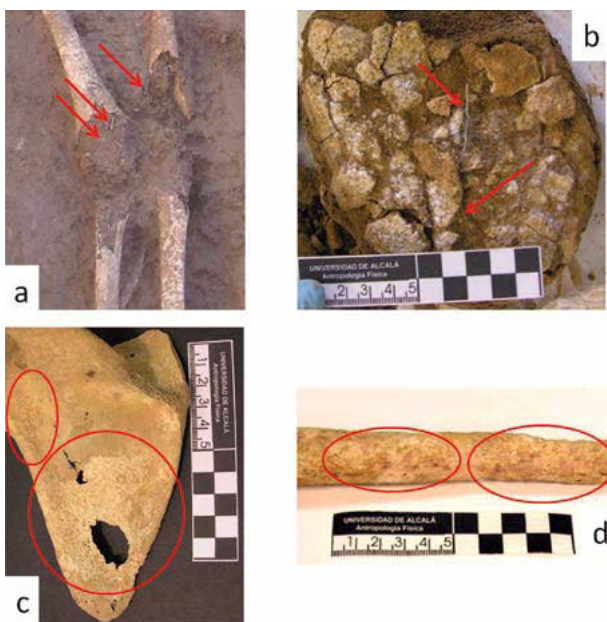


Imagen 3
Enterramiento del Individuo STTL 4467 con presencia de raíces en las rodillas



Imagen 4
Huellas fósiles de cultivo de vides en época medieval. Túmulo campaniforme y estructuras funerarias bajoimperiales al norte de las mismas

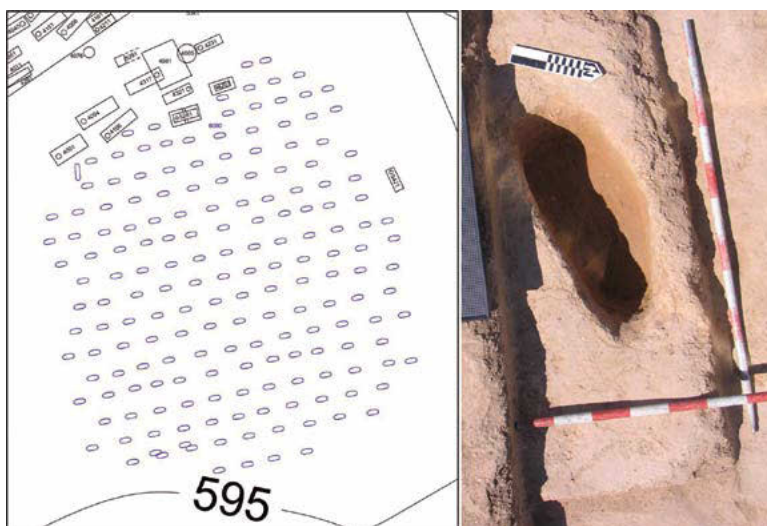


Imagen 5
Coxal izquierdo del individuo STTL 4545 afectado por raíces que atraviesan sus huesos



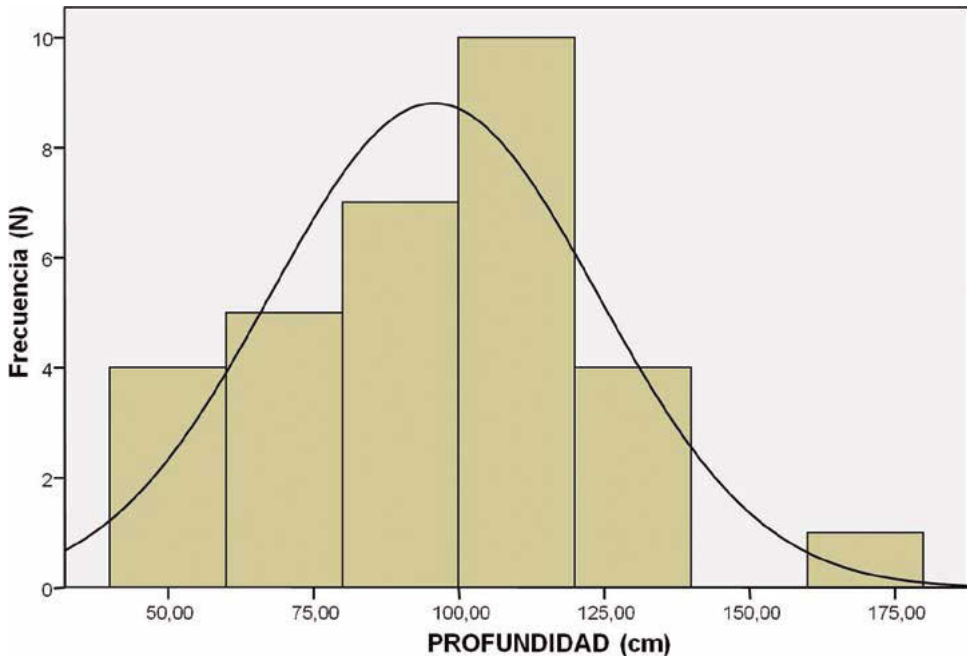
Imagen 6
Fotografía de la *Impatiens balsamina* cuya coloración de raíces asimilamos a los observados en los restos óseos de La Magdalena



Tabla 1
**Frecuencias absolutas y relativas de las diversas afecciones por raíces
 en los individuos del yacimiento de La Magdalena**

	Calc./Camp.		Bajoimperiales		Tardorromanos		Hispanovisigodos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Raíces gruesas	1	11,1	28	18,8	1	7,1	1	10
Red de raíces	0	0	2	1,3	0	0	0	0
Huellas de raíces	0	0	7	4,7	0	0	0	0
Cambio coloración	0	0	10	6,7	0	0	0	0
Total de individuos	1	11,1	37	24,8	1	7,1	1	10

Figura 1
**Distribución de las frecuencias absolutas de los individuos afectados
 por las raíces, de acuerdo con las profundidades de los enterramientos,
 del yacimiento de La Magdalena**



**PALEOPATOLOGÍA ANTEMORTEM DE LOS 28 INDIVIDUOS
EXHUMADOS EN LAS FOSAS DE CALERA Y CHOZAS
(TOLEDO, ESPAÑA)**

**ANTEMORTEM PALEOPATHOLOGY OF THE 28 INDIVIDUALS
EXCAVATED FROM THE MASS GRAVE IN CALERA Y CHOZAS
(TOLEDO, SPAIN)**

Herrerín, J.*; Sarkic, N.

* Correspondencia: Jesús Herrerín López. Departamento de Biología.
Facultad de Biología. Edif. de Biología. Despacho B 108.
Campus de Cantoblanco. C/ Darwin, 2. 28049 Madrid. Spain
E-mail: jesus.herrerin@uam.es
Fax. 921586832

Resumen

En las cinco fosas de la Guerra Civil excavadas en la localidad de Calera y Chozas (Toledo, España), se exhumaron un total de 28 individuos, de los cuales 26 eran hombres y 2 mujeres, con edades comprendidas entre los 13 y los 68 años de edad. Se realizó un completo estudio antropológico y paleopatológico de los individuos. En la parte paleopatológica, se dividió el estudio en patología *antemortem* (de origen traumático, infeccioso, circulatorio, metabólico y degenerativo) y signos de violencia *perimortem*, básicamente de dos tipos: heridas por armas de fuego y lesiones provocadas por objetos contundentes.

El estudio antropológico refleja una población muy robusta, con una importante actividad física desde muy temprana edad y con marcadores ocupacionales muy patentes. Se anotaron fracturas *antemortem* consolidadas en 8 individuos y una patología artrósica presente en la mayoría de ellos, incluso los más jóvenes. La higiene dental era muy pobre, con abundantes caries, sarro y abscesos periodontales, y con una marcada hipoplasia dental en prácticamente todos los individuos que conservaron los dientes.

Palabras claves: Patología *antemortem*, Patología dental, Patología infecciosa, Patología traumática. Patología congénita.

Abstract

Twenty eighth individuals were excavated from the five mass graves in the town of Calera y Chozas (Toledo, Spain), dating from the time of Spanish Civil War. Twenty six of them were men and two were women, aged between 13 and 68 years old. Complete anthropological and paleopathological study was conducted. Paleopathological study was divided in *antemortem* pathology (traumatic, infectious, circulatory, metabolic and degenerative pathologies) and signs of *perimortem* violence were basically of two origin: firearms wounds and blunt injuries.

The anthropological study reflects a very robust population, with signs of important physical activity from an early age and very prominent occupational markers. Consolidated *antemortem* fractures were noted in 8 subjects and arthritic pathology was present in most of them, even the youngest. Dental hygiene was very poor, with abundant cavities, tartar and periodontal abscesses, and dental hypoplasia marks were noted in almost all individuals who retained teeth.

Keywords: *Antemortem* Pathologies, Dental Pathology, Infectious Pathology, Traumatic Pathology, Congenital pathology.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Calera y Chozas se encuentra en la provincia de Toledo (Castilla La Mancha, España). Durante los meses de mayo y junio de 2012 se descubrieron un total de 5 fosas de enterramiento colectivo en las inmediaciones del cementerio local que contenían los cuerpos de vecinos enterrados allí entre los años 1936 y 1939.

Los individuos fueron depositados en las fosas sin un patrón concreto, ya que hay individuos en decúbito supino, prono y lateral. Muchos se descubrieron en una posición forzada (manos atadas a la espalda) y con señales de violencia *perimortem*. Se recogieron abundantes objetos personales de los inhumados y numerosos proyectiles.

El objetivo de este trabajo es la descripción pormenorizada de las patologías *antemortem* halladas en los individuos exhumados en estas 5 fosas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material antropológico objeto de nuestro estudio son, por lo tanto, los veintiocho individuos exhumados en estas cinco fosas de la localidad toledana de Calera y Chozas.

A cada individuo se le asignó un número, del 1 al 28, según los criterios adoptados durante la excavación por el equipo arqueológico. La mayoría de los esqueletos se encontraban muy completos y el estado de conservación podemos definirlo como *muy bueno*. Para recoger y procesar la información antropológica y paleopatológica más importante se utilizó el programa informático *Herrerín's Project*. Para la determinación del grado de preservación esquelética, se utilizó el índice de Walker *et al.* (1988).

Para la estimación sexual, se utilizaron varios métodos basados en la morfología de la pelvis y del cráneo (Ferembach *et al.*, 1980; Bruzek, 2002). Para la estimación de la edad, en el individuo de 13 años, se utilizaron métodos referidos al estado de erupción y desarrollo dentario en adolescentes (Moorres *et al.* 1963, modificado por Smith, 1991; Ubelaker, 1999), y al estado de osificación del esqueleto postcranial (Scheuer y Black, 2000). Para los adultos, se estudió la morfología de la sínfisis púbica (Brooks y Suchey, 1990), la superficie auricular del coxal (Lovejoy *et al.*, 1985) y la articulación esternal de la 4ª costilla (Iskan *et al.* 1984).

RESULTADOS

Concluimos que se trataba de un colectivo compuesto por 26 hombres y 2 mujeres, repartidos en diferentes grupos de edad (Tabla 1).

Tabla 1
Distribución por sexos y grupos de edad de los 28 individuos

GRUPOS DE EDAD	Masculino	Femenino	Total
Grupo 3 (7-13 años)	1		1
Grupo 4 (14-18 años)			0
Grupo 5 (19-25 años)	8	1	9
Grupo 6 (25-39 años)	6		6
Grupo 7 (40-59 años)	11		11
Grupo 8 (>60 años)		1	1
Total	26	2	28

El análisis antropológico nos muestra un grupo muy robusto, tanto hombres como mujeres. Los índices de robustez presentan valores muy altos en todos los huesos largos y los marcadores musculares son muy importantes en brazos y piernas. La mayoría presentan nódulos de Schmorl (21 individuos sobre 28), así como

signos de patología artrósica (22 individuos sobre 28) en, al menos, dos articulaciones, lo que también nos indica que la vida laboral de las personas exhumadas había sido dura, ya que hasta los individuos más jóvenes presentan marcadores que así lo indicaban.

La estatura media de los 25 hombres, resultó ser de **165,10 cm** (170,69 +/- 1,45 cm el más alto y 156-159 el más bajo) y la de las dos mujeres de 149-151 cm, en el caso de la adulta joven (entre 25 y 39 años) y de 144-147 cm, la mayor de 60 años. Todas las estaturas estimadas en ambos sexos según el método de Lee y Pearson (1901).

Patología *antemortem*

Patología dental. Se trataba de un colectivo con graves problemas de higiene y salud oral. 24 individuos presentaban al menos una caries. Si tenemos en cuenta que en un individuo no se conservó ni el cráneo ni la mandíbula y que otro había perdido todos los dientes *antemortem*, podemos decir que todos los individuos que conservaban dientes, salvo dos, presentaban al menos una caries (24 de 26, un 92,3%). El número total de dientes afectados por caries es de 74.

Datos muy similares para la hipoplasia del esmalte dental: 24 personas presentaban líneas de hipoplasia. Si tenemos en cuenta los dos individuos anteriormente mencionados sin dientes, y que en otro no se pudo visualizar si tenía o no líneas de hipoplasia por la gran cantidad de sarro que presentaba, concluimos que solamente un individuo, CAL-2, no presentaba líneas de hipoplasia dental. En total 24 de 25 individuos, un 96%.

Observamos signos periodontíticos en 18 individuos. Si recordamos que en tres no se pudo comprobar, la frecuencia también es muy alta (18 de 25, un 72% de total). La pérdida de dientes *antemortem* también era muy frecuente, ya que lo anotamos en 17 individuos sobre un total observable de 25 (un 68%). En total 101 dientes perdidos *antemortem*. Por último, observamos que todos los individuos que conservaban dientes, en total 26, presentaban sarro, en mayor o menor cantidad. Por último, hemos anotado agenesia dental en 5 individuos: CAL-1 (1 molar); CAL-2 (3 molares); CAL-8 (2 incisivos); CAL-12 (2 molares) y CAL-13 (1 molar).

Patología infecciosa. En cuanto a la patología de origen infeccioso, es de anotar que 2 de los individuos (CAL-12, un hombre entre 20 y 25 años, y CAL-28, un hombre entre 40 y 50 años) presentaban una destrucción del borde antero- superior de cuerpo vertebral de L4 (en CAL-12; Fig. 1) y de L5 (en CAL-28; Fig. 1), compatible con el signo de Pedro Pons, típico de una epifisitis producida por brucelosis (Etxeberría, 1984; Baxarías y Herrerín, 2008). La brucelosis es producida por un

bacilo aerobio Gram negativo, que puede provocar una zoonosis en el hombre (Aufferheide y Rodríguez-Martín, 1998). Los animales reservorios de esta enfermedad pueden ser variados, aunque es más común entre vacas y ovejas. La contaminación es normalmente por vía digestiva (consumir leche o queso no pasteurizado; Ortner y Putschar, 1985).

El modo de vida rural y el consumo de queso y leche no pasteurizada, hace muy probable la presencia de esta enfermedad infecciosa en un colectivo como el estudiado, cuya vida laboral y diaria, acorde a los parámetros de principios de siglo XX en la España rural, se encontraría muy relacionada con la presencia y el cuidado de animales domésticos. De todas formas, aunque el signo de Pedro Pons en estos dos individuos parece muy claro, hay que recordar que no es patognómico de la brucelosis, por lo que no podemos asegurar el diagnóstico (Baxarías y Herrerín, 2008).

También hemos anotado la presencia de periostitis en 5 individuos. Aparece en huesos largos de extremidades superiores (epífisis distal de ambos radios en CAL-21, un individuo masculino entre 12 y 14 años), y en tibias y fémures de otros 4 individuos. La periostitis se define como la formación de hueso a partir de la capa celular del periostio, y se presentan como respuesta a distintas noxas localizadas o sistémicas (Jordana et al., 2003). Son múltiples las posibles etiologías de la periostitis: infecciosa exógena o endógena, Osteoartropatía hipertrófica, Hipervitaminosis A, Episodios traumáticos localizados con formación de hematomas o problemas vasculares (Jordana et al., 2003; Herrerín, 2008; Minozzi et al., 2012).

Pensamos que el origen en la mayoría de estos cinco casos es infeccioso, aunque no podemos concretar el agente causante. Sin embargo, en uno de ellos, CAL-2, la presencia de periostitis es generalizada en los dos fémures y las dos tibias. Este individuo fue identificado como el antiguo alcalde de la población. Se trataba de un individuo obeso, de 55 años, y con problemas de varices, por lo que suponemos que la presencia de esta periostitis, aunque no podamos descartar totalmente un origen infeccioso, estaría relacionada con problemas de retorno venoso. En clínica actual se relaciona la insuficiencia venosa crónica con la periostitis en un 10-60% de los casos y el mecanismo por el cual se produciría estas reacciones estaría relacionado con la hipoxia tisular asociado al déficit de irrigación (Jordana et al., 2003).

Patología vertebral. En cuanto a patología vertebral, hemos anotado la presencia de nódulos de Schmorl en 21 individuos sobre 28 (un 75%). Los nódulos de Schmorl surgen como consecuencia de la presión de los discos intervertebrales sobre las superficies superior o inferior de los cuerpos de las vértebras (Herrerín, 2011). El disco intervertebral penetra de forma vertical dentro del hueso trabecular del cuerpo vertebral. Los nódulos están comúnmente asociados con otras formas

de cambios degenerativos relacionados con la edad, como son la formación de osteofitos que se extienden desde los cuerpos vertebrales y, debido a su etiología, se interpreta como un reflejo de estrés mecánico producido por cargas axiales, por lo que su presencia podría estar directamente relacionada con la actividad y la postura del individuo (Casas, 1997).

También lo hemos encontrado en CAL-12, un individuo joven (20-25 años). La columna vertebral de este individuo estaba muy afectada por nódulos de Schmorl. Sorprende la cantidad de nódulos y la intensidad de los mismos, atendiendo a la edad del individuo, pero al observar atentamente las carillas articulares de las costillas, la importante asimetría encontrada en el esternón, y la desviación de muchos cuerpos vertebrales y apófisis espinosas de vértebras torácicas y lumbares, no es incoherente hablar de un diagnóstico muy probable de cifosis y/o escoliosis vertebral, o enfermedad de Scheuermann juvenil. Hay que recordar que hay una relación muy estrecha entre la aparición de nódulos de Schmorl y la enfermedad de Scheuermann en individuos juveniles o adultos jóvenes (Herrerín, 2011), como parece ser este caso.

Patología traumática *antemortem*. Hemos anotado fracturas *antemortem* en 8 individuos (un 28,6% del total).

CAL-28, un hombre entre 40 y 50 años, presenta una fractura de mandíbula (rama izquierda), una fractura del trocánter menor del húmero derecho y de cavidad glenoidea del omoplato derecho. La fractura en la fosa glenoidea se encuentra cicatrizada, aunque la forma de la fosa glenoidea ha variado (Fig. 2). Se aprecia la línea de fractura, con callo de consolidación, dividiendo la cavidad y perdiendo ligeramente la alineación y la forma, lo que conlleva una artrosis visible en la zona articular de la cabeza humeral. La línea de fractura ha hundido la parte superior de la fosa glenoidea, empujando hacia atrás el cuello quirúrgico (Fig. 2 y 3). Esta fractura consolidada, seguramente causada por una caída brusca sobre el hombro o por un golpe violento sobre la cabeza humeral, provocaría una inestabilidad en el hombro muy importante, y no es descartable la posibilidad de luxaciones de hombro recidivantes en este individuo.

También en el húmero podemos observar una fractura *antemortem* del tercio medio con pequeño fragmento óseo desplazado al canal medular y pequeña muesca en la cortical por debajo de la fractura (Fig. 3).

En este mismo individuo, hemos observado una fractura consolidada del cuerpo mandibular, en la hemimandíbula izquierda (Fig. 4). La línea de fractura traza una línea casi horizontal, ligeramente oblicua (Fig 4). Si tenemos en cuenta la fractura de hombro, podemos pensar que el impacto violento o la caída brusca pudo ser la causa de estas dos fracturas, de hombro y mandíbula, aunque no podemos asegurarlo.

En el individuo CAL-26, un hombre entre 40 y 45 años, hemos anotado un bloque de vértebras fusionadas T7, T8 y T9 (Fig. 5), debido a una fractura por compresión (Ortner y Putschar, 1985). Se aprecia una fractura con aplastamiento de la plataforma inferior de la T8 con sinostosis del ángulo anterior con la T9 y fragmento óseo del ángulo postero-inferior de T8 que provoca estenosis del canal raquídeo y posiblemente al agujero de conjunción (Fig. 6). Este individuo tendría fuertes dolores de espalda a la altura de la vértebra fracturada T8. Esta estenosis no provocaría una paraplejía del individuo, pero sí constricción del canal medular y dolores frecuentes en esta zona, con posibles consecuencias en los nervios que abandonan la médula a este nivel.

También en este individuo hemos anotado una espondilólisis unilateral de L4, una falta de fusión unilateral del *pars interarticularis* de la vértebra L4, sin desplazamiento. El origen más frecuente es el genético, aunque el origen también puede ser traumático y se pueden deber a movimientos de hiperextensión que puedan dañar el *pars interarticularis*. En este caso, y a pesar de la patología descrita en las vértebras torácicas, pensamos que su etiología puede ser genética.

También hemos anotado una espondilólisis unilateral en el individuo CAL-9, un hombre entre 45 y 50 años. En este caso, se trata de una espondilólisis unilateral de la rama izquierda de la L5, sin desplazamiento (Fig. 7). La vértebra más frecuentemente afectada en clínica por la espondilólisis es la quinta lumbar, seguida por la cuarta. También nos inclinamos hacia un origen congénito de esta separación entre la articulación facetaria y el resto de la lámina. Con frecuencia, la espondilólisis, sobre todo si es de origen congénito como parecen ser estos dos casos, no causa ningún dolor ni síntoma, y es sólo un hallazgo casual en una radiografía. Si aparece como consecuencia de una fractura o traumatismos repetidos pueden causar dolor en la zona vertebral.

En CAL-23, un hombre entre 45 y 55 años, hemos observado una fractura de esternón. La fractura es transversal y se encuentra situada en la mitad del cuerpo (Fig. 8). Esta fractura la sufrió el individuo mucho antes de su muerte, y se encuentra totalmente fusionada.

En el individuo CAL-14, un hombre entre 22 y 25 años, también hemos observado signos de fractura *antemortem* consolidada en la base del cuerpo del esternón con condensación ósea (Fig. 10). La funcionalidad del esternón no se vio alterada por esta circunstancia. También se aprecian múltiples fracturas *postmortem* en la cara ventral del cuerpo del esternón.

Hemos anotado dos fracturas de clavícula. Una en el individuo CAL-08, un hombre entre 25 y 30 años, en la clavícula derecha que presenta una lesión lítica en la cara ventral del extremo esternal de la clavícula con imagen de callo óseo, por fractura por arrancamiento *antemortem* con signos de consolidación (Fig. 10). Otra

en la cara dorsal de la extremidad esternal de la clavícula derecha del individuo CAL-10, un hombre de entre 50 y 60 años, que presenta un engrosamiento cortical y unas pequeñas geodas subcondrales que podrían ser por causa de una antigua fractura por arrancamiento (Fig. 11). Esta fractura acortó bastante su longitud máxima (139 mm la derecha, 154 mm la izquierda).

En el individuo CAL-20, un hombre entre 45 y 55 años, hemos apreciado la ausencia del epicóndilo medial en el húmero derecho (Fig. 12). Esta ausencia se puede deber a una falta de fusión (hay personas en las que nunca se fusiona) o por una etiología traumática (aguda, debida a un mecanismo puntual, o crónica, por sobrecarga en tensión). La epitroclea es una apófisis de tracción. No contribuye al crecimiento humeral y sirve de origen a los músculos flexores del antebrazo y los ligamentos cubitales laterales. El mecanismo de producción, si su origen es traumático, puede ser por impacto directo, por sobrecarga en valgo o por avulsión muscular aislada (codo en flexión). Suele estar asociada a luxación del codo posterior. Este tipo de fracturas representa el 11% de las fracturas del codo en el niño y se trata de un desprendimiento epifisario, ya que esta apófisis tiene un núcleo de osificación propio que se cierra a la edad de 14-16 años, en los hombres. Los ligamentos cubitales laterales y los músculos flexores del antebrazo traccionan la epitroclea y la arrancan.

Los síntomas varían dependiendo si el fragmento desprendido se desplaza y queda «*encarcelado*» en la articulación (15-20% de los casos), o no. Si esto sucede puede comprimir el nervio cubital, provocando sensaciones anormales en el dedo meñique y parte del dedo anular, generalmente en el lado de la palma, o incluso pérdida de coordinación de los dedos de la mano. Si no hay desplazamiento del fragmento, el individuo puede hacer su vida normal, aunque puede haber complicaciones menores como la artrosis del fragmento (en un 50% de los casos, aunque en este caso no hemos podido comprobarlo al no haberlo recuperado), pérdida de extensión total del codo (en un 50% de los casos) o presencia de *miositis osificante* (no se aprecia en este caso).

En el caso de este hombre entre 45 y 55 años, vemos que tiene un índice de robustez de 21,17 en este húmero derecho, un valor muy alto, con lo que podemos concluir que utilizó el brazo derecho durante su vida sin impedimento importante, aunque pudo haber tenido una pérdida parcial de extensión del codo o presencia de artrosis superior a la normal. Los síntomas clínicos son de dolor espontáneo, dolor a la palpación y tumefacción en el lado medial. El dolor aumenta al flexionar la muñeca. La forma rugosa del borde recuperado que estaría en contacto con el epicóndilo nos hace pensar que lo más probable es que el epicóndilo nunca fusionó, siendo más improbable que se trate de una etiología traumática aguda.

CONCLUSIONES

El colectivo formado por 28 individuos (26 hombres y 2 mujeres) exhumados en 5 fosas datadas entre los años 1936-1939, nos muestra un grupo bastante homogéneo en sus características antropológicas (muy robustos en brazos y piernas, con marcadores musculares muy patentes y signos artrósicos importantes, incluso entre los más jóvenes y las mujeres) y con una amplia representación en patologías *antemortem*. La salud dental de este grupo humano era muy deficiente, con elevado porcentaje de individuos con caries (92,3%, con un total de 74 dientes con caries), sarro (100%), periodontitis (72%) y pérdida dental *antemortem* (68%, con un total de 101 dientes perdidos). Además, un 96% presentaba líneas de hipoplasia.

La patología infecciosa también está representada con dos posibles casos de brucelosis y cinco individuos con periostitis con posible origen infeccioso. En la columna vertebral hemos observado también la presencia de nódulos de Schmorl en un 75% de los individuos estudiados, incluso entre los más jóvenes y en algunos casos relacionados con cifosis. Un individuo presentaba una fractura por compresión de la T8, que formó un bloque con la T7 y T9, y que provocaría una estenosis del canal raquídeo, con secuelas dolorosas en la zona y posibles consecuencias en los nervios que abandonan la médula a este nivel.

En cuanto a la patología traumática *antemortem*, hemos anotado al menos una fractura en 8 individuos (28,6% del total), y en algunos casos se trataba de fracturas múltiples, que afectaban a más de un hueso. Por último, hemos anotado también dos casos de espondilólisis unilateral, que consideramos de probable origen congénito.

BIBLIOGRAFÍA

- Aufderheide A.C., Rodríguez-Martín C. (1998). *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*. Cambridge University Press:Cambridge.
- Bass W.M. (1971) *Human Osteology*. Missouri Archaeological Society. Special publication n.2. Columbia, Missouri.
- Baxarias J., Herrerín J. (2008) *The Handbook Atlas of Paleopathology*. 1st ed. Zaragoza: Editorial Pórtico.
- Brooks S.T, Suchey J.M. (1990) Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Human evolution* 5: 227-238.
- Brothwell D.R. (1987) *Desenterrando huesos*. Fondo de cultura económica. México.
- Bruzek J. (2002) A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *Am J Phys Anthropol* 117: 157-168.

- Casas M.J. (1997) *Principales marcadores óseos macroscópicos de estrés físico en poblaciones humanas: Su validez como indicadores de gestos repetitivos*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Etxeberría F. (1994) Vertebral epiphysitis. Early signs of brucellar disease. *Journal of Paleopathology* 6(3):41-9.
- Ferembach D., Schwidetzky I., Stoukal M. (1980) Recommendations for age and sex diagnosis of skeletons. *J Hum Evol* 9: 517-549.
- Herrerín J. (2011) *Paleopathological discoveries in an unusual necropolis of mendicants*. Soria Edita. España.
- Iscan M.Y., Loth S.R., Wright R.K. (1984) Metamorphosis at the sternal rib end: A new method to estimate age at death in white males. *Am J Phys Anthropol*. 65(2): 147-56.
- Jordana X., Galles I., Isidro A., Vila S., Malgosa A. (2003) Periostitis por probable insuficiencia vascular periférica: A propósito de dos casos de la necrópolis visigótica de Sant Pere (Terrassa, Barcelona). *Actas del VII Congreso Nacional de Paleopatología*. Mahón. Menorca. España. p: 576-582.
- Lee A., Pearson K. (1901) A first study of the correlations of the human skull. *Phil. Trans. of the Roy. Soc. Series A*, t. 196: 225-264.
- Minozzi S., Catalano P., Caldarini C., Fornaciari G. (2012) Paleopathology of Human Remains from the Roman Imperial Age. *Pathobiology*; 79:268–283.
- Moorrees C.F., Flanning, E.A., Hunt, E.E. (1963) Formation and resorption of three deciduous teeth in children. *Am J Phys Anthropol*. 21: 205-213.
- Olivier G. (1965) *Anatomie Anthropologique*. Vigot Frères. Paris.
- Ortner D.J., Putschar W.G.J. (1985) *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. Smithsonian Institution Press:Washington, DC.
- Rivero de la Calle M. (1985) *Nociones de Anatomía Humana aplicadas a la Arqueología*. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana.
- Scheuer L., Black S. (2000) *Developmental juvenile osteology*. Academic Press, San Diego, New York, Tokyo.
- Smith B.H. (1991) Standards of human tooth formation and dental age assessment. In: *Advances in Dental Anthropology* (MA Kelley and CS Larsen, Eds.), pp. 143-168, New York: Wiley-Liss.
- Ubelaker D.H. (1999) *Human skeletal remains. Excavation, analysis, interpretation*. Taraxacum-Washington, Smiths. Inst. Manuals on Archaeology 2.
- Walker P., Gregory D., Shapiro P (1988). Age and sex biases in the preservation of human skeletal remains. *Am J Phys Anthropol* 76:183-188.

Figura 1
Epifisitis en L4 y L5, que recuerda lesiones tempranas de Brucelosis
(signo de Pedro Pons)



Figura 2
CAL-28, individuo masculino de 40-50 años. Fractura de cavidad glenoidea y de cuello quirúrgico del omoplato. Entesopatía subescapular en el húmero



Figura 3
CAL-28. Imágenes radiográficas y de scanner.
Fractura de la cavidad glenoidea



Figura 4
CAL-28, individuo masculino de 40-50 años. Fractura antemortem en la
rama mandibular izquierda con hundimiento con márgenes redondeados
por consolidación

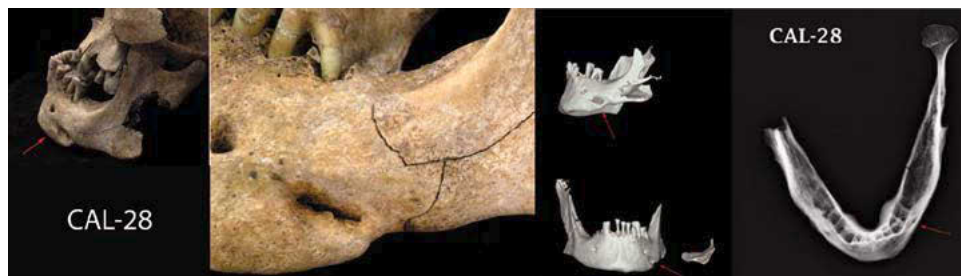


Figura 5
**CAL-26, individuo masculino de 40-45 años. Bloque vertebral (T7, T8 y T9),
causado por una fractura por compresión**



Figura 6
**CAL-26. Fractura con aplastamiento de la plataforma inferior de la
vértebra T8 con sinostosis del ángulo anterior con la vertebra inferior
y fragmento óseo del ángulo postero-inferior**



Figura 7
CAL-9, individuo masculino entre 45 y 50 años. Espondilólisis unilateral de la rama izquierda de la L5, sin desplazamiento

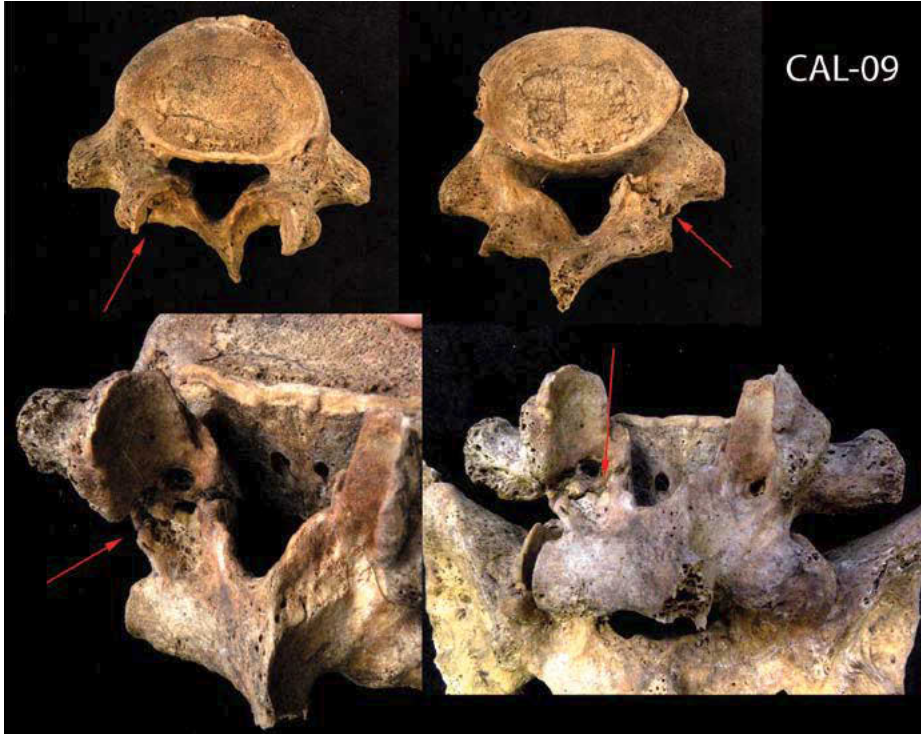


Figura 8
CAL-23, individuo masculino entre 45 y 55 años. Fractura transversal del cuerpo del esternón



Figura 9
CAL-14, individuo masculino entre 22 y 25 años. Fractura transversal del cuerpo del esternón consolidada en la base del cuerpo del esternón con condensación ósea

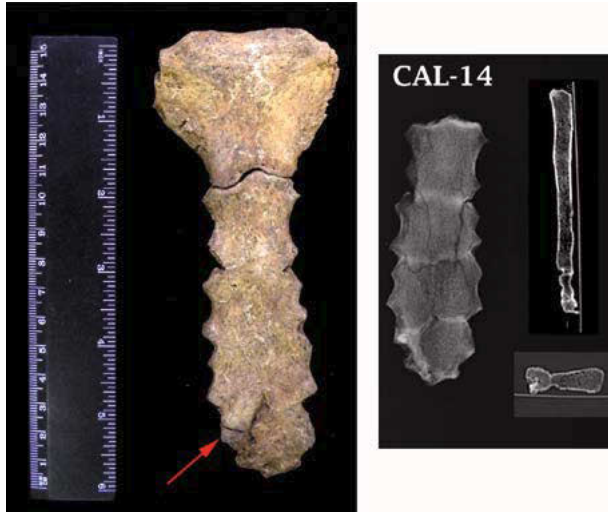


Figura 10
CAL-08, individuo masculino entre 25 y 30 años. Fractura por arrancamiento en la clavícula derecha, que presenta una lesión lítica en la cara ventral del extremo esternal de la clavícula con imagen de callo óseo



Figura 11

CAL-10, individuo masculino entre 50 y 60 años. Fractura antermortem por arrancamiento, que presenta un engrosamiento cortical y unas pequeñas geodas subcondrales



Figura 12

CAL-20, individuo masculino entre 45 y 55 años. Ausencia de epicóndilo medial en el húmero derecho



DETERMINACIÓN SEXUAL MEDIANTE TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTERIZADA. EL ANÁLISIS EN 3D DE LA APÓFISIS MASTOIDES

Martínez-Ávila, MS.¹; Grueso, I.¹; Mascaraque, J.²; Robledo, B.¹; Trancho, G.J.¹

¹Departamento de Zoología y Antropología Física.

Facultad de Biología.

Universidad Complutense de Madrid

Madrid 28040.

²Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid.

marisolmavila@telefonica.net

Resumen

En el presente estudio se analiza una muestra de 100 tomografías axiales computerizadas (TAC) de la región cráneo-cervical, proporcionadas por el Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Universitario 12 de Octubre de Madrid. La muestra está constituida por 50 mujeres y 50 varones españoles, de edades comprendidas entre 20 y 97 años. Los individuos analizados carecen de signos patológicos relevantes en la región anatómica estudiada. El objetivo de nuestro trabajo es analizar la variabilidad morfológica de la apófisis mastoides, para obtener ecuaciones discriminantes que posteriormente puedan ser de utilidad en el diagnóstico del sexo de restos óseos de origen arqueológico o forense. Para ello se han evaluado series TAC en formato DICOM generando imágenes 3D mediante el programa OsiriX para Macintosh. Para evaluar las diferencias sexuales se seleccionaron un total de seis variables en los planos sagital izquierdo y axial. La variable más dimórfica es la altura de la apófisis, con un porcentaje de correspondencia en la discriminación sexual del 80% de los individuos analizados, seguida del área con un 78 % y la distancia porion-mastoideo, con un 76%. Nuestros resultados indican que las imágenes obtenidas mediante reproducción volumétrica en 3D son adecuadas y útiles para el estudio antropológico de poblaciones actuales, al ser un método no invasivo, e incrementar la posibilidad de contar con series anatómicas en las que se conoce el sexo y edad del individuo, condición poco frecuente en las muestras arqueológicas.

Palabras clave: apófisis mastoides, tomografía axial computerizada, reproducción volumétrica en 3D, determinación sexual, análisis de imagen, funciones discriminantes

INTRODUCCIÓN

La determinación del sexo en restos humanos esqueléticos es de suma importancia en casos de antropología forense y arqueología, en los que se necesita estimar correctamente el sexo de los restos encontrados. Con frecuencia se hace necesario realizar una determinación sexual en individuos de filiación desconocida, representados por unos pocos huesos que a menudo se preservan en mal estado. Ocasionalmente se dispone de la pelvis, alcanzando en esos casos niveles de predicción superiores al 90 %, aunque en muy pocas ocasiones se encuentra disponible (Walker, 2008). Por este motivo es preciso desarrollar métodos que permitan estimar el sexo en otras estructuras óseas, fácilmente identificables, como es el caso de las apófisis mastoides, que además son zonas anatómicas craneales que se preservan bien en el registro fósil debido a su posición anatómica y a su estructura compacta (Nagaoka et al., 2008; Das Gupta et al., 2012; Paiva y Segre, 2003). Los antropólogos físicos a menudo nos lamentamos de la falta de colecciones osteológicas de sexo y edad conocido. Las técnicas por imagen como las radiografías y los escáneres ofrecen una alternativa muy útil, con colecciones amplias de filiación conocida, además de ser un método no invasivo (Rissech et al., 2012).

Existen diferentes metodologías para realizar la determinación sexual en restos óseos. Los métodos cualitativos están basados en un sistema ordinal de grados de expresión, en los que los grados menores se corresponden con individuos femeninos y los grados mayores con individuos masculinos (Acsàdi y Nemeskèri, 1970; Ferembach et al., 1979; Bass, 1987; Brothwell, 1989). El inconveniente de estos métodos es su carácter subjetivo, influenciado generalmente por la experiencia del observador.

Los métodos cuantitativos se generan a partir de mediciones sobre diferentes estructuras anatómicas, en la que la medición se realiza con un instrumento de precisión (Giles y Elliot, 1963; Black, 1978; Iscan y Miller-Shaivitz, 1984; Barrio et al., 2006). El inconveniente de este método es que sólo son aplicables para aquellas poblaciones para las que fueron creadas y en algunos casos pueden existir dificultades para la identificación de determinados puntos anatómicos.

El objetivo de nuestro trabajo es crear funciones discriminantes que nos permitan la determinación sexual a través del análisis de la apófisis mastoides.

MATERIAL Y MÉTODOS

La muestra está compuesta por imágenes de TAC en formato DICOM de 100 individuos españoles, 50 hombres y 50 mujeres, con edades comprendidas entre 20 y 97 años, sin patología ósea en la región craneocervical. Para el tratamiento de las

imágenes utilizamos el programa OsiriX v. 4.1.2 para Macintosh. Realizamos una reproducción volumétrica en 3D de los todos los escáneres, y las imágenes obtenidas las orientamos según el plano de Frankfurt. Las mediciones de las variables las realizamos en el plano sagital izquierdo y en el plano axial.

Se definieron seis variables que abarcan la altura y anchura de la apófisis mastoides (Tabla 1). Cinco de ellas se cuantifican en el plano sagital izquierdo y una en el plano axial.

Las medidas se tomaron por un solo observador (MSMA), sobre imágenes en 3D. Se realizaron tres mediciones de cada variable, excepto para el área y la distancia porion-incisura mastoidea, en las que sólo se efectuó una medida.

Tabla 1
Definición de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN
Altura apófisis mastoides	Distancia máxima entre mastoideo y porion, perpendicular al plano de Frankfurt
Anchura apófisis mastoides	Distancia entre el final de la incisura mastoidea y el punto postero-inferior del meato auditivo
Distancia Porion-Mastoideo	Distancia entre el porion al mastoideo
Distancia Porion-Incisura Mastoidea	Distancia entre porion y el final de la incisura mastoidea
Anchura apófisis en plano axial	Se delimita la anchura de la mastoides con dos líneas fijas, desde el punto más externo o lateral de la mastoides al comienzo de la incisura mastoidea.
Área	Se delimita toda el área de la mastoides con un mínimo de 20 puntos anatómicos. Para la parte superior se utiliza como guía la anchura de la apófisis

La base de datos se realizó en una hoja de cálculo Excel, y fue exportada a SPSS v. 21.0 para Macintosh. En primer lugar, se determinó la estadística descriptiva analizando la existencia de dimorfismo sexual en cada variable. Se calculó un índice IDS definido como la relación por cociente entre la media masculina y la femenina, en tantos por ciento. Posteriormente, se realizaron análisis discriminantes univariantes y multivariantes y análisis «paso a paso». Las ecuaciones obtenidas fueron ajustadas calculando el valor cero como punto de corte, clasificando de ese modo a los individuos masculinos con valores positivos y a los femeninos con

valores negativos. El grado de correspondencia de las ecuaciones discriminantes se estimó mediante el método de validación cruzada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la estadística descriptiva (Tabla 2) realizada para cada variable, hemos calculado los promedios e índice de dimorfismo sexual. Las dimensiones masculinas son mayores en los hombres en todos los casos. La variable más dimórfica es el área, con un 53 %, seguida de la anchura con un 24 % y la distancia porion-incisura mastoidea 17 %. Las diferencias entre hombres y mujeres en todos los casos son significativas.

Tabla 2
Estadística descriptiva, índice de dimorfismo sexual
y significación estadística

Variable	N ♂	X ♂ ± σ	N ♀	X ♀ ± σ	IDS (♂/♀)	Sig.
Altura de la mastoides	50	29.53 ± 2.53	50	26.13 ± 2.50	111	0.000
Anchura de la mastoides	50	30.96 ± 4.74	50	24.95 ± 4.34	124	0.000
Porion-Mastoideo	50	31.79 ± 2.48	50	28.50 ± 2.44	111	0.000
Porion-Incisura	50	37.73 ± 4.53	50	32.14 ± 4.50	117	0.000
Anchura axial	50	17.39 ± 2.55	50	15.51 ± 1.94	112	0.000
Área	50	50.12 ± 12.05	50	32.75 ± 11.19	153	0.000

Cuando se analizan las funciones discriminantes con una sola variable (Tabla 3), la ecuación con mayor índice de correspondencia en la determinación sexual es la altura de la apófisis mastoides, que en la población española analizada en este trabajo alcanza un 80%, seguida del área de la mastoides con un 78%. La variable que según nuestro estudio ofrece peores resultados es la anchura axial, al lograr tan solo el 64%, sin embargo, esta misma medida según Nagaoka (2008), alcanza en japoneses porcentajes de clasificación correcta del 84.6%. Estas diferencias son esperables ya que el dimorfismo sexual varía de unas poblaciones a otras lo que obliga a construir modelos cuantitativos específicos. Sirva de ejemplo que en la población brasileña la variable Porion – Mastoideo presenta una correspondencia del 64.2 % (Suazo et al., 2008), mientras que en nuestro trabajo alcanza el 76%.

Nagaoka (2008), con la combinación de variables que miden la altura y anchura de la apófisis mastoides obtiene niveles de correspondencia que alcanzan entre el 82-92%, pero en nuestra investigación, la incorporación de más variables a la función no aumenta significativamente la fiabilidad de discriminación sexual (Tabla 4).

Tabla 3
Funciones discriminantes univariantes, límite de discriminación y porcentaje de correspondencia

VARIABLE	FUNCIONES	MASCULINO Si es mayor de	% CORRESP.
Altura de la mastoides	Altura * 0.397 - 11.044	27.82	80
Anchura de la mastoides	Anchura * 0.220 - 6.146	27.94	73
Porion - Mastoideo	Po-Mas * 0.407 - 12.264	30.13	76
Anchura axial	Anch.Axial * 0.441 - 7247	16.43	64
Área	Área * 0.086 - 3.564	41.44	78
Porion - Incisura	Po-Inc * 0.222 - 7.741	34.87	73

La elaboración de ecuaciones discriminantes formadas por dos y tres variables ofrece porcentajes de correspondencia en la serie española analizada del 78% y 80% (Tabla 4); valores que no difieren significativamente de la obtenida mediante la función basada tan solo en la altura de la apófisis mastoides.

Tabla 4
Funciones discriminantes multifactoriales y porcentaje de correspondencia en la asignación sexual

VARIABLES	FUNCIONES DISCRIMINANTES	% CORRESP
Anchura de la mastoides Altura de la mastoides	Anchura * 0.127 + Altura * 0.241 - 10.249	78
Altura de la mastoides Porion - Incisura Anchura Axial	Altura * 0.2 + Po-Inc * 0.11 + Anch.Axial * 0.18 - 11.054	80

Diversos autores han estudiado la apófisis mastoides en diferentes poblaciones y con distintas técnicas analíticas, desde la medida directa del hueso esqueletizado hasta el estudio de rasgos cualitativos mediante imágenes de TAC en 3D (Ramsthaler et al., 2010) (Tablas 5 y 6), dando como resultado porcentajes de correspondencia que varían entre el 64% y el 85%, niveles que no difieren significativamente de los del presente trabajo. En la Tabla 5, aparece la comparación de los porcentajes máximos de correspondencia utilizando funciones unifactoriales en poblaciones de distinto origen, mientras que en la Tabla 6 se representan los valores para funciones multifactoriales. Das Gupta (2012), obtiene el porcentaje más alto utilizando una sola variable, la altura de la mastoides (85.7%), mientras que la serie española estudiada en este trabajo ofrece una correspondencia algo más baja, del 80%. El resto de series presentan valores basados en variables anatómicas distintas, la distancia Porion-Mastoideo (64.2%), la anchura de la mastoides (84.6%) o la morfología cualitativa general de la apófisis mastoidea (69%). El análisis multifactorial ofrece valores similares aún utilizando ecuaciones formadas por dos o incluso tres variables (Tabla 6), alcanzando el valor máximo la serie japonesa analizada por Nagaoka (2008).

Tabla 5

Porcentajes máximos de correspondencia con funciones unifactoriales en poblaciones de distinto origen

POBLACIÓN	Nº DE CASOS	VARIABLE	CORRESP.	AUTOR
Museum of the Federal University of Sao Paolo, Brasil	81	Porion - Mastoideo	64.2 %	Suazo et al., 2008
Medicolegal Department Hamburg, Alemania	50	Morfología Mastoides	69.0 %	Ramsthaler et al., 2010
Yacimientos Hitotsubashi y Yigahama-minami, Japón	87	Anchura Mastoides	84.6 %	Nagaoka, 2008
Depart. of Anatomy and Forensic Medicine, Amalapuram, India	70	Altura Mastoides	85.7 %	Das Gupta et al., 2012
PRESENTE ESTUDIO Univ. Complutense Madrid, España	100	Altura Mastoides	80.0 %	Martínez-Ávila et al., 2013

Creemos que la diversidad observada está relacionada con la variabilidad poblacional en el tamaño y forma del cráneo siendo consecuencia del patrimonio genético, la actividad física, o de influencias medioambientales y nutricionales, que sin duda afectan al crecimiento diferencial cráneo-facial o al desarrollo muscular del individuo, interviniendo de ese modo en el tamaño relativo de la apófisis mastoides. Este resultado obliga a obtener ecuaciones específicas para cada población e impide la aplicación directa en series con grandes diferencias genéticas o claras diferencias biosociales.

Tabla 6
Porcentajes máximos de correspondencia con funciones multifactoriales en poblaciones de distinto origen

POBLACIÓN	Nº DE CASOS	VARIABLE	CORRESP.	AUTOR
Depart. Forensic Medicine, Vanarasi, India	138	2 variables Anch. axial y Po-Mas	87 %	Saini et al., 2012
Fac. of Medicine, Chiang Mai Univ., Thailand	150	2 variables Anchura y Altura	78 %	Sujarittam et al., 2011
Yacimientos Hitotsubashi y Yigahama-minami, Japón	87	2 variables Anchura y Longitud	82 - 92 %	Nagaoka, 2008
Institute Forensic Medicine, Alemania. Institute Anthropology, Portugal	197	3 variables Triangulo mastoideo	65 %	Kemkes, 2006
PRESENTE ESTUDIO Univ. Complutense Madrid, España	100	3 variables Altura, Porion - Incisura y Anchura Axial	80 %	Martínez-Ávila et al., 2013

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que la apófisis mastoides es una herramienta útil para la determinación sexual especialmente en aquellos casos en los que el cráneo aparece incompleto, está fragmentado o mal preservado. Tan solo es necesario contar con la altura de la apófisis mastoides para clasificar correctamente el sexo del 80% de los individuos. El presente estudio permite deducir que las

variables en las que intervienen las dimensiones verticales resultan algo más dimórficas que las magnitudes horizontales; lo que sugiere que son de mayor utilidad práctica a la hora del diagnóstico sexual y pueden utilizarse de manera más segura en las determinaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Acsàdi G. y Nemeskèri J. (1970). *History of human life span and mortality*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Barrio, P.A., Trancho, G.J. y Sánchez, J.A. (2006). «Metacarpal sexual determination in a Spanish population». *Journal of Forensic Science*. 51 (5): 990-5.
- Bass W.M. (1987) *Human osteology. A laboratory and field manual*. Missouri Archeological Society. Columbia.
- Black T.K. III (1978). «A new method for assessing the sex of fragmentary skeletal remains: Femoral shaft circumference». *American Journal of Physical Anthropology*. 48: 227-31.
- Brothwell, D.R. (1989) «The Relationship of tooth wear to aging». *Age Markers in the Human Skeleton*. Iscan, M.Y. Charles C. Thomas, Springfield. Pp. 359.
- Das Gupta, A., Banerjee, A., Kumar, A., Rao, S.R., Jose, J. (2012). «Discriminant function analysis of mastoid measurements in sex determination». *Journal Life Science*, 4 (1) : 1-5.
- Ferembach D., Schwidetzky I. y Stloukal M. (1979) «Recommandations pour déterminer l'âge et le sexe sur le squelette». *Bull. et Mém. de la Soc. D'Anthrop. de Paris*. 6: 7-45.
- Giles E. y Elliot O. (1963). «Sex determination by discriminant function analysis of crania». *American Journal of Physical Anthropology*. 21:53-68.
- Iscan M.Y. y Miller-Shaivitz P. (1984). «Discriminant function sexing of the tibia». *Journal of Forensic Sciences*. 29:1087-1093.
- Kemkes, A., Göbel, T. (2006). «Metric Assessment of the mastoid triangle for sex determination: A validation study». *Journal of Forensic Science*. 51(5): 985-989.
- Nagaoka, T., Shizushima, A., Sawada, J., Tomo, S., Hoshino, K., Sato, H., Hirata, K. (2008). «Sex determination using mastoid process measurements: standars for japanese human skeletons of the medieval and early modern periods». *Anthropological Science*. 116 (2): 105-113.
- Ramsthaler, F., Kettner, M., Gehl, A., Verhoff, M.A. (2010). «Digital forensic osteology: Morphological sexing of skeletal remains using volumen-rendered cranial CT scans». *Forensic Science International*. 195: 148-152.
- Risech C, et al. Nuevas aplicaciones de la imagen radiológica a la antropología física. *Imagen Diagn*. 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.imadi.2012.10.008>

- Saavedra de Paiva, L.A., Segre, M. (2003). Sexing the human skull through the mastoid process. *Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. S. Paulo.* 58 (1): 15-20.
- Saini, V., Srivastava, R., Rai, R.K., Shamal, S.N., Singh, T.B., Tripathi, S.K. (2012). «Sex estimation from the mastoid process among north indians». *Journal of Forensic Science.* 57 (2): 434-439.
- Suazo Galdames, I.C., Zavando Matamala, D.A., Smith, R.L. (2008). «Sex determination using mastoid process measurements in brazilian skulls». *International Journal Morphology.* 26 (4): 941-944.
- Sujarittham, S., Vichairat, K., Prasitwattanaseree, S., Mahakkanukraud, P. (2011). «Thai human skeleton sex identification by mastoid process measurement». *Chiang Mai Medical Journal.* 50 (2): 43-50.
- Walker, P.L. (2008). «Sexing skulls using discriminants function analysis of visually assessed traits». *American Journal of Physical Anthropology.* 136 : 39-50.

**INTEGRACIÓN MORFOLÓGICA DE CARACTERES
DIMÓRFICOS EN EL CRÁNEO HUMANO**
**MORPHOLOGICAL INTEGRATION OF DIMORPHIC
CHARACTERS IN HUMAN SKULL**

Medialdea, L.^{1,2}; Romero, A.²; González, A.¹

¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias.
Universidad Autónoma de Madrid.

Campus de Cantoblanco, 28049. Madrid, España.

²Departamento de Biotecnología, Facultad de Ciencias.
Universidad de Alicante. Ap.C.99, 03080. Alicante, España.

Laura Medialdea Marcos

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias.
Universidad Autónoma de Madrid.

Campus de Cantoblanco, 28049. Madrid, España.

E-mail: laura.medialdea@titulado.uam.es

Resumen

La morfología del cráneo presenta caracteres que permiten estimar el dimorfismo sexual. No obstante, áreas anatómicas específicas pueden exhibir diferentes grados de expresión en forma y tamaño. La variación de las relaciones entre diferentes estructuras no se ha analizado con detalle. A partir de métodos de Morfometría Geométrica (MG), este estudio analiza el grado de integración morfométrica en los procesos zigomático (PZ) y mastoideo (PM) y su influencia en la variabilidad sexual sobre la morfología del cráneo. Se obtuvieron imágenes digitales 2D en norma lateral de cráneos adultos (n=20) de sexo conocido. El PZ y la PM se definieron a partir del registro de puntos de referencia (*landmarks*) y se realizó un análisis de superposición de Procrustes. La hipótesis de integración morfológica entre PZ-PM se contrastó mediante el análisis de mínimos cuadrados parciales (PLS), obteniéndose la magnitud de covariación (R_v). Los resultados muestran que las regiones analizadas presentan un elevado grado de integración en relación a la forma del cráneo ($R_v \geq 0,5$; $P < 0,001$). Sin embargo, la covariación entre PZ-PM disminuye al analizarla aisladamente ($R_v = 0,4$; $P = 0,028$). Nuestros resultados confirman que diferentes regiones del cráneo presentan un elevado grado de integración

dentro del mismo y un menor grado de covariación entre áreas específicas en relación a la variabilidad fenotípica entre sexos. Es necesario analizar la relación entre diferentes áreas anatómicas del cráneo y su analogía entre individuos para explicar la variabilidad interindividual e intrapoblacional en función del sexo.

Palabras Clave: Dimorfismo sexual, cráneo, Morfometría Geométrica, integración morfológica

Abstract

Human skull morphology shows characters that make possible the estimation of sexual dimorphism. However, specific anatomical areas display different degrees of shape and size expression. The relationship and variation between different structures have not been analyzed in detail. Here, using Geometric Morphometrics (GM) methods, the degree of morphometric integration in zygomatic (ZP) and mastoid (MP) processes was analyzed and the influence of their sexual variability was studied on the global skull morphology. Digital images 2D of adult skulls ($n=20$) with known sex were obtained in lateral view. PZ and AM were defined based on landmarks and Procrustes analysis was performed. The morphological integration hypothesis between PZ-AM was tested through Partial Least Squares (PLS) analysis obtaining their covariation magnitude (R_v). Results show that analyzed regions present high degree of integration regarding to skull shape ($R_v \geq 0.55$; $P < 0.001$). Nonetheless, the covariation between PZ-AM decreases when they are considered separately ($R_v = 0.4$; $P = 0.028$). Our findings verified that different skull regions have a high degree of integration and lower covariation levels between specific areas due to between-sex phenotypic variability. It is necessary to analyze the relationship between different skull anatomical areas and their inter-individual and intra-group analogy based on sex.

Keywords: Sexual dimorphism, skull, Geometric Morphometrics, morphological integration

INTRODUCCIÓN

Un organismo se compone de una serie de unidades morfológicas principales, que a su vez están compuestas de múltiples partes más o menos diferenciadas en función de su estructura anatómica, funcionalidad y origen embrionario (Klingenberg 2009). La coordinación entre estas subunidades se conoce como integración morfológica y responde al grado de covariación existente entre las partes de la unidad morfológica (Klingenberg 2009). De este modo si diferentes subunidades están integradas, la variación morfológica consiste en el movimiento coordinado y relativo de las mismas en una estructura (Klingenberg 2008). En este contexto, el cráneo presenta diferentes estructuras y caracteres anatómicos que permiten esti-

mar el dimorfismo sexual. Sin embargo, áreas anatómicas específicas pueden exhibir diferentes grados de expresión en forma y tamaño. Del mismo modo que la determinación del sexo se encuentra sujeta a la variabilidad interindividual, la variación de las relaciones entre diferentes estructuras no se ha analizado con detalle.

Estudios previos han analizado la integración entre distintas regiones del cráneo con diversos objetivos, por ejemplo centrados en el análisis de la existencia de la unidad petroso-mandibular (Bastir & Rosas, 2005) o la influencia genética en la forma del cráneo (Martínez-Abadías et al. 2012). En este estudio por el contrario, se analiza el nivel de covariación entre diferentes estructuras del cráneo en relación al grado de dimorfismo sexual. En concreto, a partir de métodos de Morfometría Geométrica (MG) se analiza el grado de integración morfométrica en los procesos zigomático (PZ) y mastoideo (PM) y su influencia en la variabilidad sexual sobre la morfología global del cráneo. Las hipótesis analizadas fueron que cada una de estas estructuras se encuentra integrada en el cráneo y que registran caracteres dimórficos lo que permite discriminar el sexo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizó una muestra de 20 cráneos de origen español procedentes de distintos cementerios de la Península Ibérica. Todos los cráneos presentaban buen estado de conservación y corresponden a adultos (>24 años) de sexo conocido. Los especímenes forman parte de la colección que el Dr. Olóriz elaboró en 1884 y cuyo depósito se encuentra en el Museo del Dr. Puerta de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

Cada cráneo se fotografió digitalmente (2D) en norma lateral con una cámara fotográfica Nikon D3000 y se realizó un registro inicial de *landmarks* en Adobe Photoshop CS2. Los *landmarks* se definen operativamente como posiciones de coordenadas en un objeto, situadas de manera fiable y repetida en todos los especímenes de estudio (Bookstein 1990), en un espacio de medición Euclídeo bi- o tridimensional que mide las distancias entre dichos *landmarks* (MacLeod et al. 1993). Concretamente, para este estudio se emplearon un total de 26 *landmarks* de tipo I (Tabla 1 y Figura 1) y que limitan los márgenes de componentes estructurales o regiones definidas por tejidos (Bookstein 1990). El modelo de *landmarks* establecido representa los puntos osteológicos más estandarizados del contorno del cráneo y de los procesos zigomático (PZ) y mastoideo (PM), dado su elevado grado de expresión dimórfica, tomando como referencia análisis previos (Bigoni et al. 2010; Franklin et al. 2012; Gonzalez et al. 2009; Green & Curnoe 2009). Para el registro de *landmarks* (coordenadas x e y) se empleó el programa tpsDIG 1.40 (Rohlf 2007) y se realizó un posterior análisis generalizado de Procrustes (Goodall 1991; Rohlf

1999; Nicholson & Harvati 2006), eliminándose el componente «tamaño» como factor, quedando así las diferencias en tamaño asociadas a la «forma».

Las hipótesis de integración morfológica entre PZ-cráneo, PM-cráneo y PZ-PM se contrastaron mediante el análisis de mínimos cuadrados parciales (PLS) en una configuración y se obtuvo la magnitud de covariación (R_v) (Klingenberg 2008) tomando como modelo análisis previos (Ivanović 2010, Martínez-Abadías et al. 2011). Todos los análisis morfométricos se realizaron con MorphoJ 1.05 (Klingenberg 2011).

RESULTADOS

Los resultados muestran que tanto el proceso mastoideo ($R_v=0,63$; $P < 0,001$) como el proceso zigomático ($R_v=0,58$; $P < 0,001$) presentan un elevado grado de integración en relación a la forma del cráneo. Además, la primera de las hipótesis analizadas no puede rechazarse. En efecto, las estructuras analizadas (PM y PZ) presentan además diferencias en relación al sexo de los individuos, donde el PM es más estrecho e inclinado posteriormente en mujeres con respecto al PZ más pronunciado y grueso en hombres (Figura 2).

Cuando se analiza la integración morfológica entre los procesos zigomático (PZ) y mastoideo (PM), la segunda de las hipótesis se confirma de igual modo. El primer PLS explica un 78,43% de la varianza del modelo. La covariación entre PZ-PM disminuye al analizarla aisladamente, sin tener en cuenta el resto del cráneo ($R_v=0,41$; $P=0,028$). En la figura 3 se muestra como se produce un desplazamiento (*bending energy*) de las distintas estructuras analizadas en función del sexo. Las áreas que presentan un mayor grado de expresión dimórfica son aquellos *landmarks* *ma* y *en* del PM e *ic*, *fnt* y *fmo* en el PZ.

DISCUSION

Empleando métodos de Morfometría Geométrica, el presente estudio ha identificado dimorfismo sexual en la forma de dos estructuras craneales. Los resultados obtenidos confirman que regiones específicas del cráneo presentan un elevado grado de integración dentro del mismo (Bruner et al. 2010; Martínez-Abadías et al. 2011). No obstante, cuando se analiza la integración entre áreas específicas, como son en nuestro caso el procesos mastoideo (PM) y zigomático (PZ), es posible encontrar un menor grado de covariación debido probablemente a la variabilidad fenotípica entre sexo (Bigoni et al. 2010; Franklin et al. 2012; Spradley et al. 2011). Con todo, el análisis de integración morfológica entre PM y PZ permite explicar casi un 80% de las diferencias existentes entre el cráneo de hombres y mujeres.

Tanto el PM como el PZ son estructuras integradas en el cráneo. No obstante, cuando se analiza su nivel de integración se observa que su covariación disminuye significativamente, permitiendo encontrar distintos patrones morfológicos en función del sexo y confirma la necesidad de analizar con detalle áreas anatómicas específicas en relación al cráneo.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Dr. Fermín Viejo de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid el acceso a la colección Olóriz así como su colaboración y al Dr. Miguel Guirao de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada por facilitarnos documentación acerca de la misma. Con este trabajo nos sumamos a la colaboración en los actos conmemorativos al Dr. Olóriz denominados «El Año Olóriz».

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastir M., Rosas A. (2005) Hierarchical nature of morphological integration and modularity in the human posterior face. *Am J Phys Anthropol* 128: 26-34.
- Bigoni L., Velemínská J., Brůzek J. (2010) Three-dimensional geometric morphometric analysis of cranio-facial sexual dimorphism in a Central European sample of known sex. *Homo* 61: 16-32.
- Bookstein F.L. (1990) Introduction to methods for landmark data. En: FJ Rohlf, FL Bookstein, (Eds.) *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*: 216-225. University of Michigan Museum of Zoology. Ann Arbor, MI.
- Bruner E., Martin-Loeches M., Colom R. (2010) Human midsagittal brain shape variation: patterns, allometry and integration. *J Anat* 216: 589-599.
- Franklin D., Cardini A., Flavel A. (2012) The application of traditional and geometric morphometric analyses for forensic quantification of sexual dimorphism: preliminary investigations in a Western Australian population. *Int J Legal Med* 126: 549-558.
- González P.N., Bernal V., Pérez S.I. (2009) Analysis of sexual dimorphism of craniofacial traits using geometric morphometric techniques. *Int J Osteoarchaeol* 21: 82-91.
- Goodall C.R. (1991) Procrustes methods in the statistical analysis of shape. *J R Stat Soc B* 53: 285-339.
- Green H., Curnoe D. (2009) Sexual dimorphism in Southeast Asian crania: A geometric morphometric approach. *Homo* 60: 517-534.

- Ivanović, A., Kalezić M. L. (2010) Testing the hypothesis of morphological integration on a skull of a vertebrate with a biphasic life cycle: a case study of the alpine newt. *J Exp Zool B Mol Dev Evol* 314: 527-538.
- Klingenberg C.P. (2011) MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Mol Ecol Res* 11: 353-357.
- Klingenberg C.P. (2009) Morphometric integration and modularity in configurations of landmarks: tools for evaluating a priori hypotheses. *Evol Dep* 11: 405-421.
- Klingenberg C. P. (2008) Morphological integration and developmental modularity. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 39: 115-132.
- MacLeod N., Rose K.D. (1993) Inferring locomotor behaviour in Paleogene mammals via eigenshape analysis. *Am J Sci* 293: 300-355.
- Martínez-Abadías N, Esparza M, Sjøvold T, González-José R, Santos M, Hernández M, et al. (2011) Pervasive genetic integration directs the evolution of human skull shape. *Evolution* 66: 1010-1023.
- Nicholson E. and Harvati K. (2006) Quantitative analysis of human mandibular shape using three-dimensional geometric morphometrics. *Am J Phys Anthropol* 131: 368-383.
- Rohlf F.J. (1999) Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *J Classif* 16: 197-223.
- Rohlf F.J. (2007) TPS serie software. Available at <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>.
- Spradley M.K. and Jantz R.L. (2011) Sex Estimation in Forensic Anthropology: Skull Versus Postcranial Elements. *J Forensic Sci.* 56: 289-296.

Tabla 1
Relación de landmarks empleados en el presente estudio

Abr.	<i>Landmark</i>	Número	Abr.	<i>Landmark</i>	Número
g	Glabela	1	fmt	Frontomalar Temporal	14
b	Bregma	2	fmo	Frontomalar Orbital	15
l	Lambda	3	fm	Frontomalar	16
op	Opistion	4	mnf	Maxilonasofrontal	17
i	Inion	5	io	Infraorbital	18
ma	Mastoideo	6	so	Supraorbital	19
en	Entonion	7	zip	Zigomaxilar proximal	20
as	Asterion	8	zid	Zigomaxilar distal	21
au	Auricular	9	yu	Yugal	22
ic	Inserción Condilio	10	pr	Prostion	23
cr	Crotapion	11	ns	Nasoespinal	24
esf	Esfenion	12	rh	Rhinion	25
ft	Frontotemporal	13	n	Nasion	26

Figura 1
Imagen 2D de cráneo en norma lateral. Junto al punto que registra cada *landmark* se encuentra su abreviatura (ver Tabla 1)

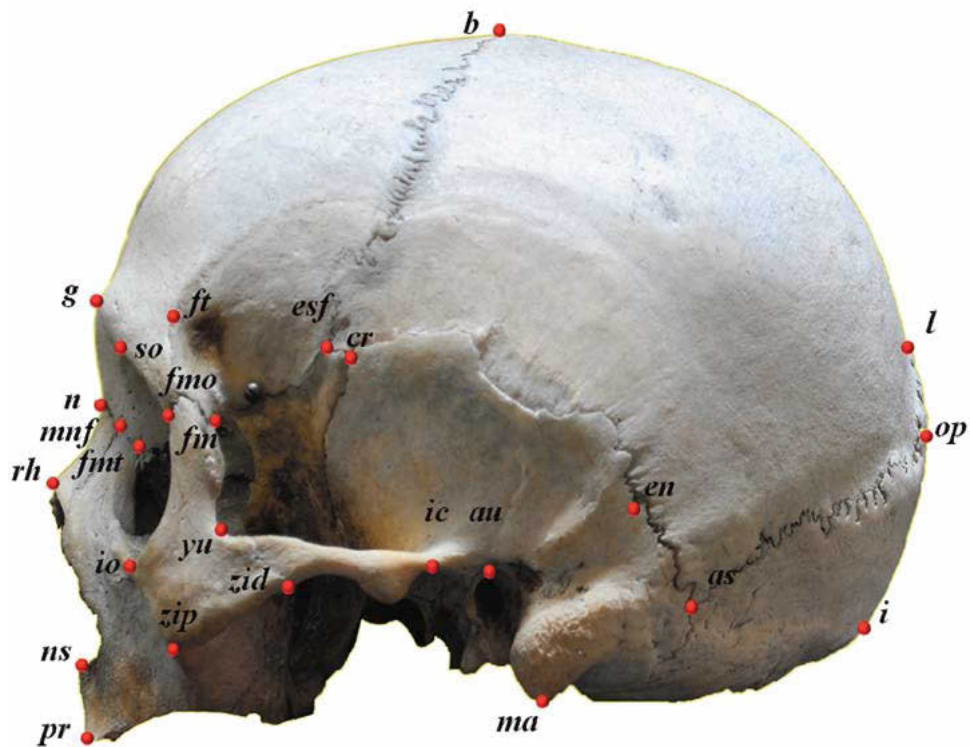


Figura 2

Representación gráfica del análisis de integración entre PM y PZ en relación al cráneo entre sexo. La forma consenso (en gris). Los n^{os} representan landmarks (ver Tabla 1). Se muestran los valores Rv del análisis PLS

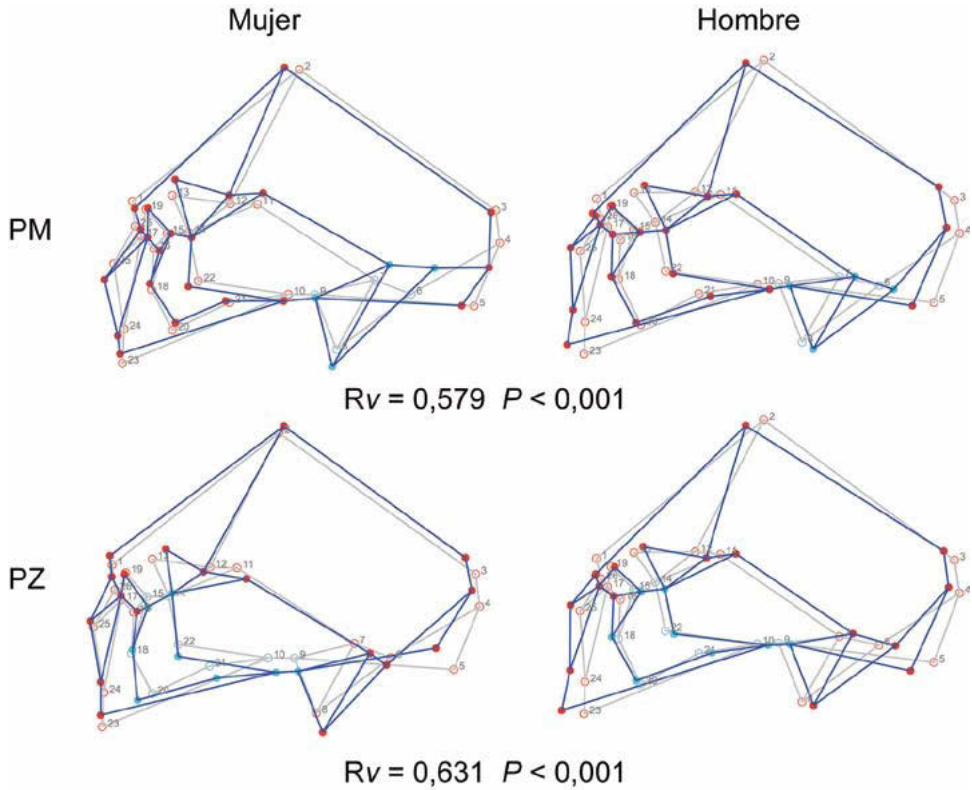
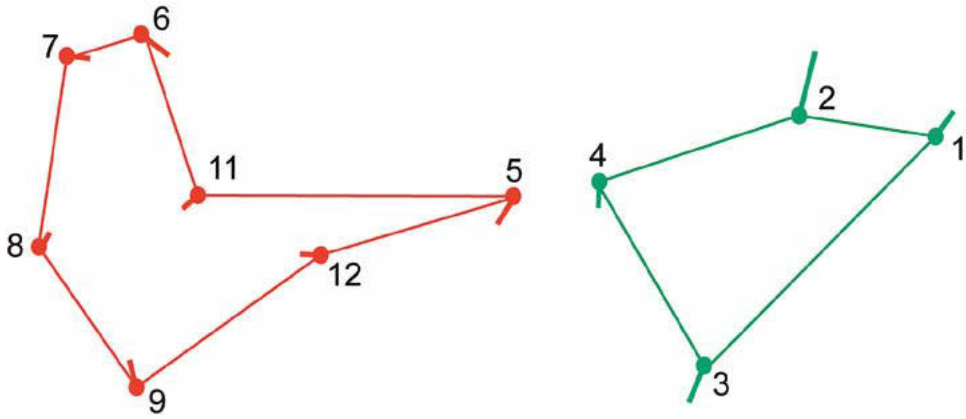


Figura 3

Representación gráfica del análisis de integración entre PZ y PM (dcha.) con un R_v de 0,414 y $P < 0,028$. Ver Tabla 1 para la definición de los *landmarks*. La *bending energy* ilustra el grado de dimorfismo sexual en cada estructura



**ANÁLISIS DE LA TOPOGRAFÍA DENTAL EN RELACIÓN AL
MACRO- Y MICRODESGASTE**

**DENTAL TOPOGRAPHY ANALYSIS AND ITS RELATION WITH
MACRO- AND MICROWEAR**

Romero, A.¹; Galbany, J.^{2,3}; Górkka, K.²; Gamarra, B.²; Pérez-Pérez, A.²

¹Departamento Biotecnología, Universidad de Alicante, 99, 03080 Alicante.

²Departament Biologia Animal, Universitat de Barcelona.
Av. Diagonal, 643. 08028 Barcelona.

³Center for the Advanced Study of Hominid Paleobiology.
Department of Anthropology, The George Washington University, 2114 G St., NW,
Washington, DC 20052.

Correspondencia:

Dr. Alejandro Romero
Departamento de Biotecnología
Facultad de Ciencias
Universidad de Alicante
Ap.C. 99 E-03080
Alicante
Tel. +34 965 903 999/955
Fax. +34 965 903 965
E-mail: arr@ua.es

Resumen

La pérdida de esmalte del diente condiciona su morfología y función. El macro- y microdesgaste de los dientes se relaciona directamente con las propiedades físicas y mecánicas propias de los alimentos. En consecuencia, la causa del desgaste se puede asociar a adaptaciones ecológicas y de dieta. No obstante, los cambios de la topografía dental y su relación con el desgaste son poco conocidos. En este estudio se analiza el cambio de la topografía del diente y desgaste en relación al patrón de microdesgaste-vestibular en el primer molar de la mandíbula (n=53) en esquimales (1400-1850 dC) de Point Hope (Alaska). A partir de réplicas de alta resolución se cuantificó el porcentaje de exposición de dentina (PDE) en imágenes 2D y la densidad (NT) y longitud media (XT en μm) de microestrías a 100X por Microscopía Electrónica de Barrido.

Adicionalmente, los cambios de complejidad (OPCR) y relieve (CRI) del diente se analizaron sobre modelos 3D. Los resultados muestran una alta correlación entre el PDE y los índices OPCR-RI ($r \sim 0,4$). Esta evidencia sugiere un cambio significativo en la topografía del diente en relación al aumento de la exposición de dentina. Sin embargo, los cambios en OPCR-CRI y PDE no afectan a la densidad (NT) de abrasiones microscópicas en el esmalte. Únicamente la disminución del relieve (CRI) afecta la longitud (XT) de microestrías dentarias ($r \sim 0,5$). Los restos materiales y comparación etnográfica, indican que la dieta esquimal se basaba principalmente en recursos cárnicos desecados. Nuestro patrón de desgaste indica la asociación a un consumo de alimentos de mecánica dura y abrasiva. Nuevos modelos con cazadores-recolectores deben analizarse para registrar la variabilidad en la topografía y desgaste dental y su relación con diferentes tipos de dieta.

Palabras clave: topografía dental, desgaste, dieta, esquimales

Abstract

Dental enamel loss affects the morphology and tooth function. The physical and mechanical properties of food influence dental macro- and microwear rates. Consequently, the causes of tooth-wear can be associated with ecological and dietary adaptations. Nevertheless, dental topographic changes and its relation with wear processes are poorly understood. Here, we analyze the change of dental topography and wear in relation to buccal-microwear pattern of the first lower molar ($n=53$) in Inuits from Point Hope, Alaska (1400-1850 AD). High resolution tooth-replicas were used to record the percentage of dentine exposure (PDE) on 2D digital images, and the buccal-microwear density (NT) and average length (XT in μm) at 100X using Scanning Electron Microscopy. Additionally, the changes in dental complexity (OPCR) and crown relief (CRI) were analyzed using 3D tooth-models. Results show high correlation values between PDE and the OPCR-CRI indexes ($r \sim 0.4$). These findings suggest a significant change in dental topography related to increased dentine exposure. However, the changes in OPCR-CRI and PDE do not affect the enamel microwear density. Only the decrease CRI values affect microwear length ($r \sim 0.5$). The archaeological material and ethnographic comparison indicate that the Inuit diet consisted mainly of dried meat. Our wear pattern show a linked with hard and abrasive food consumption. New hunter-gatherer models should be analyzed to record dental complexity and wear variability and its relationship with dietary habits.

Keywords: dental topography, wear, diet, Inuits

INTRODUCCIÓN

La naturaleza y propiedades físicas de los alimentos junto con la acción de la atrición, condicionan la pérdida de esmalte y exposición de dentina afectando la

morfología del diente (Lucas 2004). Durante la vida del individuo, la pérdida de esmalte es progresiva e influye en la biomecánica de masticación en relación a los cambios producidos en la topografía de las superficies de oclusión (Smith 1984; Benazzi et al. 2011; Fiorenza et al. 2011; Galbany et al. 2011). Junto con las características morfo-funcionales y estructurales de los dientes, las propiedades físico-mecánicas de los alimentos y su grado de abrasividad, condicionado por partículas (fitolitos de carbonato u oxalato de calcio, sílice cristalizada o cuarzo) de igual o superior dureza que el esmalte, producen efectos mecánicos de fractura a pequeña-escala durante la masticación (Lee et al. 2011; Romero et al. 2012).

El análisis de microdesgaste ha demostrado que el diferente carácter abrasivo de los alimentos condiciona el proceso de desgaste a gran escala (Teaford Tylanda 1991). Si bien la exposición de dentina del diente no presenta covariación con los rasgos microscópicos cuantificados (Schmidt 2010), existe una clara relación entre micro-fracturas en la superficie oclusal y la pérdida en el volumen de esmalte (Teaford Tylanda 1991; Schmidt 2010). En este contexto, recientes análisis definen además, como el cuarzo produce grados mayores de pérdida de esmalte que los fitolitos (Lucas et al. 2013). Por tanto, el efecto de abrasión dependerá del tipo de alimento así como del volumen y geometría de los abrasivos, y su coeficiente de fricción en relación a la fuerza ejercida durante su procesamiento biomecánico (Lucas, 2004; Lee et al. 2011; Romero et al. 2012).

Grupos cazadores-recolectores esquimales (Alaska, Canadá o Groenlandia) representan un modelo de interés en el estudio del macro- y microdesgaste. El tipo de dieta y sus características de robustez cráneo-mandibular se han relacionado con grados severos de exposición de dentina en el diente (Hylander 1977; Clement Hillson 2012). Con un consumo prioritario de carne (de origen marino y terrestre), transformada para su conservación, y consumo esporádico de plantas, básicamente raíces, definen un tipo de dieta diferenciado con respecto a otros grupos cazadores-recolectores de ambiente árido o tropical (Waugh 1937; Fiorenza et al. 2011). De este modo y en función del grupo analizado, el grado de exposición de dentina dependerá de los cambios en la topografía oclusal (Evans 2013). No obstante, su relación con el patrón de microdesgaste-vestibular no es conocido. En este trabajo se aplican diferentes líneas de análisis en el estudio de la pérdida de esmalte, tomando como modelo un grupo antiguo esquimal (Alaska) de ecología y dieta definida, con el objetivo de analizar la variabilidad de factores que afectan al desgaste a largo término.

MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 53 primeros molares permanentes de la mandíbula (M1), con preferencia al lado izquierdo (~80% de la muestra), fueron seleccionados de indivi-

duos (un diente por individuo) entre ~6-40 años (Costa 1977), con diferente grado de exposición de dentina y procedentes de los restos esqueléticos de la población de Tigara, datada en el periodo Thule (1400-1850 dC), recuperados en Point Hope (Alaska) en 1939 (Larsen Rainey 1948) y depositados en el American Museum of Natural History (AMNH) de Nueva York.

La población esquimal de Tigara

La Península de Point Hope (Alaska) se encuentra a unos 200Km al norte del Círculo Polar Ártico. Su vegetación es de tipo tundra, carente de árboles, con presencia de musgo, líquenes y plantas pequeñas. En este ecosistema, habita una gran variedad de fauna tanto marina como terrestre, como el oso polar o el caribú (Larsen Rainey 1948). Junto a las ruinas y restos humanos localizados durante las excavaciones realizadas en el pueblo de Tigara, se recuperaron diferentes artefactos empleados para la caza (Costa 1977; Larsen Rainey 1948). Los diferentes artefactos y la analogía con el tipo de dieta de los grupos humanos que habitaron Point Hope con posterioridad, indican para esta población un tipo de dieta basada en un elevado consumo de proteínas (~30-60%) y escasos glúcidos proveniente de raíces (Costa 1977). El componente cárnico en la dieta, tanto de origen marino como terrestre, era sometido a su secado para la conservación, transformando sus propiedades físicas y mecánicas (Waugh 1937; Larsen Rainey 1948; Costa 1977).

Análisis del diente

El análisis se realizó a partir de réplicas dentarias de alta resolución (Galbany et al. 2006). La corona de los dientes originales se limpió con acetona y etanol, obteniendo tras su secado al aire, moldes con silicona Affinis® Wash material (Coltène®). A partir de los moldes, se procesaron dos diferentes tipos de réplicas, una con poliuretano Feropur PR-55 + E-55 (FeroCa®) y otra con resina epoxy transparente Araldite 2020®. Las réplicas de poliuretano se emplearon para el análisis de exposición de dentina y topografía del diente. En primer lugar, se obtuvieron imágenes digitales calibradas (1200×900 pixel – JPG) de la superficie oclusal de cada réplica con una cámara Nikon D40 y a una distancia focal de ~50cm. Las áreas de la corona (TOA) y exposición de dentina (ADE) se delimitaron en mm² con ImageJ (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>) y se obtuvo el porcentaje de exposición de dentina ($PDE = ADE \times 100 / TOA$) (Galbany et al. 2011). Para estas mismas réplicas se obtuvieron los modelos 3D (.txt) con un escáner Pizca (Roland®), editados con Rhinoceros® y analizados con SurferManipulator (Golden Software, Inc.) para obtener variables de complejidad (OPCR) y relieve (CRI) de la corona del diente (Evans 2013). Finalmente, las réplicas epoxy fueron metalizadas ~15 nm (Balzers® SCD 004 Sputter Coater) y se aplicó plata coloidal en algunos puntos de

la base para minimizar cargas de electrones (Galbany et al. 2006). El análisis de las réplicas se realizó con un Microscopio Electrónico de Barrido Hitachi en modo SE a 15kV y se capturaron imágenes a 100X (1280×960 píxel – BMP) en el tercio medio de la superficie vestibular, preferentemente bajo la cúspide protocónido (Pérez-Pérez et al. 1994; Romero et al. 2012). Todas las micrografías se procesaron con Adobe® Photoshop® CS3 obteniendo áreas estandarizadas de 0,56mm² sobre las que se cuantificó y midió cada microestría (3:1 longitud/anchura) obteniendo el patrón de densidad (NT) y longitud media (XT en μm) de cada diente (Romero et al. 2012). El análisis de todas las variables y su correlación se realizó con *test* uni- y multivariantes. Se emplearon regresiones lineales simples y multivariantes para analizar la relación entre las variables de macro-desgaste y topografía del diente con respecto al patrón de microdesgaste. Todos los análisis descriptivos y estadísticos con un nivel de significación $\alpha=0,05$ se realizaron en Past 2.17 (<http://folk.uio.no/ohammer/past/>).

RESULTADOS

Los resultados en el análisis de macro-desgaste revelaron en primer lugar que los M1 analizados, presentan un claro incremento en el porcentaje de exposición de dentina (PDE) en relación a la edad de los individuos ($r=0,746$; $P<0,0001$). Los valores menores de PDE (0% a 13,6%) se relacionan con individuos de entre 6 a 25 años ($n=33$) y un claro incremento (13% a 56,7%) en aquellos entre 26-40 años ($n=20$) ($\chi^2=8,30$; $P=0,004$). El PDE con respecto a la complejidad (OPCR) y relieve (CRI) de la corona del diente, presenta en ambos casos un modelo de cambio significativo ($\lambda=0,742$; $df_{2,50}$; $F=8,693$; $P<0,001$) (Tabla 1 y Figura 1). Sin embargo, el PDE con respecto a OPCR muestra correlación positiva ($r=0,469$; $P<0,01$) y negativa ($r=-0,354$; $P<0,05$) cuando se compara con CRI, indicando una clara transformación en la topografía de la corona del diente afectando a las cúspides bucales (protocónido-hipocónido-hipoconúlido). De igual modo, existe una correlación entre OPCR ($r=0,572$; $P<0,001$) y CRI ($r=-0,380$; $P<0,01$) en relación a los grupos de edad definidos. Esta tendencia se construye a partir de las diferencias que existen entre los individuos más jóvenes [OPCR=31,08±8,41; CRI=1,87±0,22; (media±DE)] con respecto a aquellos de mayor edad (OPCR=43,53±9,41; CRI=1,70±0,17) tanto en OPCR ($\chi^2=16,594$; $P<0,0001$) como en CRI ($\chi^2=7,839$; $P=0,005$).

Por otro lado, no existe una correlación entre el microdesgaste-vestibular (NT y XT) y PDE ($\lambda=0,948$; $df_{2,50}$; $F=1,37$; $P=0,263$) (Tabla 2 y Figura 2), por lo que el patrón de abrasiones microscópicas y el PDE registrado son procesos de desgaste diferenciados. Cuando se comparan las tendencias entre OPCR (covariable) y CRI, se presenta una correlación negativa y significativa ($r=-0,372$; $P<0,01$) que indica

un cambio sustancial en el relieve oclusal en relación a la pérdida de esmalte. No obstante, los cambios en OPCR y CRI no afectan a la densidad ($NT=110,54\pm 32,17$) de microestrías en el esmalte, únicamente su longitud media (XT rango 53,45-129,71 μm) es mayor a medida que los valores de CRI aumentan ($r=-0,465$; $P<0,001$).

DISCUSIÓN

La pérdida de esmalte se encuentra condicionada por el uso del diente a lo largo de su vida funcional y por tanto correlacionado con la edad del individuo (Smith 1984; Fiorenza et al. 2011). No obstante, el proceso de pérdida de esmalte depende de igual modo del tipo de dieta. Las características tanto físicas como mecánicas de los alimentos influyen en la biomecánica de masticación (Lucas 2004), produciendo patrones diferenciados en la topografía del diente en función del grado de exposición de dentina (Smith 1984; Fiorenza et al. 2011). Nuestros resultados confirman esta asociación en grupos esquimales Tigara. Una similar tendencia fue observada en estudios previos sobre la misma población (Costa 1977), aunque considerando la dentición anterior y postcanina en conjunto; los resultados indican que el incremento de exposición de dentina con la edad se relaciona con la pérdida de altura de esmalte en la corona (Costa 1977). Sin embargo, a diferencia de nuestro estudio, la altura de la corona en relación al desgaste del diente registró un cambio no significativo con respecto a la edad de los individuos, hecho probablemente derivado de la no atención individual por tipo de diente. Por contra, Smith (1984) documenta para M1 que la pérdida de esmalte en dirección vestibular es menor en cazadores-recolectores de ambiente ártico (Canadá y Alaska) con respecto a otros grupos agrícolas. En particular, el modelo de desgaste en esquimales Igloodik (Canadá) demuestra de igual modo, la reducción de la altura de la corona con respecto al aumento en el PDE con la edad (21 a >50 años) (Tomenchuk Mayhall 1979). En esta misma población y en relación a la erupción del primer molar, el PDE es significativo en la dentición anterior con respecto a la postcanina; sin embargo los molares de la maxila con respecto a la mandíbula no presentan diferencias de desgaste (Clement Hillson 2012). Análisis de la topografía 3D en molares, demuestra en efecto que se produce un mayor desgaste de las facetas de esmalte ocluso-vestibular en grupos cazadores-recolectores de dieta principalmente cárnica, como los esquimales (Alaska, Canadá y Groenlandia), con respecto a otros de dieta-mixta como Khoe-San (Kalahari, S. África) o Aborígenes Australianos (Fiorenza et al. 2011). Aunque los datos derivados de nuestro estudio requieren de análisis comparativos con otros grupos de dieta conocida, la relación entre PDE y cambios en la topografía del diente son evidentes y acordes al modelo esquimal descrito en estudios previos (Tomenchuk Mayhall 1979; Fiorenza et al. 2011).

Derivado de las características tanto anatómicas del cráneo, biomecánicas como culturales descritas en grupos esquimales (Waugh 1937; Hylander 1977; Holmes Ruff 2011; Clement Hillson, 2012), el desgaste en la dentición anterior es más elevado que en la postcanina. No obstante, las causas de desgaste en dientes molares son poco conocidas.

Junto a variables cráneo-funcionales, el tipo de dieta y técnicas de conservación y preparación del alimento son los factores clave considerados en la génesis del desgaste observado en esquimales (Hylander 1977). La naturaleza del tipo de dieta, carne desecada con gran cantidad de partículas abrasivas extrínsecas, requiere de fuerzas de presión durante su procesamiento biomecánico que se expresan en las grandes dimensiones de los cóndilos y músculos mandibulares, que en conjunto favorecen presiones verticales durante la masticación (Hylander 1977; Holmes Ruff 2011). Los cambios de tamaño en la mandíbula derivados del crecimiento, individuos menores y mayores de 18 años, que se documentan en la población de Tigara (Holmes Ruff 2011), concuerdan con los resultados obtenidos en relación a PDE y topografía del diente, donde es evidente que en adultos (>25 años) se producen cambios significativos con respecto a edades menores. Se ha descrito como los esquimales generan fuerzas (libra por pulgada cuadrada o psi) mayores (240-280 psi) que población europea (90-120 psi), vinculados a rasgos craneofaciales diferenciados (Hylander 1977). Recientes análisis demuestran además, que la fuerza ejercida durante la masticación (diente-diente y diente-alimento-diente) influye en el desgaste en M1 en relación al patrón topográfico y morfológico de la superficie oclusal del diente que distribuye las fuerzas de tensión (Benazzi et al. 2011; Lee et al. 2011). De este modo, el macro y micro-desgaste oclusal influyen de forma notoria en la pérdida de esmalte, afectando a largo término al tejido y corona del diente (Teaford Tylanda 1991; Schmidt 2010; Lee et al. 2011).

El microdesgaste-vestibular no se produce en facetas de esmalte ocluyentes, por tanto su patrón presenta una relación directa con el carácter abrasivo de la dieta (Romero et al. 2012). Para la muestra analizada, no existe una relación significativa entre la exposición de dentina y los cambios en la topografía del diente con respecto a la densidad de microestrías en el esmalte (NT). No obstante, la longitud media de estas microestrías (XT) es mayor en dientes con valores menores de relieve oclusal. Estudios previos interindividuales en grupos agrícolas (Pérez-Pérez et al. 1994; Romero De Juan 2007), encuentran de igual modo una mayor variabilidad en la longitud media de estrías que no afecta al patrón de densidad. Sin embargo, dado que se ha demostrado que la dinámica de formación del microdesgaste se vincula al carácter abrasivo de la dieta (Romero et al. 2012), las diferencias intergrupales deben considerar las características físicas y mecánicas de los alimentos consumidos por la población. De este modo, para la población Tigara analizada, los cambios que se producen en el relieve de la topografía oclusal, directamente relacionados con PDE,

parecen influir en el efecto de los abrasivos extrínsecos en el esmalte durante su masticación, produciendo un efecto de fractura microscópico diferenciado. Por ello, es necesario establecer modelos comparativos con otros grupos y dieta conocida para poder interpretar con mayor precisión, los cambios documentados en la topografía del diente y su conexión con el microdesgaste dentario-vestibular.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos CGL2010-15340, CGL2011-22999 (Ministerio de Educación y Ciencia) y SGR2009-0884 (Generalitat de Catalunya). Agradecemos a Ian Tattersall el acceso a las colecciones del AMNH (Nueva York), a Gisselle Garcia-Pack su asistencia durante la consulta de los fondos y a Beatriz Pinilla por su ayuda en la obtención de los moldes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benazzi S., Kullmer O., Grosse I.R., Weber G. (2011) Using occlusal wear information and finite element analysis to investigate stress distributions in human molars. *J Anat* 219: 259-272.
- Clement A.F., Hillson S.W. (2012) Intrapopulation variation in macro tooth wear patterns- A case study from Igloodik, Canada. *Am J Phys Anthropol* 149: 517-524.
- Costa R.L. (1977) Dental pathology and related factors in archaeological Eskimo skeletal samples from Point Hope and Kodiak Island, Alaska. Ph.D. dissertation, Department of Anthropology, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Evans A.R. (2013) Shape descriptors as ecometrics in dental ecology. *Hystrix* 24: 133-140.
- Fiorenza L., Benazzi S., Tausch J., Kullmer O., Bromage T.G., Schrenk, F. (2011) Molar macrowear reveals Neanderthal eco-geographical dietary variation. *PLoS ONE* 6: e14769.
- Galbany J., Estebaranz F., Martínez L.M., Romero A., De Juan J., Turbón D., Pérez-Pérez A. (2006) Comparative analysis of dental enamel polyvinylsiloxane impression and polyurethane casting methods for SEM research. *Microsc Res Tech* 69: 246-252.
- Galbany J., Altmann J., Pérez-Pérez A., Alberts S.C. (2011) Age and individual foraging behavior predict tooth wear in Amboseli baboons. *Am J Phys Anthropol* 144: 51-59.
- Holmes M.A., Ruff C.B. (2011) Dietary effects on development of the human mandibular corpus. *Am J Phys Anthropol* 145: 615-28.
- Hylander W.L. (1977) The adaptive significance of Eskimo craniofacial morphology. En: A.A. Dahlberg T.M. Graber (Eds.) *Orofacial growth and development*: 129-170. Mouton Publishers. The Hague.

- Larsen H.E., Rainey F.G. (1948) Ipiutak and the arctic whale hunting culture. *Anthropological Papers of the AMNH* 42: 1-478.
- Lee J.W., Constantino P., Lucas P.W., Lawn B. (2011) Fracture in teeth—a diagnostic for inferring tooth function and diet. *Biol Reviews* 86: 959-974.
- Lucas PW. 2004. *Dental functional morphology: How teeth work*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lucas P.W., Omar R., Al-Fadhlah K., Almusallam A.S., Henry A.G., Michael S., Thai L.A., Watzke J., Strait D.S., Atkins A.G. (2013) Mechanisms and causes of wear in tooth enamel: implications for hominin diets. *J R Soc Interface* 10: 20120923.
- Pérez-Pérez A., Lalueza C., Turbón D. (1994) Intraindividual and intragroup variability of buccal tooth striation pattern. *Am J Phys Anthropol* 94: 175-187.
- Romero A., De Juan J. (2007) Intra- and interpopulation human buccal tooth surface microwear analysis: inferences about diet and formation processes. *Anthopologie* 45: 61-70.
- Romero A., Galbany J., De Juan J., Pérez-Pérez A. (2012) Short and long-term *in vivo* human buccal dental-microwear turnover. *Am J Phys Anthropol* 148: 467-472.
- Schmidt C.W. (2010) On the relationship of dental microwear to dental macrowear. *Am J Phys Anthropol* 142: 67-73.
- Smith H.B. (1984) Patterns of molar wear in hunter-gatherers and agriculturalists. *Am J Phys Anthropol* 63: 39-56.
- Teaford M.F., Tylenda C.A. (1991) A new approach to the study of tooth wear. *J Dent Res* 70: 204-207.
- Tomenchuk J., Mayhall J.T. (1979) A correlation of tooth wear and age among modern Iglolook Ekimos. *Am J Phys Anthropol* 51: 61-78.
- Waugh L.M. (1937) Influence of diet on the jaws and face of the American Eskimo. *J Am Dent Ass* 24: 1640-1647.

Tabla 1

Regresión multivariante de los cambios en la complejidad (OPCR) y relieve (CRI) del diente en relación al porcentaje de exposición de dentina (PDE)

Variable	Pendiente	Error	Intercesión	Error	R²	P
OPCR	0,3068	0,080686	31,789	1,6734	0,22087	0,0003*
RI	-0,0048	0,0017	1,8772	0,0369	0,12536	0,0092*
MANOVA	λ	df1	df2	F	R²	P
	0,742	2	50	8,693	0,2208	0,0005*

P<0,01 (*).

Tabla 2
Regresión multivariante de los cambios en la densidad (NT) y longitud media (XT) de microdesgaste-vestibular en relación al porcentaje de exposición de dentina (PDE), complejidad (OPCR) y relieve (CRI) del diente

PDE						
Variable	Pendiente	Error	Intercesión	Error	<i>r</i>	P
NT	0,4303	0,2699	104,94	5,5976	0,2179	0,1169
XT	-0,0026	0,1667	84,49	3,4572	-0,0022	0,9875
MANOVA	R ²	λ	df1	df2	F	P
	0,0348	0,948	2	50	1,37	0,2635
OPCR						
Variable	Pendiente	Error	Intercesión	Error	<i>r</i>	P
NT	0,6786	0,4128	86,26	15,401	0,2243	0,1063
XT	0,1019	0,2549	80,807	9,511	0,0559	0,6908
MANOVA	R ²	λ	df1	df2	F	P
	0,03775	0,9496	2	50	1,327	0,2746
CRI						
Variable	Pendiente	Error	Intercesión	Error	<i>r</i>	P
NT	-9,4919	20,26	127,77	37,028	-0,065462	0,6414
XT	-40,655	10,834	158,22	19,801	-0,46515	0,0004*
MANOVA	R ²	λ	df1	df2	F	P
	0,0608	0,7788	2	50	7,1	0,0019*

P<0,01 (*).

Figura 1
Representación gráfica de la relación entre PDE y cambios en la topografía del diente (OPCR y CRI). Se muestran modelos 3D de dientes (código AMNH) y su conformación CRI (abajo)

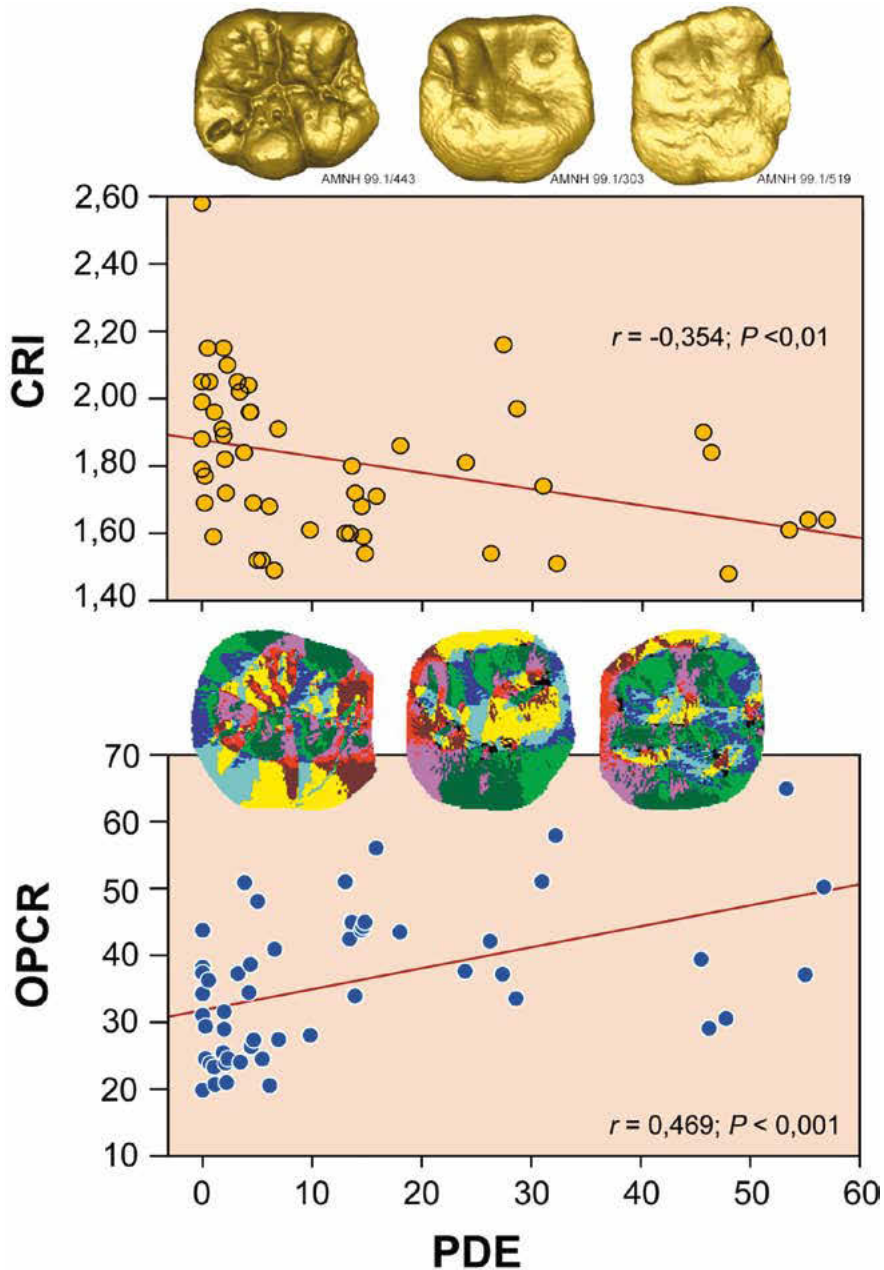
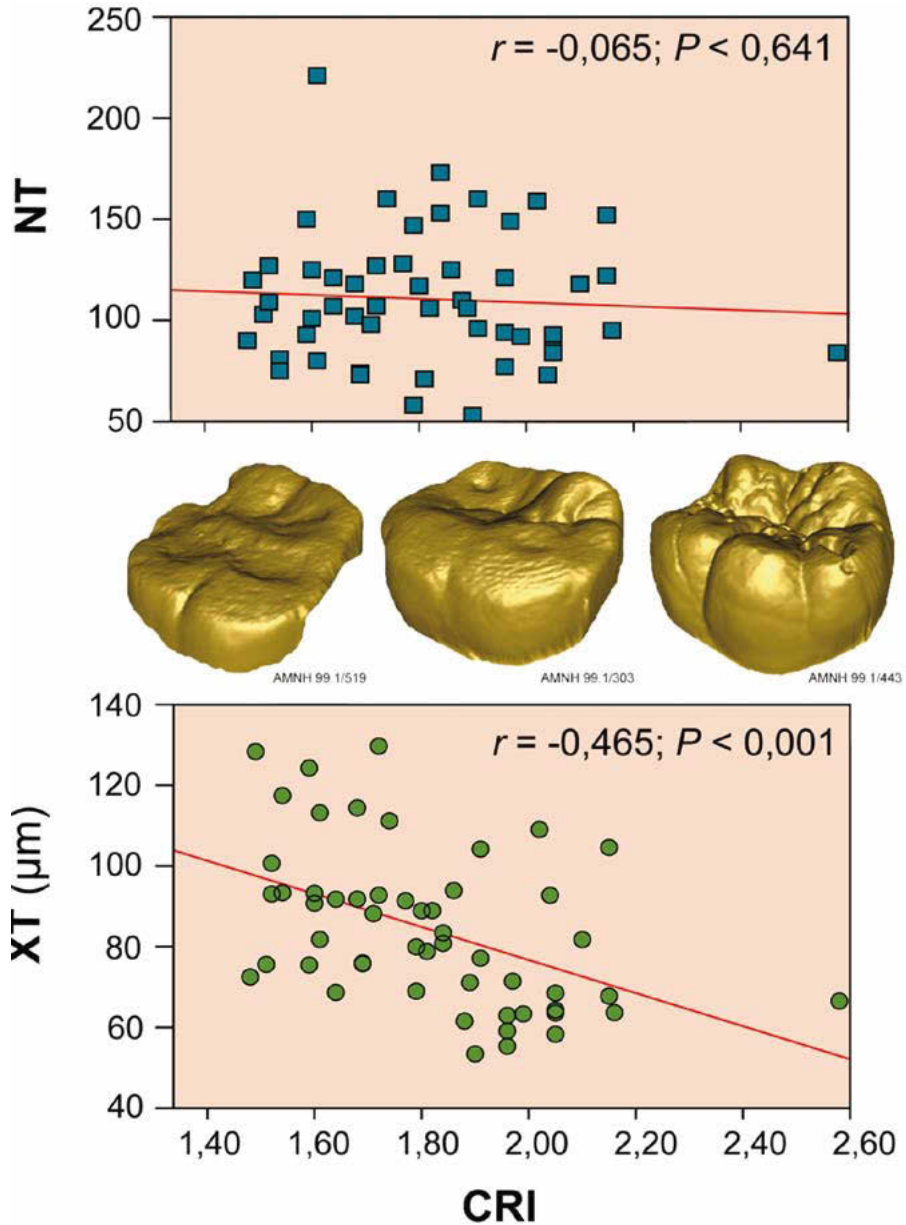


Figura 2
Cambios en CRI en relación a la densidad (NT) y longitud media (XT) de microestrías en la superficie vestibular del diente. Se muestran modelos 3D de dientes (código AMNH) para ilustrar que los valores de CRI se vinculan a cambios en su topografía



VARIANTES ANATÓMICAS Y ANOMALÍAS EN LA COLUMNA CERVICAL Y SUS IMPLICACIONES CLÍNICAS.

ANATOMICAL VARIATIONS AND ANOMALIES IN CERVICAL SPINE AND THEIR CLINICAL SIGNIFICANCE.

Sánchez-García, E.; Caro, L.

Área de Antropología Física
Fac. CC. Biológicas y Ambientales
Universidad de León
Campus de Vegazana s/n 24071 León. España
elena.sanchez.garcia1@gmail.com

Resumen

La definición de variante anatómica no está exenta de controversia y ha sufrido variaciones en su denominación a lo largo de su estudio. Actualmente los caracteres no métricos se definen como variantes morfológicas de la anatomía, características, rasgos o marcas anatómicas que pueden estar localizadas en cualquier tejido. Para el antropólogo físico las de mayor interés se localizan en dientes y huesos. Se ha realizado una revisión de aquellas variantes en las vértebras cervicales, de individuos de necrópolis depositadas en el Laboratorio de Antropología Física de la Universidad de León. Entre las variantes halladas están las de las carillas articulares superiores del atlas, la fusión del axis con el atlas y la asimilación del bloque atlantoaxial con la base del cráneo, la dehiscencia del arco vertebral posterior del atlas, el puente posterior del atlas, el puente lateral del atlas, el doble foramen transversario en varias vértebras cervicales, la fusión del atlas con el axis (posible síndrome de Klippel-Feil) y la fusión de la quinta y sexta vértebras cervicales. Durante el siglo veinte, se ha reconocido la base genética de los caracteres no métricos craneales, infra-craneales y dentales. Aunque es cierto que no todas las variantes implican necesariamente significación clínica, pueden resultar de gran utilidad en el estudio de poblaciones históricas para detectar diferentes grados de consanguinidad entre los individuos, a través de las variaciones en las frecuencias de los caracteres epigenéticos observados. Además de la aplicabilidad en el campo de la Antropología forense, para la identificación del individuo.

Palabras clave: Variantes anatómicas, vértebras cervicales, atlas, axis, ponticulus, occipitalización.

Abstract

The definition of anatomical variant is not free of contention and has suffered variations in their name along their study. Nowadays the not metric characters are defined as morphologic variants of the anatomy, characteristics, features or anatomical brands that can be located in any tissues. For the physical anthropologist those of major interest are located in teeth and bones. There has been realized a review of those variants in the cervical vertebrae, of individuals from necropolis deposited in the Laboratory of physical anthropology of University of León. Among the found variants they are of the rather expensive ones you will articulate superiors of the atlas, the merger of the axis with the atlas and the assimilation of the atlantoaxial block with the basis of the cranium, the absence of the posterior tubercle of the atlas, the posterior bridge of the atlas, the lateral bridge of the atlas, the double foramen transverse in several cervical vertebrae, the merger of the atlas with the axis (Klippel-Feil's possible syndrome) and the merger of fifth and sixth cervical vertebrae. During the twenty century, has been recognized the genetic base of the not metric cranial characters, infracranials and dentals. Though it is true that not all the variants imply necessarily clinical significance, they can ensue from great usefulness in the study of historical populations, to detect different degrees of consanguinity between the individuals across the variations in the frequencies of the epigenetics characters observed. Besides the applicability in the field of the forensic Anthropology, for the identification of the individual.

Keywords: Anatomical variants, cervical vertebra, atlas, axis, ponticulus, occipitalization.

INTRODUCCIÓN

Existen gran variedad de términos para referirse a la misma condición, variantes anatómicas, caracteres epigenéticos, rasgos no métricos, entre otros. Todas ellas portan, de forma intrínseca, el hecho de ser expresiones de los genes que afectan al desarrollo. Es por ello que se consideran variaciones morfológicas de la anatomía, típicamente de características, rasgos o marcas anatómicas que pueden estar localizadas en cualquier tejido, aunque son los tejidos duros, como dientes y huesos, los de mayor interés para el antropólogo biológico o físico (Saunders Rainey, 2008).

En el siglo XX, se reconoció la base genética de los rasgos no métricos craneales, intracraneales y dentales; inmersos en el campo de la epigenética que Holliday (2002) define como «*los cambios en la función de los genes que son heredables por mitosis y por meiosis, que no entrañan una modificación en la secuencia del ADN y que pueden ser reversibles*».

Por esta razón, los antropólogos físicos que estudian esqueletos humanos creyeron que la variación en las frecuencias de estos rasgos en diferentes muestras

podrían ser utilizadas para identificar relaciones biológicas entre poblaciones históricas (Saunders Rainey, 2008).

El interés del estudio de las variantes anatómicas en la columna vertebral se debe a que, por su complejo desarrollo embriológico, es fácilmente susceptible a variaciones en el desarrollo esquelético y neurológico, así como en sus anomalías, produciendo un amplio espectro de síntomas (Chinnappan Manjunath, 2008).

La columna cervical es la parte del esqueleto axial que soporta el peso de la cabeza, permite una amplia gama de movimientos (extensión, flexión, rotación derecha e izquierda y flexión lateral derecha e izquierda), alberga la médula espinal cervical y la irrigación sanguínea venosa y arterial. Como resultado de la gran cantidad de tareas realizadas por esta parte del esqueleto, cualquier trastorno que le afecta a su anatomía puede conducir a la significativa reducción de la calidad de vida del individuo (Latarjet Ruiz, 2004).

Dada la importancia de la columna vertebral, los síndromes clínicos se desarrollan como resultado de perturbaciones mecánicas del movimiento o deformidades de la médula espinal cervical que acompañan a esas anomalías del desarrollo y las variantes de los elementos esqueléticos (Kavakli et al., 2004).

Ya que existe un creciente interés en el estudio de estas variantes por su implicación en patologías y sintomatología diversa, en la clínica dental y en el diagnóstico preoperatorio (Koletsis Halazonetis, 2010; Kaushal, 2011; Lampropoulou-Adamidou et al., 2013), tratamos aquí de conocer la variabilidad en la morfología de las vértebras cervicales así como sus anomalías y su relación con el paciente ya que su desconocimiento puede causar errores diagnósticos al ser interpretadas como alteraciones en clínica y radiología actual (Ferreira García, 2009). Además, al antropólogo físico le permite continuar con uno de los cometidos de esta disciplina, el conocimiento de la variabilidad humana en todas sus vertientes.

A pesar de la evidente relación con aspectos genéticos de estas variantes y anomalías congénitas y su probable carácter hereditario, es necesario llevar a cabo más estudios de incidencia y prevalencia en la población para conocerlas más a fondo (Sanchís-Gimeno Aparicio, 2011). Además, es importante conocer el proceso embrionario del desarrollo de las vértebras cervicales para comprender el alcance de estas irregularidades y variantes ya que, aunque en ocasiones son adquiridas, con mayor frecuencia son de origen congénito.

En el segundo mes de desarrollo intrauterino aparecen los centros de osificación para las masas laterales de las vértebras cervicales. En el segundo año tras el nacimiento se desarrolla el arco anterior del atlas. Entre los 3 y 4 años de vida el foramen transversal está completo en todas las vértebras cervicales (Schaefer et al., 2009).

A continuación se describen algunas de las variantes y anomalías más representativas de la columna vertebral, como son la occipitalización del atlas, la dehiscencia del arco vertebral posterior, los pontículos posterior y lateral, las fusiones provocadas por el Síndrome de Klippel-Feil así como por otras anomalías en el conjunto C3-C7 y el doble foramen transverso.

Occipitalización del atlas

La occipitalización del atlas es una malformación congénita de la columna, descrita por primera vez por Realdo Colombo (Wackenheim, 1982) resultante de un fallo en la segmentación y separación del cuarto esclerotomo del occipital y de la primera vértebra cervical en la primera semana de vida fetal (Yochum Rowe, 2005; Saini et al., 2009). Este fallo en la segmentación entre el cráneo y la primera vértebra resulta en la asimilación del atlas, que puede ser completa o parcial (Smoker, 1994) mientras el elemento posterior generalmente permanece sin fusionar (Aufderheide Rodríguez-Martín, 1998).

Dehiscencia del arco vertebral posterior

La ausencia de osificación del arco posterior del atlas se define como el fallo en la fusión de la línea media de los dos semiarcos vertebrales posteriores. En algunos casos puede permanecer un pequeño osículo entre los semiarcos puede ser completa o bilateral, pudiendo ser puramente unilateral o manifestarse como un pequeño vacío (esпина bífida) (Currarino et al., 1994). La osificación del arco posterior del atlas suele suceder al nacimiento, cuya unión es visible a los 6 años de edad. Ocasionalmente existe una asociación con la presencia del bloque vertebral C2-C4 y el síndrome de Klippel-Feil (Sanchís-Gimeno Aparicio, 2011).

Pontículo posterior y lateral

El pontículo posterior, también llamado *ponticulus posticus* o foramen arcual entre otros, es una osificación o calcificación de la porción oblícuca de la membrana atlanto-occipital que une las masas postero-laterales y el arco posterior. Esto forma el borde periférico del foramen arcual, el cual sirve de conducto para la arteria y la vena vertebrales, el nervio de la primera cervical y los nervios simpáticos perivasculares. El *ponticulus posticus* es generalmente bilateral y asimétrico y no presenta dominancia de género. Esta variante anatómica no está presente al nacimiento y generalmente aparece durante la pubertad como un centro de osificación secundario, aumentando su prevalencia con la edad. Probablemente sea un rasgo vestigial en humanos, ya que muchos primates presentan este tipo de osificación (Yochum Rowe, 2005; Bundi et al., 2010).

El *ponticulus lateralis* es la osificación de la membrana oblicua occipital que discurre lateralmente desde la parte superolateral de la masa del atlas al proceso transversal.

Fusiones vertebrales

Síndrome de Klippel-Feil

El síndrome de Klippel-Feil se caracteriza por la fusión congénita de la columna cervical y un amplio espectro de anomalías asociadas. La fusión vertebral parece estar causada por un fallo en la segmentación normal de las vértebras durante las primeras semanas del estadio fetal del individuo y por un defecto en la somitogénesis como factor mitigante (Clarke et al., 1998).

Anomalías C3-C7

Los defectos embriológicos de la normal segmentación de la columna que resultan en la fusión de uno o más segmentos vertebrales contiguos, son descritos como *bloques vertebrales congénitos*. La causa más probable es la disminución local del suministro de sangre durante el periodo de la tercera a la octava semana de desarrollo fetal. A menos que sea especificado de otro modo, el término *bloque vertebral* implica, generalmente, una causa congénita y el término *bloque vertebral adquirido* a veces se emplea para referirse a vértebras unidas por algún otro proceso patológico (Yochum Rowe, 2005).

Doble foramen transversal

El doble foramen transversal es un puente óseo o fibroso que separa la arteria vertebral de la vena vertebral y se localiza en el proceso transversal de las vértebras cervicales. Está formado por un elemento costal vestigial fusionado al cuerpo vertebral y al originalmente verdadero proceso transversal. Este foramen transmite la arteria vertebral, la vena vertebral y las fibras del sistema nervioso simpático (Agrawal et al., 2012; Bundi Odula, 2013).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han estudiado las variantes anatómicas y anomalías de la columna cervical, de diversos individuos procedentes de algunas de las necrópolis depositadas en el Laboratorio de Antropología Física de la Universidad de León, como son la occipitalización del atlas, la deshiscencia del arco vertebral posterior del atlas, los *ponticulus posticus* y *lateralis*, el foramen retrotransverso del atlas, la fusión atlan-

to-axial y los bloques cervicales de C2-C3 y C5-C6 (**Figura 1**). Para ello se procedió a la inspección macroscópica y a la descripción del aspecto de las alteraciones observadas con gran meticulosidad para posteriormente, y basándonos en los datos objetivos obtenidos iniciar una relación de las posibles lesiones que por su aspecto morfológico son compatibles con aquellas (Campillo, 1997). En esta ocasión se cuenta con la ventaja de no tener que hacer tal estudio a través de radiografías, TAC o RMN, si no que se realiza el estudio de forma directa sobre el material objeto de estudio (Rogers Dieppe, 1990).

RESULTADOS

Las observaciones de las diferentes variantes y anomalías de la columna cervical han permitido realizar este compendio de las mismas que a continuación se describen detalladamente.

Occipitalización del atlas

En las **Figura 2a y 2b** se observa la fusión completa del atlas con el basicráneo lo que implica una variación en la disminución de la altura del atlas que permite una proyección de axis sobre el foramen magnum creando una impresión basilar primaria. Es un hallazgo poco frecuente y solo en casos más extremos del proceso patológico, producido como resultado de los movimientos de cabeceo y extensión por la inclusión de la apófisis odontoides en el foramen mágnum y el roce con la parte anterior del mismo. Además, se aprecia la dehiscencia del arco vertebral posterior del atlas y la evidencia de fusión completa del atlas con el axis en el lado derecho del cráneo, que resultó incompleta en su lado izquierdo. También se observan las dimensiones del foramen mágnum modificadas a causa del proceso anómalo de desarrollo en la articular cráneo-vertebral.

Dehiscencia del arco vertebral posterior del atlas

Lo que se observa en la **Figura 3** es la dehiscencia del arco vertebral posterior del atlas en un individuo juvenil. No se ha podido evaluar si sucede lo mismo en el arco vertebral anterior, ya que estaba fragmentado en esa zona.

Pontículos posterior y lateral

En la **Figura 4** se observan diferentes combinaciones de *ponticulus posticus* como son bilateral completo, unilateral incompleto, unilateral completo con foramen retrotransverso incompleto, puente lateral completo.

Fusiones vertebrales

Síndrome de Klippel-Feil

Se han hallado dos casos de fusión del axis con la tercera vértebra cervical, sin indicios de procesos artrósicos (**Figura 5**). En uno de ellos se trataba del bloque vertebral aislado procedente de una de las tumbas de Pedraza de la Sierra (Segovia). El otro bloque pertenecía a una mujer de 30-35 años también de Pedraza de la Sierra (Segovia).

Fusiones en C3-C7

En tres casos observamos fusiones cervicales por diversas causas (**Figura 5**), entre ellas un caso de hiperostosis esquelética difusa entre las vértebras C6 y C7 en una mujer de 30-35 años de Palat del Rey (León). Los otros dos casos mostrados se produjeron osteofitosis, en un varón de 40-45 años de Pedraza de la Sierra (Segovia) y el otro en una mujer de 50-55 años de Cordiñanes (León). En ambos casos la fusión se produjo entre las vértebras C5 y C6.

Doble foramen transverso

Las vértebras que se muestran en la **Figura 6** pertenecen a un varón de 30-35 años procedente de Pedraza de la Sierra, y muestran doble foramen transverso bilateral y completo en las vértebras C4 a C6 y bilateral e incompleto en C7. Se halló la particularidad de la parte anterior del foramen en la vértebra C6 estaba incompleto.

DISCUSIÓN

Las vértebras cervicales muestran una gran variabilidad, siendo el atlas la que difiere en estructura de las demás vértebras y es también la que presenta la más alta tasa de variabilidad de toda la columna cervical en la especie humana (Wysocki et al., 2003).

Otros autores han encontrado la occipitalización del atlas en diverso material osteológico, la mayoría con la asimilación parcial o completa el arco anterior del hueso occipital (Nayak, 2008, Bašić et al., 2012), acompañada de una occipitalización unilateral o bilateral (Kassim et al., 2010).

Se considera que las malformaciones congénitas de la columna cervical, y particularmente en el nivel de la unión cráneo-cervical, tienen importancia clínica por la deficiencia que originan, ya sea en su movilidad o en su estabilidad; esta última es en

todo caso la de mayor trascendencia, ya que implica riesgo mortal en situaciones específicas como actividades de carga y traumatismos, puesto que a este nivel se aloja el tallo cerebral (Agrawal et al., 2010). Esta anomalía aparece en poblaciones caucasoides con una frecuencia del 1% (Al-Motabagani Surendra, 2006).

Las articulaciones atlanto-occipitales operan al unísono, por lo que la fusión física en uno de los lados actúa como una fusión funcional en ambos lados, debido a que las articulaciones no pueden operar de forma aislada (Black Scheuer, 1996).

Además, la mitad de los pacientes afectados por esta anomalía presenta fusión vertebral de C2-C3, como en el caso que nos ocupa. Otras malformaciones pueden acompañar a la occipitalización del atlas como anomalías mandibulares (el cráneo de la figura 2 presenta indicios de disfunción temporomandibular con signos artrósicos en el lugar de articulación con los cóndilos mandibulares) (Yochum Rowe, 2005)

Esta malformación puede resultar en acortamiento del cuello y compresión neurológica por parte del proceso odontoides que se eleva en el 50% de los pacientes, aunque la platibasia (aplanamiento de la base del cráneo que traduce por un ángulo basal mayor a 143°) y la impresión basilar no son tan comunes. Sin embargo, aunque la platibasia y la impresión basilar son con frecuencia utilizados como sinónimos, hay dos condiciones diferenciales. La platibasia no tiene relevancia clínica, siendo un término antropológico utilizado para definir el aplanamiento del ángulo entre el plano anterior de la fosa y el plano del clivus (Hensinger Maceren, 1986 ref. Aufderheide Rodríguez-Martín, 1998).

El foramen mágnum está generalmente deformado y suele ser más pequeño de lo normal. En los casos más severos la parte proximal de la columna cervical presenta una apariencia como si hubiese sido incluida y hubiera dejado su impronta en el cráneo (Taitz, 2000).

Las perturbaciones neurológicas y circulatorias pueden ser el resultado de la compresión por el proceso odontoides y los síntomas clínicos pueden no aparecer hasta la etapa adulta.

Los defectos de fusión de la línea media posterior (figura 3) en los que aparece una pequeña dehiscencia entre los semiarcos representa el tipo más común de Currarino, el tipo A, y se considera el resultado de un fallo en el proceso de condrogénesis local (Panagopoulos et al., 2005).

Los defectos congénitos del arco posterior del atlas son poco frecuentes (Senoglu et al., 2007; Kwon et al., 2009; Doukas Petridis, 2010; Hummel De Groot, 2013). Estos fallos en la fusión del atlas y otros defectos óseos congénitos de la articulación cráneovertebral frecuentemente ocurren entre las cuatro y las siete semanas de vida intrauterina (Visocchi et al., 2010), siendo el resultado de anoma-

lías congénitas de los centros de osificación (Osher Nasser, 2004). Estos defectos congénitos son categorizados en cinco tipos diferentes (Currarino et al. 1994) considerándose todos ellos benignos, debido a que muchos pacientes no muestran sintomatología clínica (Smoker, 1994; Kwon et al., 2009; Doukas Petridis, 2010). Sin embargo, se han detectado casos de relevancia clínica, ya que en ocasiones la presencia de estas anomalías puede ser causa de dolor crónico en el cuello e incluso deficiencias neurológicas como mieolopatías. El rango de prevalencia oscila entre el 0.95 y el 4% siendo este último porcentaje el asociado a la dehiscencia Tipo A de Currarino et al. (1994) (Senoglu et al., 2007; Kwon et al., 2009).

Las anomalías en el arco posterior del atlas pueden incrementar el riesgo de subluxación atlantoaxial. Sin embargo, en autopsias y en cirugía se han encontrado los semiarcos posteriores del atlas unidos por tejido conectivo, lo que supone un factor protector de la zona (Richardson et al., 1975).

Aunque la importancia de esta anomalía radica en su diagnóstico como variación benigna, especialmente cuando se asocia a traumatismo (Martínez et al., 1993), no debe confundirse con una fractura de Jefferson (De Zoete et al., 2007).

En los pacientes con *ponticulos posticus* (Figura 4a) la osificación parcial se encuentra en algo más del 35% de la población global y la forma anular completa se ha encontrado en un 15% de la población caucasoide. Los pontículos se consideran un factor importante en la insuficiencia vertebro-basilar, el síndrome de Barre-Lieou y el síndrome cervical superior crónico (Koutsouraki et al., 2010). La presión externa en la arteria vertebral a su paso desde el foramen transverso de la primera vértebra cervical hacia el foramen magnum del cráneo puede ocasionar en el paciente vértigo, dolor de cabeza, dolores en cuello, hombros y brazos, incluso fotofobia (Krishnamurthy et al., 2007).

El *ponticulus lateralis* no parece tener relevancia clínica y la incidencia es de un 3% en radiografías cervicales (Yochum Rowe, 2005).

En general, las excrescencias óseas que aparecen sobre el tercer segmento de la arteria vertebral (los puentes del atlas) se asocian con la compresión de la arteria y los nervios (Bundi et al., 2010).

Los síntomas atribuidos a la parte cervical se presentan generalmente en la vida adulta y son debidos a artritis degenerativa o inestabilidad en la hipermovilidad de las articulaciones adyacentes al área sinostosa. Como los pacientes con Klippel-Feil generalmente son asintomáticos, su incidencia es desconocida, pero se estima entre uno de cada 2.100 y 1 de cada 42.400 nacimientos (Lampropoulou-Adamiadou et al., 2013).

Se descarta la anquilosis de origen infeccioso ya que no suelen conllevar la fusión de los arcos posteriores vertebrales (Isidro et al. 2003).

Existen diversas causas por las que se pueden hallar vértebras fusionadas en un individuo, además de por osteofitosis como consecuencia de procesos artrósicos, por desórdenes como la hiperostosis esquelética idiopática difusa, conocido como DISH, entre otros (Gómez-González et al., 2013).

La entrada de la arteria vertebral discurre próxima al foramen transverso de la sexta vértebra cervical en un 92% de la población general, por ello el foramen de la séptima cervical, que transmite solamente la vena, es más pequeño y en ocasiones está ausente (Jitendra Hrishikesh, 2012). Las mayores frecuencias de doble foramen transverso se dan en la sexta cervical, disminuyendo progresivamente en dirección caudal (Sharma et al., 2010).

Existen diversos factores causales de las variaciones morfológicas del foramen transverso incluyendo factores del desarrollo, factores de estrés mecánico, tamaño y/o número de estructuras anatómicas que pasan por él. Las variaciones en el número y tamaño del foramen transverso de las vértebras de la región cervical puede ser una de las causas de dolores de cabeza, migrañas y desmayos, todo ello debido a la compresión de la arteria cervical (Caovilla et al., 2000).

CONCLUSIONES

Son innumerables las variantes anatómicas de la normalidad en toda la anatomía del cuerpo humano. Su conocimiento es importante para evitar errores diagnósticos, así como la realización de estudios complementarios. Del mismo modo, su estudio es de gran utilidad para seguir conociendo la gran variabilidad humana desde el punto de vista de la estructura ósea, extrapolable a diversos estudios de clínica actual así como en aspectos de Antropología forense para la identificación del individuo a través del empleo de la ficha clínica, como ocurre con los casos de superposición cráneo-foto o rasgos no métricos dentales como los «tubérculos de Carabelli».

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Motabagani M.A., Surendra M. (2006). Total occipitalization of the atlas. *Anatomical Science International* 81(3): 173-180.
- Agrawal R., Ananthi S., Agrawal S. (2010). Anomalies of the craniovertebral junction-a very rare case report. *European Journal of Anatomy* 14(1):43-47.
- Agrawal D., Mohanty B.B., Sethy S., Parija B., Hazary S.K., Chinara P.K. (2012). Variations in foramen transversarium: an osteological study in eastern India. *International Journal of Current Research* 9(4): 120-122.

- Aufderheide A.C., Rodríguez-Martín C. (1998). *The Cambridge encyclopedia of human paleopathology*: 478. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Bašić Z., Anerić I., Škorić K., Vilović K., Anđelinović Š. (2012). Occipitalization of the atlas in archaeological material from the 16th-19th Century. *International Journal of Osteoarchaeology* DOI: 10.1002/oa.2240.
- Bundi Karau P., Ogeng'o J.A., Hassanali J., Odula P.O. (2010). Morphometry and variations of bony ponticles of the atlas vertebrae (c1) in kenyans. *Int J Morphol* 28(4):1019-1024.
- Bundi Karau P., Odula P.O. (2013). Some anatomical and morphometric observations in the transverse foramina of the atlas among kenyans. *Anatomy Journal of Africa* 21: 61-66.
- Campillo D. 1997. Metodología para el estudio de las lesiones paleopatológicas macroscópicas del cráneo. En: M.M. Macías, J.E. Picazo (Eds.). *La enfermedad en los restos humanos arqueológicos. Actualización conceptual y metodológica*: 39-50. Servicio de Publicaciones: Universidad de Cádiz.
- Caovilla H.H., Ganança M.M., Munhoz M.S., Silva M.L., Ganança F.F. (2000). Síndrome cervical. En: M.L. Silva, M.S. Munhoz, Ganança M.M., Caovilla H.H. *Quadros clínicos Otoneuroológicos Mais Comuns*: 95-100. Atheneu. Sao Paulo.
- Chinnappan M., Manjunath K. (2008). Variations of atlas. *Anatomica Karnataka* 3(2): 77:82.
- Clarke R.A., Catalan G., Diwan A.D., Kearsley J.H. (1998). Heterogeneity in Klippel-Feil syndrome: a new classification. *Pediatr Radiol* 28: 967-974.
- Currarino G., Rollins N., Diehl J.T. (1994). Congenital defects of the posterior arch of the atlas: a report of seven cases including an affected mother and son. *Am J Neuroradiol* 15: 249-254.
- De Zoete A., Langeveld U.A. (2007). A congenital anomaly of the atlas as a diagnostic dilemma: a case report. *J Manipulative Physiol Ther* 30(1): 62-64.
- Doukas A., Petridis A.K. (2010). A case of aplasia of the posterior arch of the atlas mimicking fracture: Review of the literature. *Clinical Anatomy* 23:881-882.
- Ferreira H.H., García C.A. (2009). ¿Normal o anormal?, Esa es la cuestión. Variantes anatómicas musculoesqueléticas en radiología pediátrica. *Revista Colombiana de Radiología* 20(1):2598-2602.
- Gómez-González S., Sánchez-Compadre E., Sánchez-García E. (2013). Possible simultaneous occurrence of ankylosing spondylitis and diffuse idiopathic skeletal hyperostosis at the medieval-modern necropolis (XII-XIX AD) of Palat del Rey, León, Spain. I BioAnthropological Meeting. Coimbra. (en prensa).
- Hummel E., De Groot J.C. (2013). Three cases of bipartition of the atlas. *The Spine Journal* 13(5): e1-e5. doi: 10.1016/j.spinee.2013.01.024.

- Isidro Llorens A., Jordana X., Malgosa A. (2003). Malformación cervical compleja (Síndrome de Klippel-Feil) en un individuo infantil del siglo XVI. En: M.P. Aluja, A. Malgosa, R. Nogués (Eds.). *Antropología y Biodiversidad*, Vol. 1: 278-284. Bellaterra, España.
- Jitendra R., Hrishikesh R. (2012). Anatomical study of variation of vertebral artery entering the foramen transversarium of cervical vertebrae. *National Journal of Medical Research* 2(2): 199-201.
- Kassim N.M., Latiff A.A., Das S., Ghafar N.A., Suhaimi F.H., Othman F., Hussan F., Sulaiman I.M. (2010). Atlanto – occipital fusion: An osteological study with clinical implications. *Bratislava Medical Journal* 111(10): 562–565.
- Kavakli A., Aydinlioglu A., Yesiyurt H., Kus I., Diyarbakirli S., Erdem S., Anlar O. (2004). Variants and deformities of atlas vertebrae in Eastern Anatolian people. *Saudi Medical Journal* 25(3):447-450.
- Kaushal P. (2011). Median deficiency in the posterior arch of the atlas vertebra: a case report. *International Journal of Anatomical Variations* 4: 67-68.
- Koletsis D.D., Halazonetis D.J. (2010). Cervical vertebrae anomalies in orthodontics patients: a growth-based superimpositional approach. *Eur J Orthod* 32_ 36-42.
- Koutsouraki E., Avdelidi E., Kapsali S.E., Baloyannis S.J. (2010). Kimmerle's anomaly (or ponticulus posticus) as a causative factor of chronic tension headaches and neurosensory hearing loss. *Encephalos* 47(3):150-152.
- Krishnamurthy A., Nayak S.R., Khan S., Prabhu L.V., Ramanathan L.A., Ganesh Kumar C., Prasad Shinha A. (2007). Arcuate foramen of atlas: incidence, phylogenetic and clinical significance. *Rom J Morphol Embryol* 48(3): 263-266.
- Kwon J.K., Kim M.S., Lee G.J. (2009). The incidence and clinical implications of congenital defects of atlantal arch. *Journal of Korean Neurosurgery Society* 46: 522-527.
- Lampropoulou-Adamidou K., Athanassacopoulos M., Karampinas P.K., Vlamis J., Korres D.S., Pneumaticos S.G. (2013). Congenital variations of the upper cervical spine and their importance in preoperative diagnosis. A case report and a review of the literature. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology* 23(1): 101-105.
- Latarjet M., Ruiz Liard A. (2004). *Anatomía humana*. Vol I. Ed. Médica Panamericana. pp: 869.
- Martínez J.F., Navarro M., Giménez A. (1993). Aplasia del arco posterior del atlas. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular* 28: 47-50.
- Nayak S. (2008). Asymmetric atlas assimilation and potential danger to the brain system: A case report. *The Internet Journal of Biological Anthropology* 1(2) DOI: 10.5580/16dd.
- Osher S.J., Nasser N.A. (2004). Coincidental finding of a bipartite atlas during assessment of facial trauma. *Br J Oral Maxillofac Surg* 42: 270-271.

- Panagopoulos A., Zouboulis P., Athanaselis E., Papadopoulos A.X., Dimakopoulos P. (2005). Aplasia of the posterior arc of the atlas with persistent posterior tubercle: a case report. *European Spine Journal* 14: 205-207.
- Richardson E.G., Boone S.C., Reid R.L. (1975). Intermittent quadriplegia associated with a congenital anomaly of the posterior arch of atlas. *J Bone Joint Surg Am* 57: 853-854.
- Rogers J., Dieppe P. (1990). Skeletal paleopathology and the rheumatic diseases: Where are we now? *Ann Rheum Dis* 49:885-886.
- Saini V., Singh R., Bandopadhyay M., Tripathi S.K., Shamal S.N. (2009). Occipitalization of the atlas: Its occurrence and embryological basis. *International Journal of Anatomical Variations* 2: 65-68.
- Sanchís-Gimeno J.A., Aparicio L. (2011). Posterior arch defect in a dry atlas. *European Spine Journal*. 20:1574-1575.
- Saunders S.R., Rainey D.L. (2008). Nonmetric trait variation in the skeleton: abnormalities, anomalies and atavisms. En: M.A. Katzenberg, S.R. Saunders (Eds.) *Biological anthropology of the human skeleton*: 533-559. 2ª edición. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Schaefer M., Black S., Scheuer L. (2009). *Juvenile Osteology: A laboratory and field manual*: 369.:Academic Press Elsevier. USA.
- Senoglu M., Safavi-Abbasi S., Theodore N., Bambakidis N.C., Crawford N.R., Sonntag V.K. (2007). The frequency and clinical significance of congenital defects of the posterior and anterior arch of the atlas. *J Neurosurg: Spine* 7: 399-402.
- Sharma A., Singh K., Gupta V., Srivastava S. (2010). Double foramen transversarium in cervical vertebra: an osteological study. *Journal of the Anatomical Society of India* 59(2): 229-231.
- Smoker W. (1994). Craniovertebral junction: normal anatomy, craniometry and congenital anomalies. *Radiographics* 14: 255-277.
- Visocchi M., Romano D. (2010). Cranio-vertebral junction. En: C.B. Lumenta, J. Hasse, C. Di Rocco, J.J.A. Mooij (Eds.). *Neurosurgery. European Manual of Medicine*: 315-324. Springer. Heidelberg, Alemania.
- Wackenheim A. (1982). Occipitalization of the ventral part and vertebralization of the dorsal part of the atlas with insufficiency of the transverse ligament. *Neuroradiology* 24(1): 45-47.
- Wysocki J., Bubrowski M., Reymond J., Kwiatkowski J. (2003). Anatomical variants of the cervical vertebrae and the first thoracic vertebra in man. *Folia Morphol* 62(4):357-363.
- Yochum T.R., Rowe L.J. (2005). Congenital anomalies and normal skeletal variants. En: T.R. Yochum, L.J. Rowe (Eds.). *Essentials of skeletal radiology*. 3ª Ed. Lippincott Williams & Wilkins. USA.

Figura 1

Esquema de algunas de las variantes anatómicas halladas en las vértebras cervicales (modificado de Saunders Rainey, 2008)

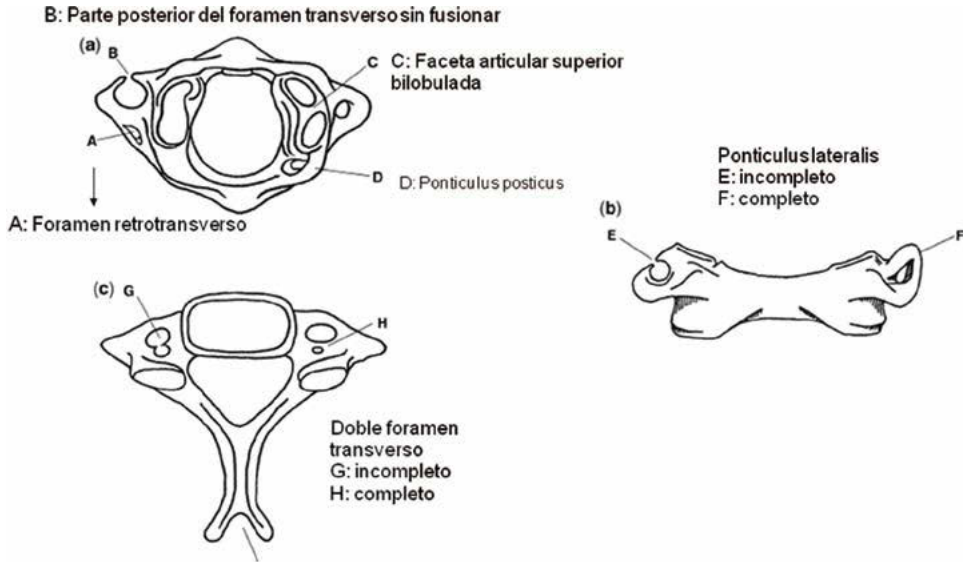


Figura 2

Cráneo de un varón adulto de PR donde se aprecia (a) Impresión basilar. (b) dehiscencia del arco vertebral posterior del atlas. (c) Fusión total y bilateral de arco vertebral anterior del atlas con el basicráneo. (d) Signos de fusión completa del atlas con el axis en el lado derecho del cráneo (posición anatómica) e incompleta en el lado izquierdo. (e) Deformación de las dimensiones normales del foramen magnum

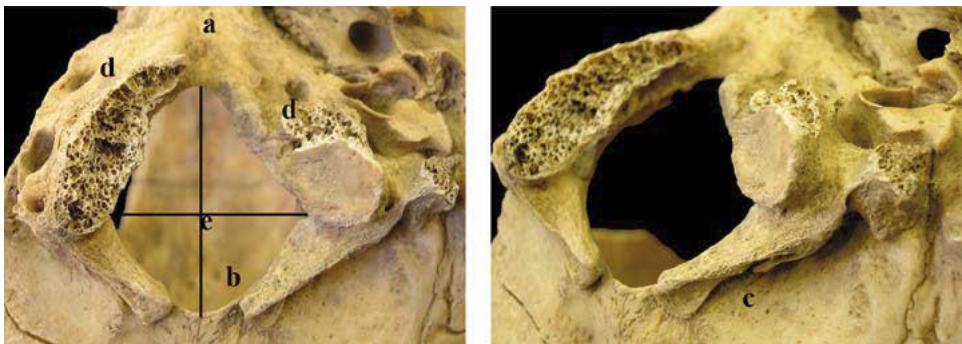


Figura 3
Dehiscencia del arco vertebral posterior del atlas por ausencia de fusión de los arcos posteriores en un varón de 16 años de la PS/UE9

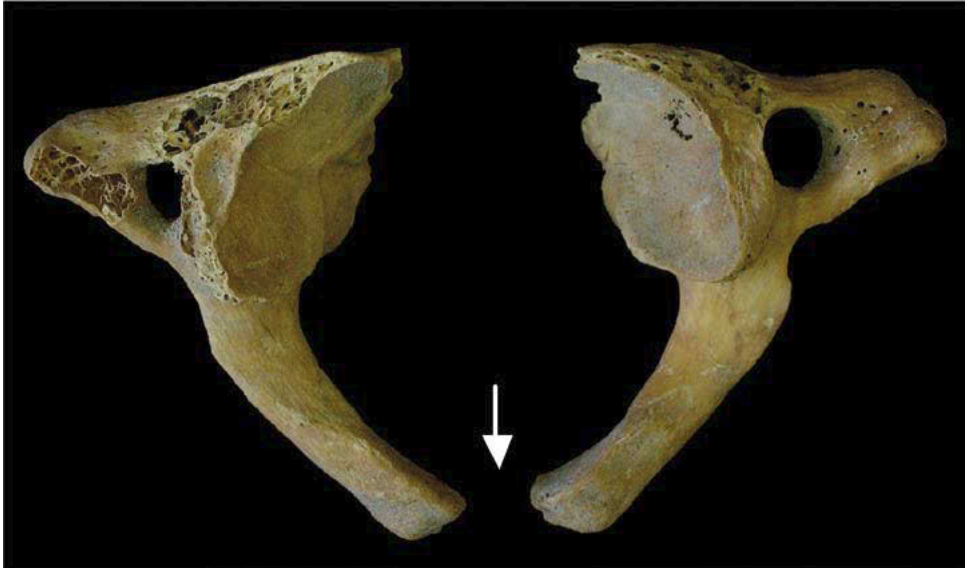


Figura 4

(a) *Ponticulus posticus* bilateral y completo de PS/B5/juvenil. (b) *Ponticulus posticus* unilateral e incompleto de PS/UE 59/reduc. (c) *Ponticulus posticus* bilateral: completo, con presencia de foramen retrotransverso incompleto, en el lado derecho e incompleto en el izquierdo de un varón de 55-60 años de COR TXXV. (d) y (e) *Ponticulus lateralis* «abrazando» a la arteria cervical de un varón de 40-45 años de COR TXVIII. (e) Vista superior del atlas en la que se observa un *ponticulus posticus* bilateral: completo en el lado derecho e incompleto en el lado izquierdo, además del foramen retrotransverso incompleto de un varón de 55-60 años de COR TXXV. (f) Detalle la carilla articular superior bilobulada de la vértebra (e)

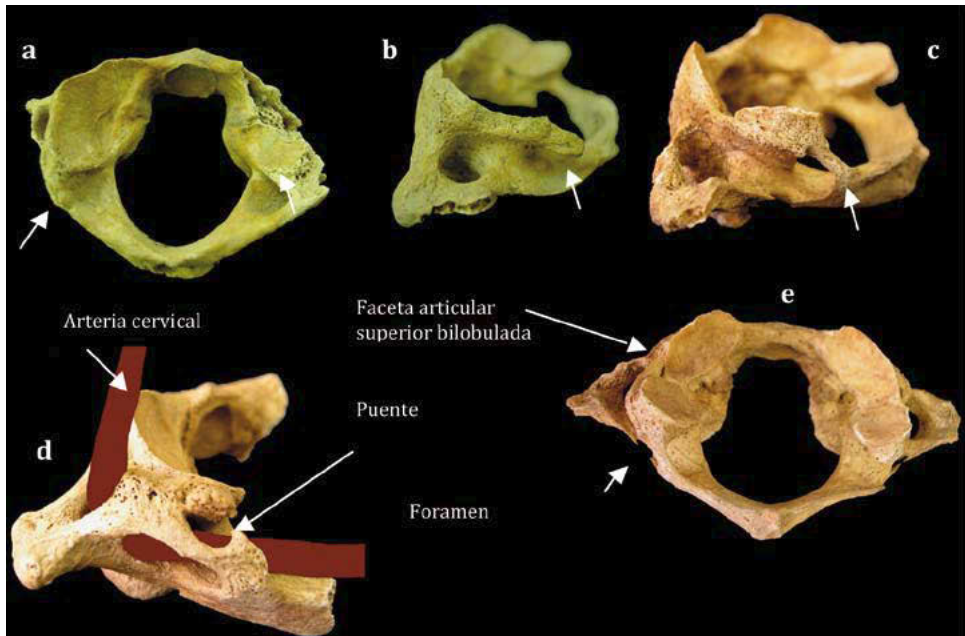


Figura 5

(a) Vista anterior un individuo adulto de PS/UE59/reduc. (b) Vista lateral de la fusión completa del axis con C3 de una mujer de 30-35 años de PS/UE 35.

(c) Vista anterior de la fusión de C5 y C6 en una mujer de 50-55 años de COR TXV(III) por osteofitosis. (d) Vista anterior de la fusión de C5 y C6 en un varón de 40-45 años de PS/UE 59 II por osteofitosis artrósica. (e) Vista anterior de la fusión de vértebras cervicales afectadas de DISH de una mujer de 30-35 años de PR (Figura 5e cedida por Gómez-González et al., 2013).

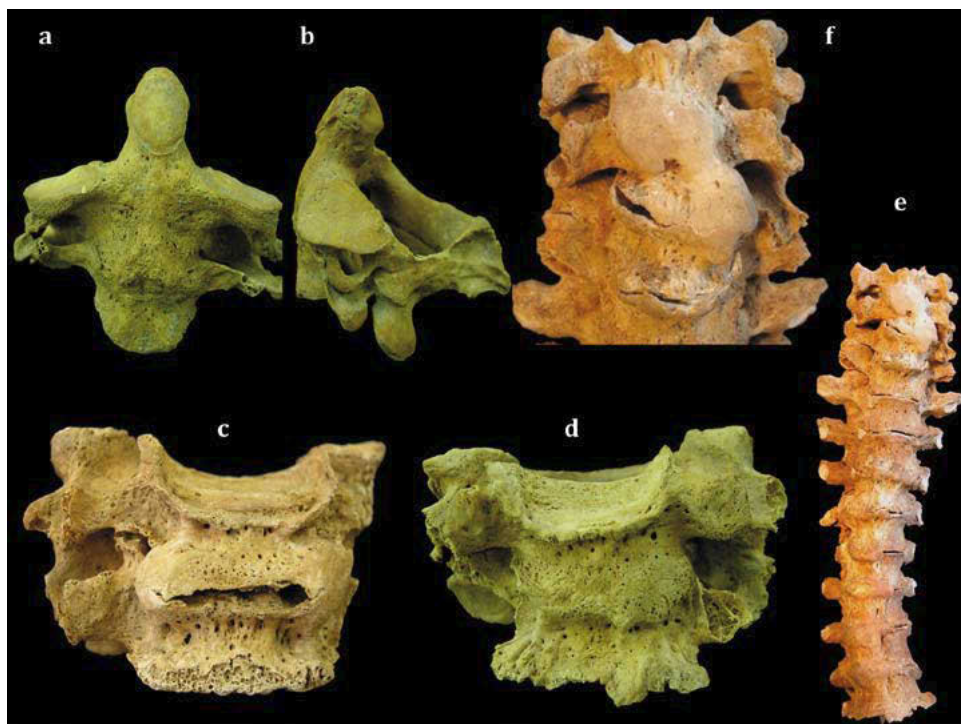
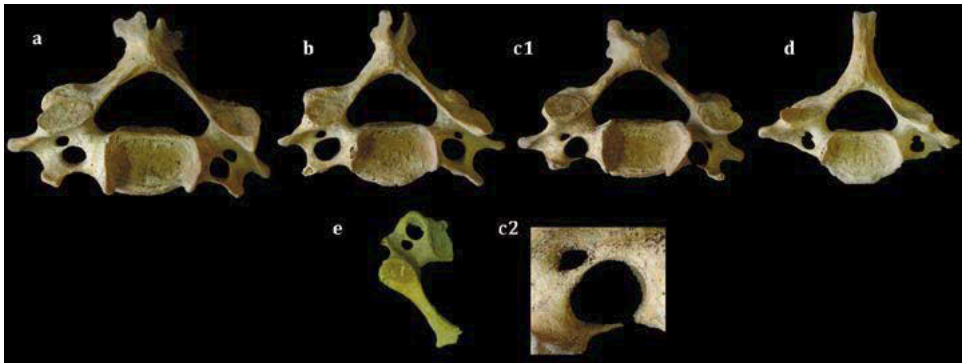


Figura 6

(a) y (b) Cuarta y quinta vértebras cervicales, respectivamente, con doble foramen transverso bilateral y completo. (c1) Sexta vértebra cervical con doble foramen transverso bilateral completo y con dehiscencia en la región posterior del foramen mayor. (c2) Detalle de la fusión incompleta de la parte posterior del foramen transverso (d) Séptima vértebra cervical con doble foramen transverso bilateral e incompleto. Todas pertenecen a un varón de 19-20 años de PS/UE 93. (e) Hemivértebra cervical del individuo infantil PS/UE 83



PREDICCIÓN DE LAS DIMENSIONES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DEL HÚMERO A PARTIR DE MODELOS NUMÉRICOS UNIFACTORIALES

Trancho, G.J.; Robledo, B.; Martínez-Ávila, M.S.; Grueso, I.; Barrio, P.

Departamento de Zoología y Antropología Física
Facultad de Biología. Universidad Complutense
Madrid 28040, España
gtrancho@ucm.es

Resumen

La experiencia pericial, ya sea en contextos arqueológicos o forenses, demuestra que los restos esqueléticos aparecen, por lo general, de forma fragmentada e incompleta. El mal estado de preservación suele condicionar la determinación de parámetros como sexo, edad, patrones de actividad física, indicadores de salud, e incluso impide estimar las dimensiones corporales. Por esa razón, intentando aportar modelos matemáticos que permitan la reconstrucción completa de un resto óseo específico, el presente trabajo analiza la relación morfológica entre distintas zonas anatómicas del húmero, evaluando el grado de correlación existente entre variables epifisarias, diafisarias y longitudinales.

Con ese objetivo se estudiaron doscientos veintiséis húmeros (126 femeninos y 100 masculinos) pertenecientes a una serie española de filiación conocida depositada en la UCM. Se valoraron diez variables morfológicas para obtener un total de cien coeficientes de correlación para cada sexo.

Los resultados analíticos demuestran la viabilidad de elaborar modelos matemáticos para estimar dimensiones longitudinales o transversales a partir de pequeños fragmentos del húmero. Sin embargo, sólo el 71% de los coeficientes de correlación son estadísticamente significativos, por lo que no todas las variables resultan útiles para estimar las dimensiones de un resto óseo incompleto. A nivel epifisario la región distal parece ser la más productiva, participando en dieciséis ecuaciones, mientras que la proximal solo lo hace en once. A nivel diafisario, el perímetro mínimo y los diámetros a nivel de la V deltoidea intervienen en catorce funciones matemáticas. El análisis realizado indica un comportamiento desigual al evaluar el problema considerando el sexo ya que la serie femenina presenta mayor número de coeficientes de correlación

estadísticamente significativos (87%) mientras que en los varones solo lo hacen poco más de la mitad (56%).

Palabras clave: Dimensiones corporales, Húmero, Covarianza, Regresión lineal

Title: Prediction of longitudinal and transverse dimensions of the humerus from univariate numerical models

INTRODUCCIÓN

La labor profesional de paleoantropólogos y forenses suele verse condicionada por el estado de preservación del material esquelético recuperado durante las intervenciones arqueológicas o policiales. Desgraciadamente, algunas actividades delicativas y numerosos procesos postdeposicionales provocan que las evidencias anatómicas que llegan al laboratorio se encuentren con frecuencia fragmentadas o incompletas. Como es lógico, no todos los huesos se ven afectados del mismo modo, con la misma intensidad o con la misma frecuencia. En la actualidad contamos con datos objetivos que demuestran mejor preservación en los huesos de las extremidades inferiores, de forma especial a nivel diafisario, aunque este hecho no solo pueda explicarse en relación al espesor de las corticales (Barrio y Trancho, 2008). La conservación diferencial de ciertas regiones anatómicas, obliga a aceptar que los problemas analíticos o técnicos serán siempre mayores cuando se desee valorar dimensiones epifisarias ya que estas son las áreas que menos persisten en buen estado.

Probablemente dichas limitaciones hacen que con frecuencia los restos mal preservados, incompletos o muy fragmentados, sean simplemente detectados, anotados en las fichas de registro y posteriormente ignorados; asumiendo de ese modo la dificultad que supone recuperar información relevante a partir de los mismos (Mohanty *et al.*, 2012; Mahakkanukrauh *et al.*, 2011; Prasannakumar *et al.*, 2010; Salles *et al.*, 2009; Bidmos, 2009, 2008; Ryan y Bidmos, 2006). Nosotros creemos, sin embargo, que la obtención de dimensiones cuantitativas en esos fragmentos óseos puede ser de utilidad para estimar la morfología antropométrica de los huesos largos, facilitando así el análisis aplicado incluso con material incompleto.

No hemos sido los primeros en razonar de ese modo, la revisión bibliográfica demuestra que otros investigadores plantearon la utilidad de desarrollar funciones matemáticas para estimar la longitud de los huesos largos y deducir así variables relacionadas con el tamaño corporal como es el caso de la estatura. Las primeras ecuaciones las proporcionó Müller en 1935, estimando la longitud total de húmero, radio y tibia en la colección esquelética Österreiches Beinhaus, procedente de Zellendorf. En 1969, Steele y McKern desarrollaron un modelo, para población caucasoide y afroamericana del NE de Arkansas, a partir de fragmentos de fémur, tibia

y húmero. Posteriormente, Steele (1970) generó ecuaciones separando cada una de las series por sexos, creando así regresiones distintas para cada hueso. Propuso también que las proporciones óseas pueden variar entre poblaciones, lo que sin duda puede afectar de forma significativa a los resultados obtenidos y obliga a obtener ecuaciones específicas para cada serie analítica problema (Mohanty *et al.*, 2012; Wright y Vásquez, 2003).

En la actualidad, la elaboración de funciones lineales para predecir la estatura a partir de fragmentos longitudinales de huesos largos no se limita a los huesos o series analizados por Steel en 1970 (Chandran *et al.*, 2012), se cuenta también con ecuaciones basadas en restos óseos del cúbito y radio. Algunos autores (Auerbach y Raxter, 2007; Holla *et al.*, 1996; Prasad *et al.*, 1996; Selvaraj *et al.*, 1988; Rao *et al.*, 1989) proponen además la utilización de dimensiones transversales o de perímetros con el objetivo de reconstruir así la longitud total o interpretar aspectos de interés medicoforense o bioarqueológico como pudiera ser el uso diferencial de los brazos o la determinación sexual del individuo (Trancho *et al.*, 2012; Barrier y L'Abbe, 2008; Trancho *et al.*, 2000; López-Bueis, 2000; Trancho *et al.*, 1997).

De manera similar, la interpretación de vestigios arqueológicos, como los procedentes de cremaciones, obliga forzosamente al análisis del restos fragmentados como elementos básicos en la interpretación del hallazgo funerario, útiles tanto por la información que puedan aportar, (sexo, edad, patologías, etc...), como por los datos referentes a la posible estratificación social del individuo en base al tratamiento funerario recibido (deposición en urna en solitario o urna compartida, tiempo de exposición al fuego en la pira, paleodieta, etc.) aún a pesar de que el fuego provoca cambios significativos, reducciones de hasta el 16%, en las dimensiones de ciertos huesos (Trancho, 2010).

Durante los últimos años y ante dicha situación, nuestro equipo ha centrado su interés en el análisis de la relación morfológica entre distintas áreas anatómicas de los huesos largos, evaluando el grado de correlación de variables epifisarias y diafisarias, ya sean longitudinales o transversales, a fin de establecer criterios numéricos objetivos que permitan la reconstrucción de las dimensiones esqueléticas de dicho tipo de estructuras cuando están incompletas. De ese modo hemos aportado hasta el momento funciones útiles para cúbito, radio y tibia (Pérez-Castillo, 2012; Macías, 2013) a las que debe añadirse las propuestas ahora para el húmero. La aplicación de estos métodos tiene, en nuestra opinión, una utilidad práctica esencial en campos científicos tan diversos como la Antropología Física, Arqueología, Medicina Forense y Traumatología, especialmente en el terreno de la adaptación de prótesis para las extremidades.

Continuando con esa idea presentamos aquí un estudio centrado en el análisis de las dimensiones antropométricas del húmero a fin de aportar criterios cuantitativos

sobre la relación morfológica entre distintas dimensiones longitudinales y transversales en dicho hueso. Nuestro objetivo es determinar el grado de covarianza para seleccionar aquellas variables que permitan elaborar ecuaciones lineales fiables y proponer las primeras funciones matemáticas para población española que permitan estimar, en caso de material fragmentario, el tamaño longitudinal del hueso y las dimensiones epifisarias y diafisarias que faciliten la reconstrucción de cualquier estructura anatómica incompleta. Puesto que nuestro interés consiste en poder utilizar dichas funciones sobre material mal preservado, las ecuaciones obtenidas estarán formadas por tan solo una variable, ya que de ese modo aumentará su potencial aplicabilidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente trabajo se analizaron un total de doscientos veintiséis húmeros pertenecientes a una serie española contemporánea de filiación conocida depositada en la UCM. La colección osteológica está formada por restos esqueléticos de personas nacidas a finales del siglo XIX o principios del XX y fechas de defunción en los años 70. Para este estudio se seleccionaron 113 húmeros de cada lado, 126 femeninos y 100 masculinos, pertenecientes a ciento diecinueve individuos adultos, mayores de veinte años, en los que no se observó ninguna patología que pudiera condicionar los resultados analíticos. Se cuantificaron diez variables morfológicas (Figura 1), siete de ellas diafisarias (dos longitudinales) y tres epifisarias mediante un calibre SYLVAC con precisión 0.01 mm, cinta milimetrada y tabla osteológica. Cada dimensión fue evaluada en tres ocasiones por el mismo observador (GJT) generando un total de 5826 medidas que fueron procesadas mediante SPSS v. 22 para Mac.

Se calculó el promedio de las tres estimas, para reducir el error intraobservador, y se procedió a valorar mediante ANOVA la existencia de asimetría y dimorfismo sexual teniendo en cuenta la lateralidad. Se obtuvo el Índice de Dimorfismo Sexual (IDS) como la relación $(100 * Mm/Mf)$, siendo Mm el promedio de la serie masculina y Mf el promedio de la serie femenina (Trancho et al., 1997), el grado de covarianza y los coeficientes de correlación para cada sexo. De las doscientas correlaciones teóricas se eliminaron veinte correspondientes a la interrelación entre cada variable consigo misma, es decir se descartaron los valores iguales a uno que aparecen en la diagonal de las matrices de correlación. De ese modo el modelo inicial se redujo a un total de ciento ochenta correlaciones, noventa para cada uno de los sexos. De ellas, a fin de no complicar en exceso el análisis para obtener ecuaciones lineales, se seleccionaron tan solo aquellas cuyo coeficiente de correlación fuese significativo y con un valor de r superior o igual a 0.60. Dichas funciones son las que se describirán en estas páginas a las que se añadieron aquellas que permitían obtener la longitud máxima a partir de epífisis o diáfisis aunque el valor de r fuese inferior al límite indicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo inicial de nuestra investigación fue estimar si existían diferencias en el desarrollo morfológico del húmero considerando su lateralidad. Los resultados obtenidos en varones y mujeres demuestran que en promedio no existen diferencias significativas para ninguna de las variables analizadas (Tabla 1 y Tabla 2). Esta ausencia de asimetría pudiera estar relacionada con una utilización similar de ambos brazos durante las actividades ocupacionales (Charisi et al., 2011) o ser consecuencia de que la variabilidad poblacional detectada es mayor que la variabilidad individual, causa que creemos mucho más probable. Lo interesante de este resultado es que no se hace necesario analizar separadamente húmeros del lado derecho e izquierdo, reduciendo significativamente la complejidad del diseño experimental.

El análisis del dimorfismo sexual demostró que existen diferencias altamente significativas. El índice IDS obtenido indica que, en promedio, los varones presentan dimensiones morfológicas que superan al menos en un 11% a las de las mujeres, con diferencias que varían entre el 11.4 y el 21.4% en el húmero derecho (Tabla 3) o entre el 11.8 y el 20.8% en el izquierdo (Tabla 4). El perímetro mínimo aparece como la variable más dimórfica en ambos lados, mientras que el menor IDS corresponde, como era de esperar, a las variables longitudinales, es decir, la longitud máxima y longitud fisiológica. Cuando se comparan los resultados de ambas epífisis, se demuestra que el diámetro anteroposterior de la cabeza presenta mayor IDS que la anchura de la epífisis distal.

En estudio de las diferencias sexuales continuó mediante la utilización de un análisis de componentes principales (ACP), como procedimiento factorial exploratorio, a fin de valorar la variabilidad morfológica de ambos sexos y establecer la región anatómica que explicase mejor las distancias observadas entre las dos series óseas analizadas. El ACP es un método estadístico multifactorial, basado en la correlación de variables, que permite representar en el espacio vectorial tanto a éstas como a los individuos que componen la muestra. El procedimiento factorial permite discernir las razones de la posición vectorial relativa de los individuos al valorar la influencia de cada variable. El ACP empleado (Figura 2), basado en el método de rotación Varimax y normalización Kaiser, explica el 93.3% de la varianza morfológica detectada. Las diez variables cuantitativas utilizadas ocupan posiciones espaciales definidas mediante las coordenadas de la matriz de componentes, agrupándose en tres factores distintos (Figura 2) definidos por variables diafisarias (Factor 1: 43.6% de la varianza), epifisarias (Factor 2: 24.9%) y longitudinales (Factor 3: 24.7%). De lo anterior puede deducirse que son las variables diafisarias, las que permiten segregar con mayor facilidad ambos sexos, al explicar casi el 44% de la variabilidad presente en la muestra analizada.

Para determinar qué variables permiten estimar con mayor fiabilidad las dimensiones anatómicas no preservadas procedimos a obtener una matriz de correlación para cada sexo (Tabla 5 y Tabla 6). Teóricamente, desde el punto de vista estadístico, resultan de utilidad todas las ecuaciones lineales basadas en coeficientes de correlación estadísticamente significativos. Sin embargo, es evidente que la diferencia entre el valor observado y el valor de predicción aumenta según disminuye el valor de r , lo que supone disponer de residuales cada vez mayores, y por tanto, de ecuaciones menos fiables. Nuestro protocolo analítico permitió obtener un total de ciento ochenta correlaciones, noventa para cada sexo, tal y como se explicó en el apartado de Material y Métodos. La serie masculina presentó un 56% de correlaciones significativas (50/90) aunque el porcentaje era mucho más alto en la femenina, al alcanzar el 87% (78/90). Obviamente, las diferencias obtenidas son consecuencia del distinto grado de distribución de las muestras en uno y otro sexo, de modo que la dispersión de la nube de puntos que permite estimar la covarianza es por lo general más amplia en la serie masculina analizada, lo que genera un menor número de coeficientes de correlación significativos.

A pesar de todo, elaborar y comparar ciento veintiocho ecuaciones es un trabajo que queda fuera del interés de estas líneas dado el elevado número de posibilidades combinatorias. Consideramos de mayor utilidad mostrar tan solo aquellas funciones basadas en coeficientes de correlación con un valor de $r \geq 0.60$. La elección de dicho límite fue absolutamente arbitraria y desde un punto de vista técnico podría haberse utilizado cualquier otro. Lo que se pretendía era reducir el número de ecuaciones de forma que al menos pudiera abordarse, dada la concisa extensión de estas páginas, un breve análisis crítico y su interpretación biológica. Metodológicamente se planteó una excepción, la estimación de la longitud máxima, magnitud que posteriormente permite evaluar la estatura del individuo. En ese caso, se consideró adecuado construir ecuaciones lineales basadas en coeficientes de correlación estadísticamente significativos, aún con valores por debajo del límite fijado en 0.60, lo que permitió obtener tres ecuaciones más, dos para la serie masculina y una para la femenina.

El análisis de los resultados obtenidos en el húmero permitió definir un total de veintiuna funciones (13 en los varones y 8 en las mujeres) con coeficientes de correlación que varían entre 0.99 y 0.60 (Tabla 7 y 8). Nuestras observaciones indican que cuando se preserva la región diafisaria se puede elaborar un mayor número de ecuaciones lineales sea cual sea el sexo del individuo. En la serie masculina, la variable que interviene en un mayor número de funciones, cinco, es el perímetro mínimo (PERMIN) (Funciones 3, 4, 5, 11 y 12) (Tabla 7). A continuación, con cuatro, aparecen el diámetro mínimo en la mitad (DMINMIT) (Funciones 2, 4, 8 y 13) y el diámetro máximo en la V deltoidea (DMAXVDEL) (Funciones 3, 7, 8 y 9); con tres, el diámetro mínimo en la V (DMINVDEL) (Funciones 2, 5 y 9) y la

anchura de la epífisis distal (ANCHEPD) (Funciones 6, 12 y 13); con dos, el diámetro máximo en la mitad (DMAXMIT) (Funciones 7 y 11) y el diámetro vertical de la cabeza (DVERCAB) (Funciones 6 y 10). Finalmente, interviniendo tan solo en una, detectamos al diámetro anteroposterior de la cabeza (DAPCAB) (Función 10), la longitud máxima (LONGMAX) (Función 1) y la longitud fisiológica (LONGFIS) (Función 1).

En la serie femenina el número de correlaciones con coeficiente $r \geq 0.60$ es más reducido, tan solo se han detectado 8 (Tabla 6). Como sucediese en los varones, el perímetro mínimo es la que participa en un mayor número de ecuaciones (cuatro) (Funciones 4, 5, 6 y 7) (Tabla 8); con dos encontramos a los diámetros en la mitad (DMAXMIT) (Funciones 3 y 4) y (DMINMIT) (Funciones 2 y 7) o en la V deltoidea (DMAXVDEL) (Funciones 3 y 5) y (DMINVDEL) (Funciones 2 y 6), y finalmente, las epífisis solo se ven representadas por una sola ecuación que correlaciona entre sí a ambos diámetros de la cabeza (DVERCAB y DAPCAB) (Función 8).

El modelo numérico para $r \geq 0.60$ muestra una clara coincidencia con los resultados obtenidos previamente en la diáfisis, especialmente, en lo que respecta a la contribución del perímetro mínimo en cúbito, radio y tibia (Pérez-Castillo, 2012; Macías, 2013). Esta es sin duda la variable de mayor utilidad al participar en un mayor número de ecuaciones lineales del segmento del brazo que representa el húmero, en el 43% (9/21). Además, es evidente que toda medida en la mitad del hueso presenta un grave inconveniente desde el punto de vista aplicado; para lograr obtener ese tipo de dimensiones es necesario contar con restos óseos casi en perfecto estado de preservación. Resulta obvio que si el hueso aparece incompleto, o carece de alguna de sus epífisis, las ecuaciones basadas en esas variables no podrían ser utilizadas directamente al resultar imposible determinar la posición correspondiente a la mitad de la longitud máxima. Por ese motivo, en nuestra opinión, tras el perímetro mínimo resultan de mayor utilidad práctica las dimensiones diafisarias que se obtienen a nivel de la V deltoidea. Dada su posición anatómica, los diámetros en la V se pueden estimar muy fácilmente debido el desarrollo diferencial de la diáfisis en la zona de inserción del deltoides. De manera similar, el perímetro mínimo es muy fácil de cuantificar, incluso cuando se preserva incompleto el tercio distal del hueso.

Respecto a la estima de la longitud máxima, datos experimentales (Robledo, 1998) sugieren que arqueológicamente es mucho más probable valorar la longitud fisiológica debido a que se preserva con mayor frecuencia. Si además destacamos que el coeficiente de correlación entre estas variables es 0.99 en ambos sexos, parece lógico que ocupen siempre la posición correspondiente a la Función 1 (Tabla 7 y 8), es decir, sería la variable longitudinal más útil para establecer de manera fiable la dimensión total del hueso y deducir, posteriormente, la talla del individuo. De no preservarse ¿qué otra región anatómica sería conveniente utilizar?. Los re-

sultados obtenidos indican que la estima en la serie masculina debería basarse especialmente en las dimensiones epifisarias (ANCHEPD y DVERCAB), aunque presenten coeficientes de correlación por debajo de 0.60. En la serie femenina la variable más ventajosa sería el perímetro mínimo (PERMIN), con coeficientes de correlación también significativos, pero tan solo 0.24, muy lejos del límite propuesto en este trabajo y por tanto, con intervalos de error en las estimas seguramente mayores. Resultados similares a los expuestos en estas líneas se han publicado para el húmero de la serie indú de Bhopal (Badkur y Nath, 1989).

Dicho patrón se repite en ecuaciones basadas en distintas áreas de la diáfisis. Por lo general, las dimensiones diafisarias permiten estimar con cierta facilidad otras variables diafisarias. Así el 69.2% (9/13) de las funciones de la serie masculina permiten reconstruir la diáfisis, mientras que en las mujeres la cifra alcanza incluso un porcentaje mayor, el 87.5% (7/8). En los varones, solo dos ecuaciones relacionan epífisis distal con la diáfisis (Funciones 12 y 13), una más relaciona epífisis distal y proximal (Función 6) y otra concierne a ambas variables de la cabeza del húmero (Función 10). Esto significa que incluso entre las epífisis del húmero se detecta una marcada relación morfológica, de modo que, en caso de preservarse alguna de ellas, sería posible estimar el tamaño de la que no aparece en el registro arqueológico. Creemos que estos resultados confirman la hipótesis de Ruff (1987 y 2006), referida a la extremidad inferior, en la que propone que las dimensiones epifisarias están relacionadas entre sí y con el soporte de peso o con el tamaño corporal, mientras que las diafisarias dependen del patrón de actividad física.

En resumen, los resultados obtenidos demuestran la viabilidad de elaborar modelos matemáticos para estimar dimensiones longitudinales o transversales a partir de pequeños fragmentos del húmero. El análisis de covarianza, valorado a través de las matrices de correlación, demostró la relación existente entre variables y por tanto, la utilidad de dicho método. Sin embargo, aunque el 71% de los coeficientes de correlación son estadísticamente significativos, sólo el 23% presentan un $r \geq 0.60$, por lo que no todas las variables resultan igualmente eficaces para estimar las dimensiones de un resto óseo incompleto. Como es lógico y señala la bibliografía (Steel, 1970; Steel y McKern, 1969), los coeficientes más altos aparecen entre la longitud máxima y las porciones longitudinales, en parte por ser segmentos de la misma medida, destacando aquí la longitud fisiológica del húmero. Mientras, a nivel diafisario, los resultados obtenidos sugieren que el perímetro mínimo es una variable especialmente útil, seguida por los diámetros en la V deltoidea por los motivos ya expuestos. A nivel epifisario sería preferible contar con la epífisis distal ya que su anchura covaría significativamente tanto con variables diafisarias, perímetro mínimo y diámetro en la mitad, como de la epífisis superior, el diámetro vertical de la cabeza.

Por último, señalar que la aplicabilidad técnica óptima precisa de la construcción de modelos matemáticos específicos para cada población porque el rango de variación de las distintas partes del esqueleto podría cambiar de unas a otras en función de diferencias genéticas, factores ambientales, socioeconómicos, nutricionales, etc. (Duyar y Pelin, 2010). Consideramos que lo más razonable sería obtener ecuaciones a partir de restos óseos bien preservados, para aplicarlas posteriormente en muestras fragmentadas, incompletas o mal preservadas del mismo yacimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Auerbach B.M. y Raxter M.H. (2008) Patterns of clavicular bilateral asymmetry in relation to the humerus: Variation among humans. *J. Hum. Evol.* 54(5): 663-674.
- Badkur P. y Nath S. (1989) Estimation of bone length and stature using fragmentary measures of humerus bone. *Indian J. Forensic Sci.* 3: 23-35.
- Barrio P. y Tranco G.J. (2008) Estudio prospectivo: preservación ósea de la población hispano-musulmana de San Nicolás (Ávila). En: Genes, ambiente y enfermedades en poblaciones humanas: 85-100. Ed. Universidad de Zaragoza, *Prensas Universitarias de Zaragoza*.
- Barrier, I., L'Abbe, E. (2008). Sex determination from the bones of the forearm in a modern South African sample. *Forensic Sci Int.* 179: 85.e1-85.e7
- Bidmos M.A. (2009) Fragmentary femora: Evaluation of the accuracy of the direct and indirect methods in stature reconstruction. *Forensic Sci. Int.* 192(1-3): 131.e1-131.e5.
- Chandran M. y Kumar V. (2012) Reconstruction of femur length from its fragments in South indian males. *J. Forensic Legal Med.* 19:132-136.
- Duyar I. y Pelin C. (2010) Estimating body height from ulna length: need of a population-specific formula. *Euroasian J. Anthropol.* 1(1): 11-17.
- Holla S.J., Vettivel S. y Chandi G. (1996) Bony markers at the distal end of the radius for estimating handedness and radial length. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger* 178(2): 191-195.
- López-Bueis I. (1998) Indicadores de presión ambiental y dimorfismo sexual en los huesos largos de una población española. Tesis Doctoral. *Universidad Complutense de Madrid*.
- López-Bueis I., Robledo B., Del Rio P. y Tranco G.J. (2000) Identificación sexual del cúbito mediante funciones discriminantes. En: Tendencias actuales de Investigación en la Antropología Física Española. 173-178. *Universidad de León*.
- Macías R. (2013) Estima de las dimensiones longitudinales y transversales de la tibia a partir de variables diafisarias y epifisarias. Trabajo Fin de Máster. *Universidad Complutense* (Inédito).

- Mahakkanukrauh P., Khanpetch P., Prasitwattanseree S., Vichairat K. y Troy Case D. (2011) Stature estimation from long bone lengths in a thai population. *Forensic Sci. Int.* 210 (1): 279. e1-279. e7.
- Mohanty S., Sahu G. y Das S. (2012) Estimation of length of humerus from its fragmentary portions. *J. Forensic Legal Med.* (30): 1-5.
- Müller G. (1935) Zur bestimmung der länge beschädigter extremitätenknochen. *Anthropologischer Anzeiger* 12(1): 70-72.
- Pérez-Castillo I.A. (2012) Estima de las dimensiones longitudinales y transversales de los huesos del antebrazo a partir de variables diafisarias y epifisarias. Trabajo Fin de Máster. *Universidad Complutense* (Inédito).
- Prasad R., Vettivel S., Jeyaseelan L., Isaac B. y Chandi G. (1996) Reconstruction of femur length from markers of its proximal end. *Clinical Anat.* 9(1): 28-33.
- Prasannakumar S., Selvaraj G., Rabi S. y Holla JS. (2012) Estimation of length of the ulna from the bony markers of the proximal end in south Indian population. *European J. of Anat.* 14(2): 67-73.
- Rao K., Gupta G. y Sehgal V. (1989). Determination of length of human upper limb long bones from their fragments. *Forensic Sci. Int.* 41(3): 219-223.
- Robledo B. (1998) Dieta, indicadores de salud y caracterización morfobiológica de la población medieval musulmana de Xarea (Vélez Rubio, Almería). Tesis doctoral. *Universidad Complutense de Madrid*.
- Ruff C.B. (1987) Sexual dimorphism in human lower limb bone structure: relationship to subsistence strategy and sexual division of labor. *J. Hum. Evol.* 16: 391-416.
- Ruff C.B. (2006) Environmental influences on skeletal morphology. En: Ubelaker, DH. (Ed.): *Handbook of North American Indians: Environment, Origins and Population.* 685-694. *Smithsonian Institution, Washington DC*.
- Ryan I. y Bidmos M. (2007) Skeletal height reconstruction from measurements of the skull in indigenous south africans. *Forensic Sci. Int.* 167(1): 16-21.
- Salles A., Carvalho C., Silva D. y Santana L. (2009) Reconstruction of humeral length from measurements of its proximal and distal fragments. *Braz J. Morphol. Sci.* 26: 55-61.
- Selvaraj K., Selvakumar V., Indrasingh I. y Chandi G. (1998). Handedness identification from intertubercular sulcus of the humerus by discriminant function analysis. *Forensic Sci. Int.* 98(1): 101-108.
- Steele DG. (1970) Estimation of stature from fragments of long limb bones. Personal Identification in Mass Disasters. 85-97. *Smithsonian Institution, Washington, DC*.
- Steele DG. y McKern TW. (1969) A method for assessment of maximum long bone length and living stature from fragmentary long bones. *Am. J. Phys. Anthropol.* 31(2): 215-227.
- Trancho G.J. (2010) Análisis antropológico de las necrópolis de cremación. *Rev. Esp. Antrop. Fís.* 31: 205-232

- Trancho G.J., Robledo B., Sánchez J. (1997) Sexual determination of the femur using discriminant functions. Analysis of a Spanish population of known sex and age. *J. Forensic Sci.* 42 (2): 181-185.
- Trancho G.J., Robledo B. y Sánchez J. (2000) Diagnóstico sexual del radio mediante funciones discriminantes. En: Tendencias actuales de Investigación en la Antropología Física Española. 165-172. *Universidad de León*.
- Trancho G.J., Robledo B. y Sánchez JA. (2012) Dimorfismo sexual del húmero en una población española de sexo y edad conocidos. En: Diversidad Humana y Evolución. 364-369. Ed. Turbón D., Fañanás L., Rissech C. y Rosa A.
- Wright LE. y Vásquez MA. (2003) Estimating the length of incomplete long bones: Forensic standards from Guatemala. *Am. J. Phys. Anthropol.* 120(3): 233-251.

Figura 1
 Disposición anatómica de las variables analizadas (López-Bueis, 1998)

- 1 Long. máxima
- 2 Long. fisiológica
- 3 Diám. máx. mitad
- 4 Diám. mín. mitad
- 5 Diám. máx. V deltoidea
- 6 Diám. mín. V deltoidea
- 7 Perímetro mínimo
- 8 Diám. vertical cabeza
- 9 Diám. AP cabeza
- 10 Anch. epífisis distal

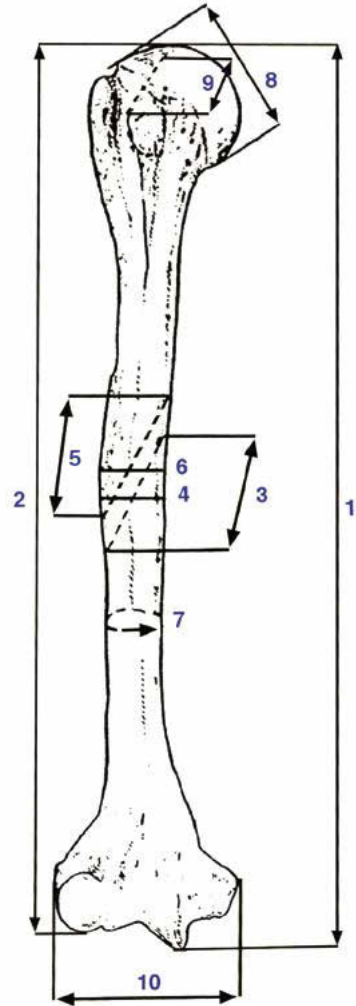


Tabla 1
Análisis de la lateralidad en la serie masculina

Lateralidad Serie Masculina	Lado Derecho		Lado Izquierdo		Sig.
	n	m ± ds	n	m ± ds	
Variable					
Long. Máxima	44	318.09 ± 15.6	42	318.36 ± 16.8	ns
Long. Fisiológica	44	312.79 ± 15.3	42	313.05 ± 16.5	ns
Diám. Máx. Mitad	47	23.60 ± 1.7	45	23.13 ± 1.7	ns
Diám. Mín. Mitad	47	18.68 ± 1.3	45	18.16 ± 1.4	ns
Diám. Máx. V deltoidea	47	23.61 ± 1.6	45	23.19 ± 1.5	ns
Diám. Mín. V deltoidea	47	18.82 ± 1.4	45	18.26 ± 1.5	ns
Perímetro Mínimo	47	64.70 ± 3.3	45	63.81 ± 3.3	ns
Diám. Vertical Cabeza	43	47.37 ± 2.3	43	46.72 ± 2.6	ns
Diám. AP Cabeza	43	43.96 ± 1.9	43	43.39 ± 2.1	ns
Anch. Epífisis Distal	37	62.19 ± 3.6	33	61.97 ± 4.1	ns

Tabla 2
Análisis de la lateralidad en la serie femenina

Lateralidad Serie Femenina	Lado Derecho		Lado Izquierdo		Sig.
	n	m ± ds	n	m ± ds	
Variable					
Long. Máxima	54	286.48 ± 14.0	55	284.47 ± 12.4	ns
Long. Fisiológica	54	281.89 ± 13.4	55	279.98 ± 11.9	ns
Diám. Máx. Mitad	59	20.07 ± 1.5	61	19.80 ± 1.4	ns
Diám. Mín. Mitad	59	15.68 ± 1.5	61	15.64 ± 1.4	ns
Diám. Máx. V deltoidea	59	19.83 ± 1.0	61	19.66 ± 0.9	ns
Diám. Mín. V deltoidea	59	15.87 ± 1.5	61	15.82 ± 1.5	ns
Perímetro Mínimo	59	53.29 ± 2.6	61	52.83 ± 2.5	ns
Diám. Vertical Cabeza	48	40.17 ± 2.0	52	39.94 ± 1.8	ns
Diám. AP Cabeza	38	36.61 ± 1.4	37	35.97 ± 1.4	ns
Anch. Epífisis Distal	38	53.58 ± 3.4	37	52.03 ± 3.5	ns

Tabla 3
Análisis del dimorfismo sexual del húmero derecho

Dimorfismo sexual Lado Derecho	Serie Masculina		Serie Femenina		IDS	
	n	m ± ds	n	m ± ds	100*(Mm/Mf)	Sig.
Long. Máxima	44	318.09 ± 15.6	54	286.48 ± 14.0	111.0	+++
Long. Fisiológica	44	312.79 ± 15.3	54	281.89 ± 13.4	111.0	+++
Diám. Máx. Mitad	47	23.60 ± 1.7	59	20.07 ± 1.5	117.6	+++
Diám. Mín. Mitad	47	18.68 ± 1.3	59	15.68 ± 1.5	119.1	+++
Diám. Máx. V deltoidea	47	23.61 ± 1.6	59	19.83 ± 1.0	119.1	+++
Diám. Mín. V deltoidea	47	18.82 ± 1.4	59	15.87 ± 1.5	118.6	+++
Perímetro Mínimo	47	64.70 ± 3.3	59	53.29 ± 2.6	121.4	+++
Diám. Vertical Cabeza	43	47.37 ± 2.3	48	40.17 ± 2.0	117.9	+++
Diám. AP Cabeza	43	43.93 ± 1.9	38	36.61 ± 1.4	119.9	+++
Anch. Epífisis Distal	37	62.19 ± 3.6	38	53.58 ± 3.4	116.1	+++

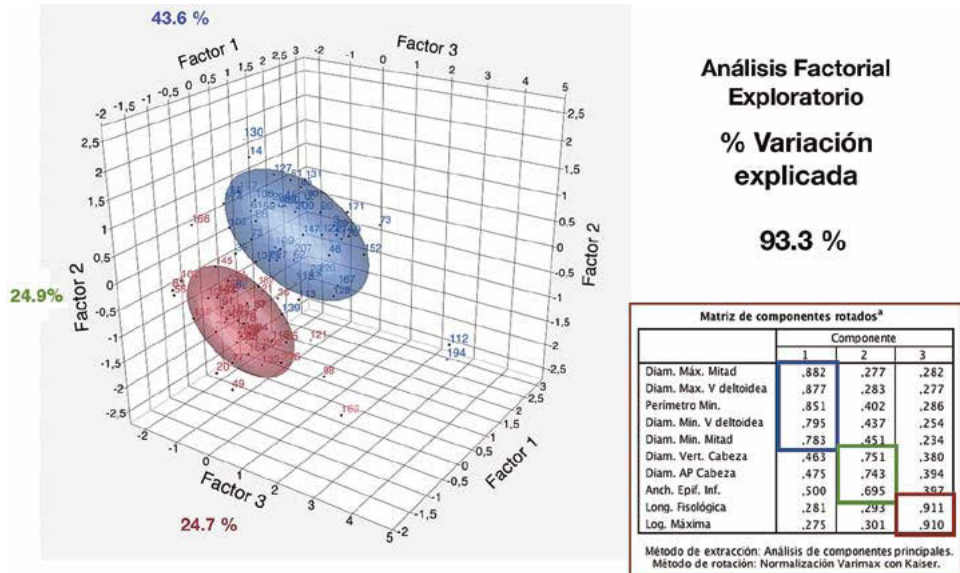
IDS = 100 * (Promedio Serie masculina / Promedio Serie Femenina).

Tabla 4
Análisis del dimorfismo sexual del húmero izquierdo

Dimorfismo sexual Lado Izquierdo	Serie Masculina		Serie Femenina		IDS	
	n	m ± ds	n	m ± ds	100*(Mm/Mf)	Sig.
Long. Máxima	42	318.36 ± 16.8	55	284.47 ± 12.4	111.9	+++
Long. Fisiológica	42	313.05 ± 16.5	55	279.98 ± 11.9	111.8	+++
Diám. Máx. Mitad	45	23.13 ± 1.7	61	19.80 ± 1.4	116.8	+++
Diám. Mín. Mitad	45	18.16 ± 1.4	61	15.64 ± 1.4	116.1	+++
Diám. Máx. V deltoidea	45	23.19 ± 1.5	61	19.66 ± 0.9	118.0	+++
Diám. Mín. V deltoidea	45	18.26 ± 1.5	61	15.82 ± 1.5	115.4	+++
Perímetro Mínimo	45	63.81 ± 3.3	61	52.83 ± 2.5	120.8	+++
Diám. Vertical Cabeza	43	46.72 ± 2.6	52	39.94 ± 1.8	117.0	+++
Diám. AP Cabeza	43	43.39 ± 2.1	37	35.97 ± 1.4	120.6	+++
Anch. Epífisis Distal	33	61.97 ± 4.1	37	52.03 ± 3.5	119.1	+++

IDS = 100 * (Promedio Serie masculina / Promedio Serie Femenina).

Figura 2
**Análisis de componentes principales (ACP) separando ambos sexos
 mediante nubes de puntos que contienen el 95 %
 de la distribución analizada**



El Factor 1 está definido por variables diafisarias.
 El Factor 2 por variables epifisarias.
 El Factor 3 contiene las variables longitudinales.
 Azul (Varones) – Rosa (Mujeres)

Tabla 5
Coefficientes de correlación significativos para las dimensiones del húmero.
Serie masculina

Húmeros Masculinos	Longmax	Dvercab	Dmaxmit	Dminmit	Anchepd	Dapcab	LongFis	Perimin	Dmax Vdel	Dmin Vdel
Longmax	1	0.52			0.58	0.53	0.99			
Dvercab		1			0.70	0.65	0.51			
Dmaxmit			1	0.48	0.39			0.63	0.68	0.50
Dminmit				1	0.60			0.84	0.68	0.95
Anchepd					1	0.58	0.59	0.62	0.49	0.54
Dapcab						1	0.44			
LongFis							1			
Perimin								1	0.87	0.83
Dmax Vdel									1	0.67
Dmin Vdel										1

Se han destacado los coeficientes con valor de $r \geq 0.60$.

Tabla 6
Coefficientes de correlación significativos para las dimensiones del húmero.
Serie femenina

Húmeros Femeninos	Longmax	Dvercab	Dmaxmit	Dminmit	Anchepd	Dapcab	LongFis	Perimin	Dmax Vdel	Dmin Vdel
Longmax	1		0.23	0.22			0.99	0.24	0.22	0.23
Dvercab		1	0.34	0.47	0.54	0.71		0.34	0.30	0.47
Dmaxmit			1	0.25	0.28	0.22	0.23	0.84	0.94	0.51
Dminmit				1	0.52	0.52	0.23	0.62	0.39	0.95
Anchepd					1	0.46		0.23	0.23	0.52
Dapcab						1		0.27	0.21	0.52
LongFis							1	0.24	0.23	0.23
Perimin								1	0.78	0.75
Dmax Vdel									1	0.56
Dmin Vdel										1

Se han destacado los coeficientes con valor de $r \geq 0.60$.

Tabla 7
Coefficientes de correlación y ecuaciones lineales para estimar dimensiones del húmero (Serie masculina)

	Variables en la función	r	Ecuación lineal
1	Long. Máx. - Long. Fisiológica	0.99	$LONGMAX = 1.019 * LONGFIS - 0.757 \pm 0.24$
2	Diám. Mín. Mitad - Diám. Mín. V deltoidea	0.95	$DMINMIT = 0.939 * DMINVDEL + 1.012 \pm 0.04$
3	Diám. Máx. V deltoidea - Perímetro Mínimo	0.87	$DMAXVDEL = 0.471 * PERIMIN - 6.855 \pm 0.06$
4	Diám. Mín. Mitad - Perímetro Mínimo	0.84	$DMINMIT = 0.189 * PERIMIN + 6.300 \pm 0.18$
5	Diám. Mín. V deltoidea - Perímetro Mínimo	0.83	$DMINVDEL = 0.201 * PERIMIN + 5.632 \pm 0.19$
6	Anch. Epif. distal - Diám. Vert. Cabeza	0.70	$ANCHEPD = 0.59 * DVERCAB + 34.372 \pm 0.59$
7	Diám. Máx. Mitad - Diám. Máx. V deltoidea	0.68	$DMAXMIT = 1.415 * DMAXVDEL - 9.629 \pm 0.13$
8	Diám. Mín. Mitad - Diám. Máx. V deltoidea	0.68	$DMINMIT = 0.401 * DMAXVDEL + 9.047 \pm 0.18$
9	Diám. Mín. V deltoi. - Diám. Máx. V deltoi.	0.67	$DMINVDEL = 0.427 * DMAXVDEL + 8.557 \pm 0.19$
10	Diám. AP Cabeza - Diám. Vert. Cabeza	0.65	$DAPCAB = 0.832 * DVERCAB + 4.519 \pm 0.23$
11	Diám. Máx. Mitad - Perímetro Mínimo	0.63	$DMAXMIT = 0.521 * PERIMIN - 10.103 \pm 0.14$
12	Anch. Epif. Distal - Perímetro Mínimo	0.62	$ANCHEPD = 0.279 * PERIMIN + 44.090 \pm 0.60$
13	Diám. Mín. Mitad - Anch. Epíf. Distal	0.60	$DMINMIT = 0.167 * ANCHEPD + 7.990 \pm 0.20$
14	<i>Long. Máx. - Anch. Epif. Distal</i>	0.58	<i>$LONGMAX = 2.511 * ANCHEPD + 162.353 \pm 2.21$</i>
15	<i>Long. Máx. - Diám. Vert. Cabeza</i>	0.52	<i>$LONGMAX = 3.047 * DVERCAB + 175.79 \pm 2.20$</i>

Se indica el intervalo de error de las estimas. En cursiva aparecen funciones que permiten estimar la longitud máxima con coeficientes de correlación significativos pero por debajo de 0.60

Tabla 8
Coefficientes de correlación y ecuaciones lineales para estimar dimensiones del húmero (Serie femenina)

	VARIABLES EN LA FUNCIÓN	r	ECUACIÓN LINEAL
1	Long. Máx. - Long. Fisiológica	0.99	$LONGMAX = 1.048 * LONGFIS - 9.004 \pm 0.21$
2	Diám. Mín. Mitad - Diám. Mín. V deltoidea	0.95	$DMINMIT = 0.948 * DMINVDEL + 0.640 \pm 0.04$
3	Diám. Máx. Mitad - Diám. Máx. V deltoidea	0.94	$DMAXMIT = 1.512 * DMAXVDEL - 9.917 \pm 0.13$
4	Diám. Máx. Mitad - Perímetro Mínimo	0.84	$DMAXMIT = 0.571 * PERIMIN - 10.385 \pm 0.13$
5	Diám. Máx. V deltoidea - Perímetro Mínimo	0.78	$DMAXVDEL = 0.378 * PERIMIN - 0.310 \pm 0.08$
6	Diám. Mín. V deltoidea - Perímetro Mínimo	0.75	$DMINVDEL = 0.153 * PERIMIN + 7.733 \pm 0.18$
7	Diám. Mín. Mitad - Perímetro Mínimo	0.74	$DMINMIT = 0.145 * PERIMIN + 7.969 \pm 0.17$
8	Diám. AP Cabeza - Diám. Vert. Cabeza	0.71	$DAPCAB = 0.380 * DVERCAB + 20.791 \pm 0.19$
9	<i>Long. Máx. - Perímetro Mínimo</i>	0.24	<i>$LONGMAX = 0.864 * PERIMIN + 240.925 \pm 2.04$</i>

Se indica el intervalo de error de las estimas. En cursiva aparecen funciones que permiten estimar la longitud máxima con coeficientes de correlación significativos pero por debajo de 0.60.

DIVERSIDAD GENÉTICA APLICADA

**ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DEL GEN DE LA COMT
Y SU ASOCIACIÓN CON RASGOS ESQUIZOTÍPICOS
Y SÍNTOMAS PSICÓTICOS EN POBLACIÓN SANA.**

**STUDY OF THE VARIABILITY OF THE COMT GENE
AND ITS ASSOCIATION WITH SCHIZOTYPY TRAITS
AND PSYCHOTIC SYMPTOMS IN HEALTHY POPULATION.**

**de Castro-Català, M.^{1,*}; Moreno-Fortuny, A.¹; Ros-Morente, A.³; Peña, E.¹; Burela,
P.A.¹; Kwapil, T.R.²; Barrantes-Vidal, N.^{2,3,4,5}; Rosa, A.^{1,4}**

¹Unitat d'Antropologia, Departament de Biologia Animal, Universitat de Barcelona

²University of North Carolina at Greensboro, United States

³Departament de Psicologia Clínica i de la Salut, Universitat Autònoma de Barcelona

⁴Instituto de Salud Carlos III, CIBERSAM

⁵Sant Pere Claver – Fundació Sanitària

*Marta de Castro i Català

Unitat d'Antropologia, Departament de Biologia Animal. Facultat de Biologia.

Universitat de Barcelona

Avinguda Diagonal 643

08028 Barcelona

martadcastrocatala@gmail.com

Resumen

El estudio de la vulnerabilidad para padecer esquizofrenia y su intervención temprana constituyen un área de gran impacto investigador y social. Los síntomas psicóticos característicos de esta enfermedad presentan una gradación expresada a lo largo de un *continuum* que abarca desde leves rasgos esquizotípicos (no patológicos) hasta el trastorno psicótico (patología). Diversos autores han sugerido que ambos podrían estar genéticamente relacionados, de forma que el uso de los rasgos esquizotípicos y de las experiencias psicóticas atenuadas como fenotipo podría incrementar el poder para detectar genes relacionados con la enfermedad.

El gen que codifica para la Catecol-O-metiltransferasa (COMT) ha sido ampliamente estudiado en esquizofrenia por su función en la regulación de la dopamina, pero los resultados obtenidos hasta el momento son contradictorios.

En el presente estudio se analizó la asociación entre el polimorfismo funcional Val158Met del gen de la COMT (rs4680) y las dimensiones positiva y negativa de los rasgos esquizotípicos y de las experiencias psicóticas atenuadas en una muestra de 547 jóvenes sanos de la población general.

Los análisis realizados mostraron una interacción significativa, mediada por el sexo, entre ser portador del alelo Val del gen COMT y la dimensión negativa de la esquizotípia ($F_{(1, 523)}=7.82$, $P=0.005$), así como tener experiencias psicóticas atenuadas negativas ($F_{(1, 521)}=7.06$, $P=0.008$). No se encontraron resultados significativos para la dimensión positiva de esquizotípia ni de las experiencias psicóticas.

Estos resultados son consistentes con estudios anteriores y apoyan la existencia de una diferenciación biológica en las dimensiones estudiadas, siguiendo la misma dirección que los resultados encontrados en esquizofrenia.

Palabras clave: Esquizofrenia, endofenotipo, esquizotípia, experiencias psicóticas atenuadas, variabilidad genética, COMT.

Abstract

The study of schizophrenia vulnerability and its early intervention is an area of high impact at both research and social levels. Psychotic symptoms, characteristic of this illness, are expressed across a continuum, from mild impairment (no pathologic) to psychosis. Several authors have suggested that exists a common genetic background between these non pathological traits and schizophrenia and, thus, the study of psychotic-like traits as a phenotype could be a more powerful approach to detect schizophrenia candidate genes.

The Catechol-O-methyltransferase gene (COMT) has been extensively studied in schizophrenia because its dopamine-regulation function, but the results obtained are contradictory and non conclusive.

In the present study we analyzed the association between the Val158Met functional polymorphism (rs4680) of the COMT gene and positive and negative dimensions of schizotypy and psychotic-like experiences in a sample of 547 healthy students from the general population.

The analyses showed a significant interaction between Val carriers, men and higher scores in the negative dimension of both schizotypy ($F_{(1, 523)}=7.73$, $P=0.006$) and psychotic-like experiences ($F_{(1, 521)}=6.84$, $P=0.009$). No significant results were observed for the positive dimensions of schizotypy or psychotic-like experiences.

Our results are consistent with previous studies and support the existence of a biological differentiation in the studied dimensions, in the same direction as the results found in schizophrenia.

Key words: Schizophrenia, endophenotype, schizotypy, psychotic-like experiences, genetic variability, COMT.

INTRODUCTION

Schizophrenia is a complex, severe and disabling brain disorder that affects up to 1% of the population worldwide (A.P.A. 2000). Family, twin and adoption studies provide evidence about the strong genetic component (G) of this illness, showing high heritability estimates ($h^2=80\%$) (Cardno & Gottesman 2000). Additionally, there are evidences pointing out that the lifetime risk of developing schizophrenia is related with percentage of genes shared with an affected person. The environment (E) has also been showed to play a significant role in the aetiology of this disorder: neurodevelopment alterations, stress, living in big cities, experience life events, among others, increase the vulnerability to develop this illness (van Os et al. 2010).

Studies attempting to identify schizophrenia susceptibility genes have focused on genes coding for proteins with a putative role on several neurobiological pathways that can be disrupted in schizophrenia. However, despite costly candidate gene association studies and recent genome-wide association studies (e.g. Stefansson et al. 2009), no genes have been identified definitively because i) the complex etiology of this illness, involving genes of minor effect in interaction with the environment (GxE) and ii) its clinical heterogeneity. To deal with this situation, contemporary research attention is directed toward the use of endophenotypes (Gottesman & Gould 2003). Endophenotypes are less complex and measurable phenotypes related with the disorder that are determined by less number of genes than the disease itself.

Candidate endophenotypes of schizophrenia with which the disorder, presumably, shares a degree of overlapping genetic liability, include structural and morphometric brain alterations, neurocognitive deficits and schizotypal personality traits or symptoms.

The phenotype of psychosis has traditionally been thought as a dichotomous entity (or categorical model), classifying subjects in two categories: healthy or ill. However, from an epidemiological point of view, evidence shows that psychosis exists in nature as a distribution of symptoms (Johns & van Os 2001). Thus, dimensional or continuum models, consider the existence of continuity between health and pathology. According to this dimensional perspective, schizophrenia represents the extreme manifestation of a continuum of cognitive, affective and behavioural features which constitutes an underlying vulnerability for schizophrenia (van Os & Kapur 2009). See Figure 1.

Schizotypy is a psychological concept that describes this continuum of personality characteristics and experiences found in healthy people, but increased in some psychiatric disorders such as schizophrenia (Fanous et al. 2001). Such personality

characteristics and experiences include magical ideation, superstition, cognitive disorganization, anhedonia and inhibition, among others.

Psychotic-like experiences (PLEs) are strange and unusual experiences found in healthy people, similar to the ones reported by psychotic people. Between 4-28% of people have had one of these experiences once in their life (Lataster et al. 2009).

According to several authors (e.g. Stefanis et al. 2007; Lenzenweger et al. 2007), schizotypy and PLEs are valid schizophrenia endophenotypes and the examination of schizotypy psychopathology enables researchers to study this liability for schizophrenia, including genetic, biological, social and contextual determinants, without confounds such as medication and institutionalization.

Both schizotypy and PLEs present a positive and a negative dimension, similar to positive and negative schizophrenia symptoms. Thus, several authors have said that exist a common genetic basis between them (Fanous et al. 2007).

One of the genes that has been studied in schizophrenia is the Catechol-O-methyltransferase gene (COMT), which encodes an enzyme involved in dopamine catabolism. Dopamine is a neurotransmitter that is released in the synaptic cleft and binds post-synaptic receptors, activating dopaminergic neurotransmission. The COMT enzyme, in the synaptic cleft, degrades dopamine, regulating the amount of neurotransmitter and, thus, the neurotransmission. This gene contains a functional polymorphism, the Val158Met polymorphism. In this genomic position there can be the G allele (guanine) or the A allele (adenine). This allelic change produces an aminoacid modification (Val to Met) that results in enzymatic differences: activity is three-to-fourfold lower with the Met allele than with the Val allele. Thus, individuals homozygotes GG (Val Val) will have a high activity enzyme, GA heterozygote individuals (Val Met) will have a intermediate activity enzyme and AA homozygote individuals (Met Met) will have the lower activity enzyme (see Figure 2). Studies analyzing this polymorphism in relation to schizophrenia suggest that carriers of the Val allele are more vulnerable to develop schizophrenia. However, there are contradictory results, including recent meta-analysis (Munafò et al. 2005).

Some authors have studied this polymorphism in relation to schizotypy, showing an important effect of the Val allele on schizotypy, concretely in the negative dimension (Avramopoulos et al. 2002; Stefanis et al. 2004).

Given all these evidences, the present study aimed to examine whether there is an association between the Val158Met functional polymorphism of the COMT and i) positive and negative dimensions of schizotypy and ii) positive and negative dimensions of psychotic-like experiences, assessed using valid instruments to measure these variables in the general population.

MATERIAL AND METHODS

Sample

The sample used in the present study consisted in 547 students from the Universitat Autònoma de Barcelona, comprising 91 men (16,63%) and 456 women (83,37%). All participants volunteered to take part in the study.

Psychometric assessment

All individuals completed a psychometric battery of self-administered questionnaires assessing schizotypy and psychotic-like experiences. These questionnaires included the Spanish versions of the Wisconsin Schizotypy Scales (WSS) and the Community Assessment of Psychic Experiences (CAPE) (Ros-Morente et al. 2010; Ros-Morente et al. 2011).

The WSS included a series of self-report, true-false schizotypy questionnaires that measure overall schizotypy. It includes four sub-scales: Perceptual Aberration (Chapman et al. 1978), Magical Ideation (Eckblad & Chapman 1983), Revised Social Anhedonia (Eckblad et al. 1982) and Physical Anhedonia (Chapman et al. 1976). Factorial analysis of these sub-scales, calculated in a previous published study (Kwapil et al. 2008), revealed two factors that account for 80% of the variance in the measures: positive and negative schizotypy (PosSZY and NegSZY, respectively). In our analyses we studied these two dimensions.

The CAPE measures the lifetime prevalence of psychotic-like experiences on a frequency scale ranging from «never» to «nearly always» (Stefanis et al. 2002). It consists in 40 items that evaluate three dimensions of symptoms: positive, negative and depressive. In the present study, we analysed the scores obtained in the positive and the negative dimensions (PosPLEs and NegPLEs, respectively).

Laboratory methods

For the genetic analyses, all individuals were requested to rub the inside of their cheeks with sterile cotton swabs to obtain a buccal sample. DNA was extracted using RealPure Genomic DNA Extraction Kit (Durviz S.L.U., Valencia, Spain) in the Laboratory of the Unitat d'Antropologia (Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona).

We genotyped the COMT Val158Met polymorphism, using the TaqMan technology (ABI PRISM 7900HT instrument, Applied Biosystems, Foster City, CA) in the Servei de genòmica of the Universitat de Barcelona (CCiT, <http://www.ccit>).

ub.edu), using standard conditions. The probe for genotyping the rs4860 was ordered through the TaqMan SNP genotyping Assays (ID: C_25746809_50) AB assay-on-demand service. The final volume was 5 μ l, which contained 5ng of genomic DNA, 2,5 μ l of TaqMan Master Mix and 0,125 μ l of 40x genotyping assay. SDS v.2.1 software (Applied Biosystems) was used for the genotype analysis of data.

Statistical analysis

Hardy Weinberg Equilibrium (HWE) for genotypic distribution was analysed using an on-line Chi-squared HWE test calculator for biallelic markers (<http://www.oege.org/software/hwe-mr-calc.shtml>) (Rodriguez et al. 2009).

All data were processed using SPSS 17.0 (SPSS for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). A series of Analysis of Variance (ANOVAs) were performed to examine associations between means of the psychometric variables (schizotypy and PLEs), sex and genotypes (Met/Met, Met/Val and Val/Val). We also used two-way ANOVA to examine the moderating effect of sex and Val158Met polymorphism on the dimensions of schizotypy and PLEs.

RESULTS

Of the 547 individuals, 544 agreed on providing a DNA sample; 546 individuals had valid scores for the positive dimension of schizotypy (PosSZY) and PLEs (PosPLEs) and for the negative dimension of schizotypy (NegSZY), and 543 for the negative dimension of PLEs (NegPLEs).

Mean scores and standard deviation of psychometric scales for all the participants as well as for the gender groups are shown in Table 1. Higher mean scores were observed in men for all the schizotypy scales except for the Perceptual Aberration scale (3.59 \pm 3.95 in males vs. 3.91 \pm 4.07 in females). When we checked for sexual differences between the two schizotypy dimensions, differences were only confirmed for the NegSZY ($t=5.18$, $df=544$, $p=0.000$) (Table 1). For the PLEs dimensions, although males had higher number of PLEs (positive and negative), these differences were not statistically significant (PosPLEs: $t=1.55$, $df=544$, $p=0.121$ and NegPLEs: $t=1.73$, $df=541$, $p=0.084$). See Table 1.

The two psychometric measures used in the present work are useful to study the non-clinical psychosis phenotype. The WSS assess schizotypic personality features (using trait-like measures) and the CAPE, psychotic-like experiences (using symptom-based measures), which means that they measure different aspects of the phenotype. We observed that the positive dimension of schizotypy

was highly correlated with the PosPLEs, meaning that both share some aspects of the phenotype. A similar trend was observed for the scores in the negative dimension. In this regard, the correlation between PosSZY and PosPLEs in the present study was $r=0.7$ ($p<0.000$) and between NegSZY and NegPLEs, $r=0.4$ ($p<0.000$).

All individuals were genotyped for the COMT Val158Met polymorphism. The genotyping call rate in the present study was 95.8% (see Table 1) in concordance with those described by Applied Biosystems Life Technologies (<http://products.appliedbiosystems.com>).

Genotype frequencies for the polymorphism analysed did not depart significantly from Hardy-Weinberg equilibrium (at a significance level of 0.05), supporting absence of genotyping artefacts (data not shown).

The frequencies obtained were compared with previously described values in European reference population (HapMap project, www.hapmap.org) without significant differences (Table 2).

In order to study the association between the variability of the COMT Val158Met polymorphism and the scores in the schizotypy dimensions (PosSZY and NegSZY) and psychotic-like experiences dimensions (PosPLEs and NegPLEs), one-way Analysis of Variance (ANOVA) was conducted. All the analyses were corrected for three possible confounding factors: sex, age and origin. The mean scores for the variables analysed in relation to the genotype are reported in Table 3. Although individuals carrying the Val allele (Val/Val and Val/Met) had higher scores in both dimensions, no statistical significant results were found ($p>0.05$).

Given several previous evidences for sex differences in the genetic basis of many psychiatric disorders and related phenotypes and recent lines of evidence that suggest sexual dimorphism in normal COMT function, we examined the interaction between sex and Val158Met genotype on the schizotypy and PLEs dimensions. To this aim, we performed a two-way ANOVA analysis (genotype*sex). Our results pointed out a significant sex-by-gene interaction for the NegSZY ($F_{(2,523)}=4.61$, $p=0.01$). No significant interaction was detected with PosSZY ($F_{(2,523)}=2.15$, $p=0.12$). Similar results were found for the Psychotic-Like Experiences. A significant interaction between COMT genotype and sex with regard the NegPLEs was detected ($F_{(2,521)}=3.67$, $p=0.03$), but not with the PosPLEs ($F_{(2,524)}=0.98$, $p=0.38$).

Further analyses grouping genotypes (i.e. Val carriers and Met/Met) revealed that these significant interactions mostly resulted from significant effects of the COMT Val allele on the negative dimensions of the studied traits in males, with a null or opposite effect (not significant) in females (see Figure 3). According to this results, males carrying Val alleles showed significantly higher scores for the nega-

tive dimension of both schizotypy and psychotic-like experiences (NegSZY: $F_{(1,523)}=7.82$, $p=0.005$ and NegPLEs: $F_{(1,521)}=7.06$, $p=0.008$). A similar pattern, but with a border-line signification, was observed for PosSZY ($F_{(1,523)}=4.23$, $p=0.04$).

DISCUSSION

The present study aimed to analyse the variability of the Val158Met polymorphism of the COMT gene, a candidate gene for schizophrenia, and to analyse its association with endophenotypes or intermediate phenotypes of the disease in a healthy sample of the general population. These phenotypes are supposed to be determined by less number of genes than the disease itself and have been proposed to facilitate the dissection of genetic components of psychosis-proneness. Specifically, our project has studied the association of the COMT Val158Met polymorphism with schizotypy and psychotic-like experiences.

Our association analyses have not showed significant results. However, several previous studies in relation to this polymorphism have reported higher schizotypy scores in subjects with the Val allele, specifically with the negative dimension, measured with the SPQ (Avramopoulos et al. 2002; Stefanis et al. 2004). Although posterior studies found similar results (Smyrnis et al. 2007; Schürhoff et al. 2007), there are also associations in the opposite direction (Ma et al. 2007).

The main finding of this study is that sex modulates the association between Val158Met and psychosis proneness phenotype, adding to the growing literature on sex-COMT interaction (i.e.: sex difference in the impact of COMT genotype on psychiatric phenotype and related phenotypes; see Harrison and Tunbridge 2008 for a list of studies). Sex is an important factor in neuroscience and psychiatry (Cahill 2006) because many parameters of brain function and structure vary between men and women (e.g. Goldstein et al. 2001). The psychiatric relevance of COMT arises primarily from its role in cortical dopamine metabolism, although with regard to the sex differences, its role seems to be related to the methylation of catechol estrogens (Kaminsky et al. 2006). In this regard, COMT genotype may modulate the role that estrogens play in brain function and dysfunction (Seeman 1997). Future studies are needed to establish the range and mechanisms of the COMT-sexual dimorphisms. Taken together our results and those of previous studies, it is imperative to include sex in research on gene-behaviour relations and to model gene-environment interactions.

Further studies replicating these results in schizophrenia endophenotypes are needed. Despite the fact that our sample size is one of the largest on genetics of psychosis proneness endophenotypes, a more representative sample of the general

population is needed given the small magnitude of the effect sizes. Effects genetic variants such as the Val158Met are likely to be small when seen in isolation; however, cumulatively they might have an important impact on the genetic background on those phenotypes.

The results presented in the present study should be interpreted in the light of some limitations. First, although the scales used are valid scales to measure psychosis proneness, the assessment is based on self-reported questionnaires, which is not a completely objective measurement. Secondly, given all the participants are university students from the first courses of Psychology, our sample might not be representative of the general population. Also, as we commented before, the interpretation of the modest significant association should be conservative. However, our primary aim was to target a variant of a gene that had already some direct support for involvement in the pathogenesis of schizophrenia. Therefore, the probability of significant associations was not negligible as in a hypothesis-free approximation in which Bonferroni correction is mandatory. Another point to consider is the different proportion of males and females of our sample (456 females and 91 males) and some parents without European origin. These aspects were taken into account correcting all the analyses for these possible confounding factors.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the collaboration of all the participants.

We also thank to the psychologists of the Universitat Autònoma de Barcelona, involved in the psychological assessment of the participants.

Support for this study came from the Spanish Ministry of Science and Innovation (Plan Nacional I+D+I PSI2008-04178 and PSI2011-30321-C02-02). A. Rosa is member of the 2009SGR827.

BIBLIOGRAPHY

- A.P.A. (2000) *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4th ed.). Washington DC: American Psychiatric Association.
- Avramopoulos D., Stefanis N.C., Hantoumi I., Smyrnis N., Evdokimidis I., & Stefanis C.N. (2002) Higher scores of self reported schizotypy in healthy young males carrying the COMT high activity allele. *Mol Psychiatry*, 7: 706–711.
- Cahill L. (2006). Why sex matters for neuroscience. *Nature Rev Neurosci*, 7(6): 477–84.
- Cardno A., & Gottesman I.I. (2000) Twin studies of schizophrenia: from bow-and-arrow concordances to star wars Mx and functional genomics. *Am J Med Genet*, 97(1): 12–7.

- Chapman L., Chapman J., & Raulin M. (1976) Scales for physical and social anhedonia. *J Abnorm Psychol*, 85(4): 374–82.
- Chapman L., Chapman J. & Raulin M. (1978) Body-image aberration in Schizophrenia. *J Abnorm Psychol*, 87(4): 399–407.
- Eckblad M., Chapman L., Chapman J. & Mishlove M. (1982) The Revised Social Anhedonia Scale. Unpublished test.
- Eckblad M., & Chapman L.J. (1983) Magical ideation as an indicator of schizotypy. *J Consult Clin Psychol*, 51(2): 215–25.
- Fanous A, Gardner C., Walsh D., & Kendler K.S. (2001) Relationship between positive and negative symptoms of schizophrenia and schizotypal symptoms in nonpsychotic relatives. *Arch Gen Psych*, 58(7): 669–73.
- Fanous A.H., Neale M.C., Gardner C.O., Webb B.T., Straub R.E., O’Neill F.A., Walsh D., Riley B.P. & Kendler, K.S. (2007) Significant correlation in linkage signals from genome-wide scans of schizophrenia and schizotypy. *Mol Psychiatry*, 12: 958–65.
- Goldstein J.M., Seidman L.J., Horton N.J., Makris N., Kennedy D.N., Caviness V.S., Faraone S.V., Tsuang, M.T. (2001) Normal sexual dimorphism of the adult human brain assessed by in vivo magnetic resonance imaging. *Cerebral cortex*, 11(6): 490–7.
- Gottesman I.I., & Gould T.D. (2003) The Endophenotype Concept in Psychiatry : Etymology and Strategic Intentions. *Am J Psychiatry*, 160(1): 636–645.
- Harrison P.J. & Tunbridge E.M. (2008) Catechol-O-methyltransferase (COMT): a gene contributing to sex differences in brain function, and to sexual dimorphism in the predisposition to psychiatric disorders. *Neuropsychopharmacology*, 33(13): 3037–45.
- Johns L.C. & van Os J. (2001) The continuity of psychotic experiences in the general population. *Clin Psychol Rev*, 21(8): 1125–1141.
- Kaminsky Z., Wang S.C. & Petronis A. (2006) Complex disease, gender and epigenetics. *Ann Med*, 38(8): 530–44.
- Kwapil T.R., Barrantes-Vidal N. & Silvia P.J. (2008) The dimensional structure of the Wisconsin Schizotypy Scales: factor identification and construct validity. *Schizophr Bull*, 34(3): 444–57.
- Lataster T., Myin-Germeys I., Derom C., Thiery E. & van Os, J. (2009) Evidence that self-reported psychotic experiences represent the transitory developmental expression of genetic liability to psychosis in the general population. *Am J Med Genet. Part B*, 150B(8): 1078–84.
- Lenzenweger M.F., Miller A.B., Maher B.A. & Manschreck T.C. (2007) Schizotypy and individual differences in the frequency of normal associations in verbal utterances. *Schizophr Res*, 95(1-3): 96–102.
- Ma X., Sun J., Yao J., Wang Q., Hu X., Deng W., Sun X., Liu X., Murray R.M., Collier D.A. & Li, T. (2007) A quantitative association study between schizotypal traits and

- COMT, PRODH and BDNF genes in a healthy Chinese population. *Psychiatry Res*, 153: 7–15.
- Munafò M.R., Bowes L., Clark T.G. & Flint J. (2005) Lack of association of the COMT (Val158/108 Met) gene and schizophrenia: a meta-analysis of case-control studies. *Mol Psychiatry*, 10(8): 765–70.
- Rodriguez S., Gaunt T.R. & Day I.N. (2009) Hardy-Weinberg Equilibrium Testing of Biological Ascertainment for Mendelian Randomization Studies. *Am J Epidemiol*, 169(4): 505–514.
- Ros-Morente A., Rodriguez-Hansen G., Vilagrà-Ruiz R., Kwapil T.R. & Barrantes-Vidal N. (2010) Adaptation of the wisconsin scales of psychosis proneness to Spanish. *Actas españolas de psiquiatría*, 38(1): 33–41.
- Ros-Morente A., Vilagrà-Ruiz R., Rodríguez-Hansen G., Wigman J. & Barrantes-Vidal N. (2011) Proceso de Adaptación al Castellano de la Escala de Evaluación Comunitaria de Experiencias Psíquicas (CAPE). *Actas Españolas de Psiquiatría*, 39(2): 95–105.
- Schürhoff F., Szöke A., Chevalier F., Roy I., Méary A., Bellivier F., Giros B. and Leboyer, M. (2007) Schizotypal dimensions: an intermediate phenotype associated with the COMT high activity allele. *Am J Med Genet. Part B*, 144B: 64–8.
- Seeman M.V. (1997) Psychopathology in women and men: focus on female hormones. *Am J Psychiatry*, 154(12): 1641–7.
- Smyrnis N., Avramopoulos D., Evdokimidis I., Stefanis C.N., Tsekou H. & Stefanis N.C. (2007) Effect of schizotypy on cognitive performance and its tuning by COMT val158 met genotype variations in a large population of young men. *Biol Psychiatry*, 61: 845–853.
- Stefanis N.C., Trikalinos T.A., Avramopoulos D., Smyrnis N., Evdokimidis I., Ntzani E.E., Ioannidis J.P. & Stefanis C.N. (2007) Impact of schizophrenia candidate genes on schizotypy and cognitive endophenotypes at the population level. *Biol Psychiatry*, 62(7): 784–92.
- Stefanis N.C., Van Os J., Avramopoulos D., Smyrnis N., Evdokimidis I., Hantoumi I. & Stefanis C.N. (2004) Variation in catechol-o-methyltransferase val158 met genotype associated with schizotypy but not cognition: a population study in 543 young men. *Biol Psychiatry*, 56: 510–515.
- Stefanis N., Hanssen M., Smirnis N., Avramopoulos D., Evdokimidis I., Stefanis C., Verdoux H. and Van Os J. (2002) Evidence that three dimensions of psychosis have a distribution in the general population. *Psychol Med*, 32: 347–358.
- Stefansson H., Ophoff R., Steinberg S., Andreassen O., Cichon S., Rujescu D., Werge T., Pietilainen O.P., Mors O., Mortensen P.B., Sigurdsson E., Gustafsson O., Nyegaard M., Tuulio-Henriksson A., Ingason A., Hansen T., Suvisaari J., Lonnqvist J., Paunio T., Borglum A.D., Hartmann A., Fink-Jensen A., Nordentoft M., Hougaard D., Norgaard-Pedersen B., Bottcher Y., Olesen J., Breuer R., Moller H.J., Giegling I., Rasmus-

sen H.B., Timm S., Mattheisen M., Bitter I., Rethelyi J.M., Magnusdottir B.B., Sigmundsson T., Olason P., Masson G., Gulcher J.R., Haraldsson M., Fossdal R., Thorgeirsson T.E., Thorsteinsdottir U., Ruggeri M., Tosato S., Franke B., Strengman E., Kiemeny L.A., Melle I., Djurovic S., Abramova L., Kaleda V., Sanjuan J., de Frutos R., Bramon E., Vassos E., Fraser G., Ettinger U., Picchioni M., Walker N., Touloupoulou T., Need A.C., Ge D., Yoon J.L., Shianna K.V., Freimer N.B., Cantor R.M., Murray R., Kong A., Golimbet V., Carracedo A., Arango C., Costas J., Jonsson E.G., Terenius L., Agartz I., Petursson H., Nothen M.M., Rietschel M., Matthews P.M., Muglia P., Peltonen L., St Clair D., Goldstein D.B., Stefansson K. & Collier D.A. (2009) Common variants conferring risk of schizophrenia. *Nature*, 460: 744–747.

Van Os J. & Kapur S. (2009) Schizophrenia. *Lancet*, 374(9690): 635–45.

Van Os J., Kenis G. & Rutten B.P.F. (2010) The environment and schizophrenia. *Nature*, 468: 203–212.

Table 1
Psychometric data (mean \pm SD) and t-Student test for psychometric variables in relation to sex (Male, Female)

	Total	Male	Female	t (P¹)
WSS	n=546	n=92	n=454	
Perceptual Aberration	3.88 \pm 4.05	3.59 \pm 3.95	3.91 \pm 4.07	
Magical Ideation	5.70 \pm 4.45	5.84 \pm 4.43	5.67 \pm 4.47	
Social Anhedonia	6.84 \pm 5.17	9.43 \pm 6.63	6.31 \pm 4.67	
Physical Anhedonia	12.62 \pm 6.15	14.53 \pm 7.25	12.24 \pm 5.84	
Positive dimension (PosSZY)	0.0011 \pm 1	0.016 \pm 0.98	-0.0019 \pm 1	0.158 (0.875)
Negative dimension (NegSZY)	0.001 \pm 1	0.483 \pm 1.29	-0.0967 \pm 0.90	5.183 (0.000)
CAPE	n=543	n=91	n=452	
Positive dimension (PosPLEs)	7.24 \pm 4.328	7.88 \pm 4.287	7.11 \pm 4.329	1.554 (0.121)
Negative dimension (NegPLEs)	8.92 \pm 5.060	9.76 \pm 6.052	8.75 \pm 4.826	1.730 (0.084)

¹ Differences were considered significant if P was below 0.05 (significant values are showed in bold).

Table 2
Allelic and genotypic frequencies of the COMT Val158Met polymorphism analyzed and comparison of the genotype data obtained with data of the CEU population of HapMap

Genotype	GENOTYPIC FREQUENCIES			ALLELIC FREQUENCIES		Call rate (missing) ³
	Present study n (%)	European population ¹ (%)	χ^2 (p) ²	Present study (%)	European population ¹ (%)	
Val/Val	151 (28.8%)	29.2%	0.14 (0.93)	G: 52.96% A: 47.04%	G: 52.2% A: 47.8%	95.8% (23/547)
Val/Met	253 (48.3%)	46%				
Met/Met	120 (22.9%)	24.8%				

¹ Frequencies obtained from HapMap CEU-population, NCBI.

² Calculated using the on-line Chi-Square P Value Calculator (<http://www.waent.org/Chi-Square-Test.htm>).

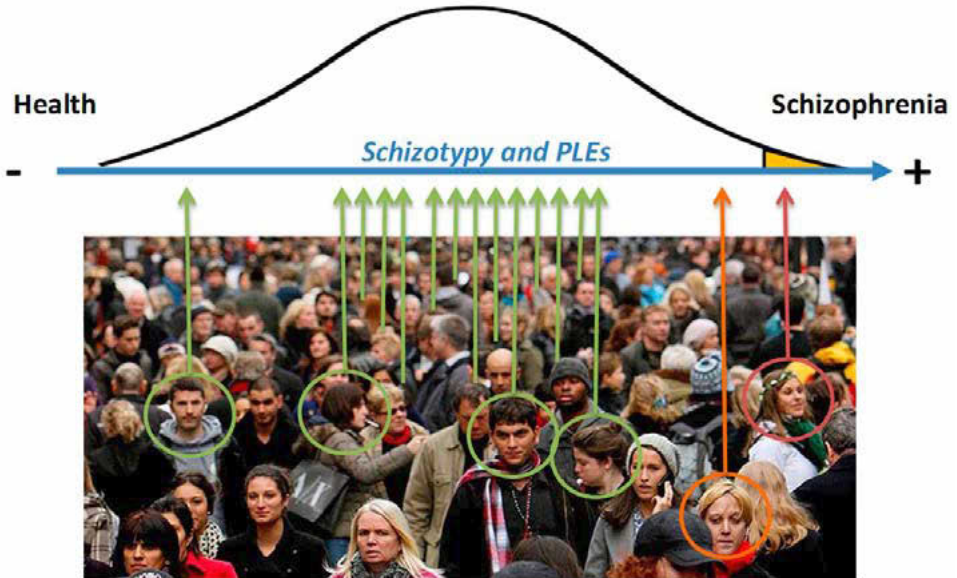
³ Frequency of individuals genotyped successfully and number of individuals missing of the total.

Table 3
Descriptive data and one-way ANOVAs for the positive and negative dimensions of schizotypy (PosSZY and NegSZY) and psychotic-like experiences (PosPLEs and NegPLEs) in relation to the COMT Val158Met genotype

Genotype	N1	Schizotypy (WSS)		Psychotic-like experiences (CAPE)	
		PosSZY Mean (SD)	NegSZY Mean (SD)	PosPLEs Mean (SD)	NegPLEs Mean (SD)
Val/Val	n=151	0.036 (1.193)	-0.026 (0.995)	7.69 (4.621)	9.03 (4.886)
Val/Met	n=253	-0.008 (0.952)	0.494 (1.014)	7.08 (4.335)	9.32 (5.430)
Met/Met	n=120	-0.011 (0.886)	-0.051 (0.962)	7.12 (3.954)	8.45 (4.597)
F(p) ²		0.112 (0.894)	0.927 (0.396)	0.86 (0.423)	0.90 (0.406)

¹ Number of individuals with each genotype. ²Differences were considered significant when p was below 0.05.

Figure 1
The continuum hypothesis of psychosis



From a dichotomic-categorical point of view, people from the general population can be classified as healthy or ill (e.g. schizophrenia). But seen from a dimensional point of view, i.e. when we assess quantitative traits associated with the disease (e.g. schizotypy or psychotic-like experiences, PLEs), we can see a continuous distribution, with most individuals with low-medium scores (green arrows), some individuals with high scores (at-risk) (orange arrow) and patients with schizophrenia or other psychiatric disorders with the highest scores (wred arrow).

Figure 2
Activity of the COMT in the synaptic clefts of dopaminergic neurotransmission and activity of the enzyme regarding the Val158Met polymorphism alleles

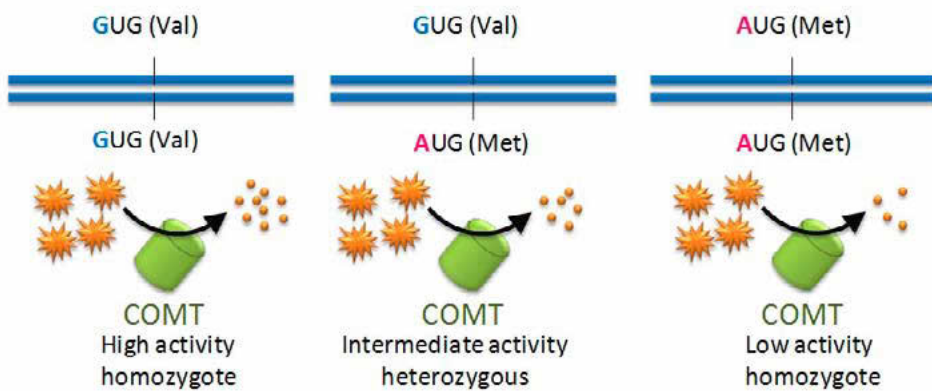
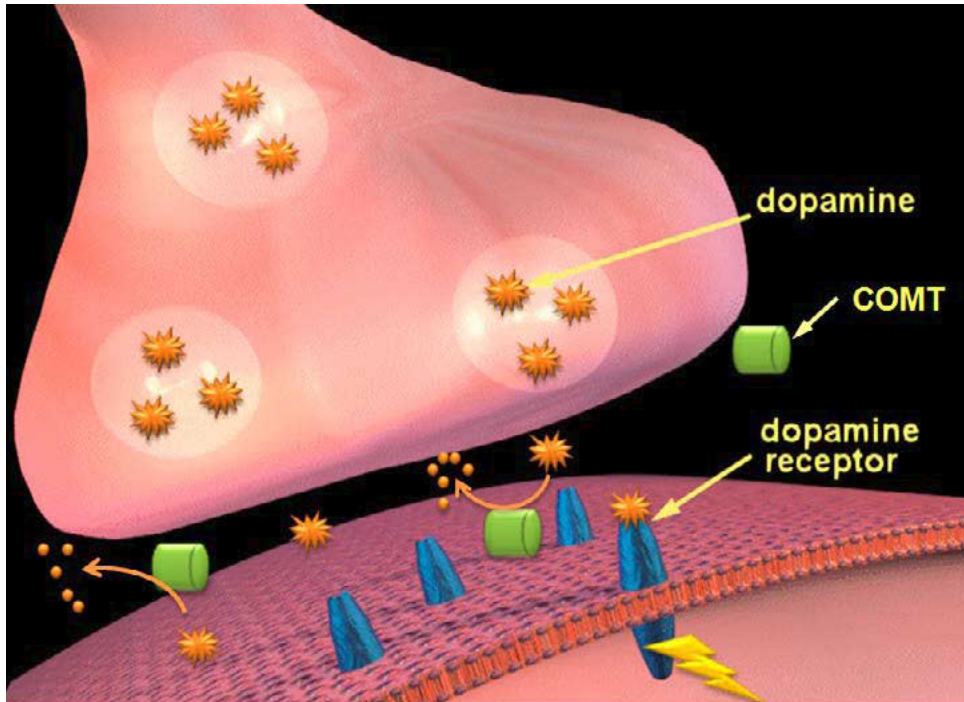
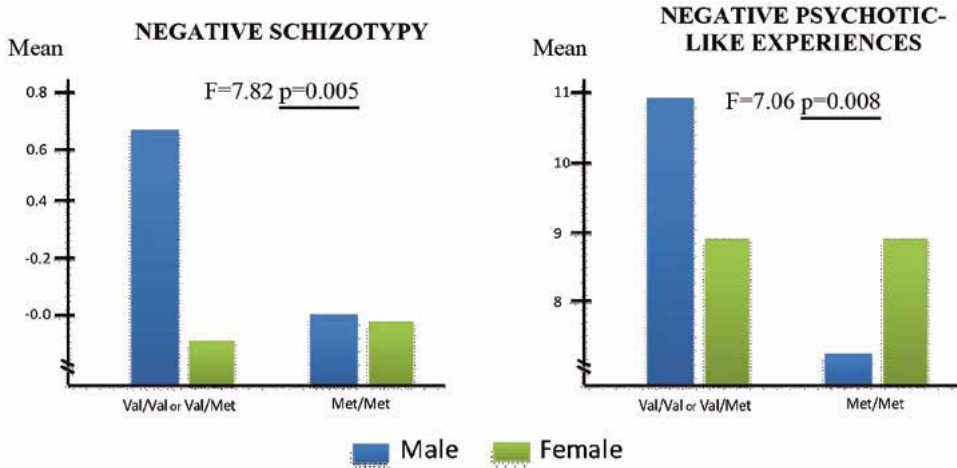


Figure 3

Graphic representation of the interaction between sex (males in blue, females in green) , the scores of the negative dimension of schizotypy and psychotic-like experiences and the COMT Val158Met genotype, taking into account two groups: Val carriers (Val/Val and Val/Met) and Met/Met



ADN MITOCONDRIAL Y DIVERSIDAD FUNERARIA EN EL NEOLÍTICO: LOS YACIMIENTOS DE PATERNANBIDEA Y LOS CASCAJOS

MITOCHONDRIAL DNA AND FUNERAL DIVERSITY IN THE NEOLITHIC: PATERNANBIDEA AND LOS CASCAJOS SITES

Hervella, M.¹; Izagirre, N.¹; Alonso, S.¹; Fregel, R.²; de-la-Rúa, C.¹

¹ Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal.
Facultad de Ciencia y Tecnología.

Universidad del País Vasco (UPV/EHU), 48940 Leioa, Bizkaia.

² Departamento de Genética. Universidad de La Laguna.

Avda. Astrofísico Fco. Sánchez, 38271, La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.

Montserrat Hervella.

Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal.

Facultad de Ciencia y Tecnología.

Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Barrio Sarriena s/n 48940 Leioa, Bizkaia.

Tel. +34 946 015430, Fax +34 946 013 145

Resumen

Las características de enterramiento de los individuos recuperados de dos yacimientos contemporáneos, Los Cascajos y Paternanbidea (Neolítico antiguo, Navarra), muestran un complejo patrón funerario. Los individuos del yacimiento de Paternanbidea se encuentran inhumados en fosas dobles y múltiples con escaso ajuar, mientras que en el yacimiento de Los Cascajos, en su mayoría se encuentran inhumados en fosas simples acompañadas de una gran variabilidad de elementos materiales. El objetivo de este estudio, es evaluar el ritual de inhumación mediante el análisis conjunto de los datos genéticos y las características de enterramiento de los individuos de Los Cascajos y Paternanbidea. El estudio genético se llevó a cabo en 9 individuos de Paternanbidea y 27 de Los Cascajos, mediante el análisis de la secuencia del segmento I de la región control del ADNmt y los motivos de la región codificante. Se han tenido en cuenta todas las precauciones para evitar la contaminación, realizándose los diferentes criterios de autenticación de los resultados. Encontramos que dentro de cada yacimiento, la diferenciación cultural

basada en los elementos culturales no se acompaña de diferenciación genética. La diversidad funeraria encontrada entre ambos yacimientos no puede explicarse mediante los datos del ADNmt, poniendo de manifiesto que la complejidad de los procesos culturales no puede interpretarse en términos genéticos.

Palabras clave: Neolítico, grupos campesinos, ADN antiguo, ADN mitocondrial, características de enterramiento.

Abstract

The burial characteristics of individuals recovered from two contemporaneous sites, Los Cascajos and Paternabidea (Early Neolithic, Navarra), show a funeral complex pattern. Individuals from Paternabidea were buried in double and multiple tombs with little good, while the individuals recovered from Los Cascajos site are buried in simple graves with great variability of material elements. The aim of this study is to evaluate the ritual of burial by analyzing genetic data and the burial characteristics of individuals from Paternabidea and Los Cascajos sites. The genetic study was carried out in 9 individuals from Paternabidea and 27 from Los Cascajos, though analyzing the sequence of segment I of the control region of mtDNA and the SNPs of the coding region. We have taken into account all precautions to avoid contamination, performing different authentication criteria of the results. We have found that within each site, cultural differentiation not accompanied by genetic differentiation. Funeral diversity obtained in both sites cannot be explained by the mtDNA data, showing that the complexity of cultural processes cannot be interpreted in genetic terms

Keywords: Neolithic, farmer groups, ancient DNA, mitochondrial DNA, burial characteristics.

INTRODUCCIÓN

Las características de los enterramientos de las poblaciones humanas del pasado pueden ser un reflejo de los aspectos sociales y biológicos de las sociedades que las representaban, ya que la variabilidad de las prácticas funerarias depende de numerosos factores, económicos, sociales y culturales, entre otros. El estudio de los aspectos funerarios de las poblaciones del pasado en el contexto de variabilidad biológica, puede ofrecernos una mejor comprensión de la estructura social y el comportamiento biológico de las poblaciones que vivieron en el pasado (Hervella et al., 2009; Alzualde et al., 2005; Alzualde et al., 2006; Alzualde et al., 2007). En este contexto, hemos realizado un análisis genético de dos grupos de campesinos neolíticos del norte de la Península Ibérica, Los Cascajos y Paternabidea (Navarra). Estos dos yacimientos son excepcionales desde el punto de vista cronológico (Neolítico Antiguo, 6,185-5,185 BP, BP 6,090-5,960) y arqueológico, ya que se han

recuperado evidencias tanto de la existencia de necrópolis como de poblado, además de una gran variedad evidencias culturales relacionadas con la agricultura (García Gazólaz & Sesma, 2007a; 2007b). Los individuos de los yacimientos de Los Cascajos y Paternanbidea, muestran diferentes combinaciones de características culturales y arqueológicas. Los individuos recuperados del yacimiento de Los Cascajos se encontraban dispuestos mayoritariamente en tumbas individuales, de forma semicircular, con diferentes tipos de cobertura; mientras que algunas tumbas carecen de los elementos de cobertura, otros presentan bien losas, o bien, acumulaciones de piedras y fragmentos de molinos de mano. El ajuar asociado a los individuos es pobre, consistente en escasos restos de cerámica, molinos y herramientas de sílex (García-Gazólaz & Sesma, 2007a). Por otro lado los individuos inhumados del yacimiento de Paternanbidea, están dispuestos en tres fosas dobles y una fosa múltiple, con ajuares muy pobres, en su mayoría corresponden a collares, pulseras y colgantes de hueso, piedra, concha y variscita (García-Gazólaz & Sesma, 2007b).

En el presente estudio, tratamos de evaluar si existe una relación entre la diversidad funeraria y el ADN mitocondrial (ADNmt) de los inhumados en estos dos yacimientos neolíticos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los restos humanos analizados en el presente estudio provienen de dos yacimientos neolíticos de Navarra, Los Cascajos (6,185-5,185 BP) y Paternanbidea (6,090-5,960 BP) (García-Gazólaz & Sesma, 2009a; 2009b). El análisis del ADNmt ha sido realizado en 36 individuos (27 del yacimiento de Los Cascajos a y 9 de Paternanbidea). Se han seleccionado dientes intactos (sin caries y fisuras profundas que pueden extenderse en la pulpa dental) de 49 individuos, de las cuales 36 mostraron resultados positivos. 29 de los 36 individuos, se sometieron a un análisis por duplicado en nuestro laboratorio. El resto de individuos no pudieron ser duplicados debido a la escasez de material antropológico. Por otro lado, otras 22 piezas dentales fueron enviadas para su replicación en la Universidad de La Laguna en Tenerife (España), donde todo el proceso se llevó a cabo por diferentes investigadores.

El estudio realizado ha consistido en la extracción y análisis del ADN mitocondrial (ADNmt) teniendo en cuenta las precauciones habituales en los estudios de ADN para evitar la posible contaminación: 1) la extracción del ADN y la preparación de la amplificación, se han realizado en una cámara estéril con presión positiva, donde nunca se ha trabajado con ADN humano de muestras actuales, 2) se ha mantenido la esterilidad del material de investigación y las superficies de trabajo dedicadas exclusivamente al análisis con ADN, mediante el tratamiento de forma rutinaria con lejía e irradiación ultravioleta y 3) siempre se ha usado una vestimenta adecuada durante el proceso de análisis del ADN: gorro, guantes, bata

y mascarilla de un solo uso. Asimismo, con el fin de eliminar la contaminación superficial de las piezas dentarias, éstas se sometieron a un proceso de limpieza mediante ácidos e irradiación ultravioleta (Ginther et al. 1992; Izagirre & de la Rúa, 1999; Alzualde et al. 2005). Tras esta descontaminación, cada uno de los dientes fue serrado a nivel cervical y los dos fragmentos del diente (raíz y corona) resultantes se incubaron con agitación durante 2 horas a 56 °C en un tampón de lisis, con el fin de realizar una descalcificación e hidrólisis de los posibles restos proteicos y lipídicos. El ADN se aisló de los restos celulares mediante una extracción orgánica con fenol-cloroformo. El ADN aislado se concentró y purificó, mediante Centricon-30 (Amicon). En cada tanda de extracción se incluyeron al menos dos blancos de extracción, que consisten en tubos que son sometidos a todo el proceso de extracción pero en los que no se añade tejido dentario.

A partir de los extractos de ADN_{mt} obtenidos, se llevó a cabo la secuenciación del Segmento Hipervariable I (HVS-I) del ADN_{mt}, mediante la amplificación de seis fragmentos solapantes de aproximadamente 100 pb de longitud cada uno, de modo que finalmente se obtiene la secuencia completa comprendida entre los nucleótidos 15.995 y 16.399 (Alonso et al. 2003). Asimismo, se determinó la posición nucleotídica 73 del HVS-II del ADN_{mt}, mediante secuenciación. Cada fragmento, se amplificó en PCRs independientes. Tras la purificación enzimática (ExoSap-IT, *USB Corporation*) de los productos amplificados, se llevó a cabo la reacción de secuenciación (kit BigDye 1.1 *Terminator Cycle Ready Reaction*, *Applied Biosystems*). Los productos de la reacción de secuenciación purificados (columnas *Auto-Seq™ G-50*, *GE Healthcare*) y desnaturalizados (HI-DI Formamida, *Applied Biosystem*), se migraron en un secuenciador automático ABI PRISM 310. La edición de las secuencias se llevó a cabo mediante el programa BioEdit (<http://www.mbio.ncsu.edu/BioEdit/bioedit.html>), comparándolas con la secuencia de referencia (*revised Cambridge Reference Sequence* rCRS, Andrews et al. 1999).

Por otro lado, se realizó la determinación de los polimorfismos de la región codificante del ADN_{mt} mediante PCR-RFLPs, con el fin de clasificar la variabilidad del ADN_{mt} en los 10 principales haplogrupos caucasoides (Torroni et al. 1996; Macaulay et al. 1999). Para ello, se amplificaron fragmentos de aproximadamente 120 pb de longitud que incluían la posición nucleotídica polimórfica y posteriormente se realizó la digestión enzimática de estos fragmento, con el fin de determinar el nucleótido

Además, hemos llevado a cabo los criterios de autenticación propuestos para los estudios de ADN antiguo (ADN_a) (Cooper & Poniar 2000; Gilbert & Willerslev 2006). Se han realizado los controles oportunos tanto durante la extracción del ADN (blanco de la extracción, control sometido a todo el proceso de la extracción, pero al que no se le ha añadido tejido), como durante la amplificación de las muestras (control negativo de la PCR, muestra a la que se le han añadido todo los

reactivos necesarios para la amplificación, excepto el ADN). Se ha cuantificado el número de moléculas molde presentes en el extracto mediante PCR cuantitativa a tiempo real. Debido al estado de conservación, se ha analizado el 83% de los individuos recuperados, habiéndose verificado el 88% de los resultados mediante duplicación, consistente en el análisis de dos muestras del mismo individuo, llevado a cabo independientemente por dos investigadores. Además, se ha replicado el 61% de las muestras en un laboratorio independiente (Dr. Vicente Cabrera de la Facultad de Biología, área de Genética de la Universidad de La Laguna). Finalmente un 41% de los fragmentos amplificados han sido clonados y posteriormente secuenciados, corroborando la secuencia obtenida mediante la secuenciación directa.

En base a las frecuencias de haplotipos mitocondriales resultantes en los dos grupos neolíticos de Navarra (Los Cascajos y Paternanbidea), se calculó la diversidad genética (Nei, 1987) y el test exacto de diferenciación poblacional mediante la utilizando del programa Arlequin 3.11. Además, se ha analizado la relación entre los haplotipos mitocondriales y las características culturales de los individuos de Los Cascajos, por medio de un análisis de coordenadas principales utilizando el programa PCO (Anderson et al., 2003).

RESULTADOS

Variabilidad del ADNmt en el yacimiento de Los Cascajos (Navarra)

Se ha realizado el análisis del ADNmt en 27 de los 36 individuos del yacimiento de Los Cascajos, obteniendo quince haplotipos mitocondriales diferentes, lo que indica una elevada diversidad genética ($0,9459 \pm 0,0216$). Esta variabilidad mitocondrial se clasifica en seis haplogrupos mitocondriales (H, U, K, J, T y X) (Figura 1).

De los quince haplotipos mitocondriales obtenidos en Los Cascajos, seis se presentan en más de un individuo (ht2, ht3, ht4, ht6, ht9 y ht11), siendo éstos los haplotipos mas frecuentes; mientras que los nueve restantes, están representados cada uno por un solo individuo (Figura 1). Se han encontrado tres haplotipos exclusivos de los individuos enterrados en el poblado (ht1, ht5 y ht15), ocho haplotipos exclusivos de individuos enterrados en la necrópolis (ht7 al ht14) y cuatro haplotipos (ht2, ht3, ht4 y ht6) son compartidos por individuos de ambas localizaciones (necrópolis y poblado). Se ha realizado un test exacto de diferenciación poblacional a fin de valorar la posible diferenciación genética entre los individuos enterrados en la necrópolis y en el poblado. El resultado de este test ofreció un valor no significativo estadísticamente ($p=0,31519 \pm 0,0096$; $p>0,05$), es decir, la disposición de los inhumados en el poblado o en la necrópolis, no parece relacionarse con la pertenencia a grupos con diferente.

La diversidad de los individuos de Los Cascajos es muy grande, tanto cultural como genética. Se han encontrado individuos con ajuar/con cobertura, con ajuar/sin cobertura, sin ajuar/con cobertura y sin ajuar/sin cobertura, que a su vez pueden estar enterrados o bien en la necrópolis o bien en el poblado. Con el fin de analizar de forma multivariante toda la información, tanto genética como cultural, se ha realizado un análisis de Coordenadas Principales (PCO). El PCO resultante, donde se ha tenido en cuenta los 15 haplotipo mitocondrial y las características culturales asociadas a cada uno de los individuos, explica el 78% de la variabilidad total (el eje I representa el 45% y el eje II el 33%) (Figura 2). En este análisis, se pueden diferenciar varias posibles combinaciones de características culturales y genéticas, tales como, características culturales asociadas a un único haplotipo mitocondrial (ht1 y ht10): el ht1 pertenece al individuo CAS-21 (inhumado en el poblado, con ajuar y ausencia de cobertura de la fosa) y el ht10 pertenece al individuo CAS-183 (inhumado en la necrópolis, sin ajuar y presencia de cobertura de la fosa) (Figura 2).

Otra combinación que aparece en el análisis de PCO es la de aquellos individuos que comparten las mismas características culturales y presentan haplotipos mitocondriales diferentes. Esta combinación se presenta en tres casos que corresponden a: 1) los individuos que presentan los haplotipos ht5 y ht15, enterrados en el poblado y sin cobertura ni ajuar asociado a la inhumación, 2) los individuos portadores de los haplotipos ht8, ht12, ht13, enterrados en la necrópolis, sin cobertura ni ajuar y 3) los individuos enterrados en la necrópolis con ajuar y sin cobertura de la fosa correspondientes a los ht7 y ht14.

El análisis de PCO (Figura 2), indica la gran variabilidad de haplotipos mitocondriales asociados a diferentes características culturales, existiendo 11 posibles combinaciones de características culturales asociadas a 15 haplotipos mitocondriales; siendo muy difícil poder establecer un patrón claro de relación familiar vía materna entre los individuos analizados y las diferentes características culturales que presentan los mismos.

Por lo tanto, parece existir cierta diferenciación cultural entre los inhumados en este yacimiento, sin embargo no observamos ninguna diferencia y/o correlación con los linajes mitocondriales portados por estos individuos. Por ello, al menos a nivel de relaciones familiares vía materna, no podemos establecer una diferenciación entre los individuos enterrados en el yacimiento de Los Cascajos.

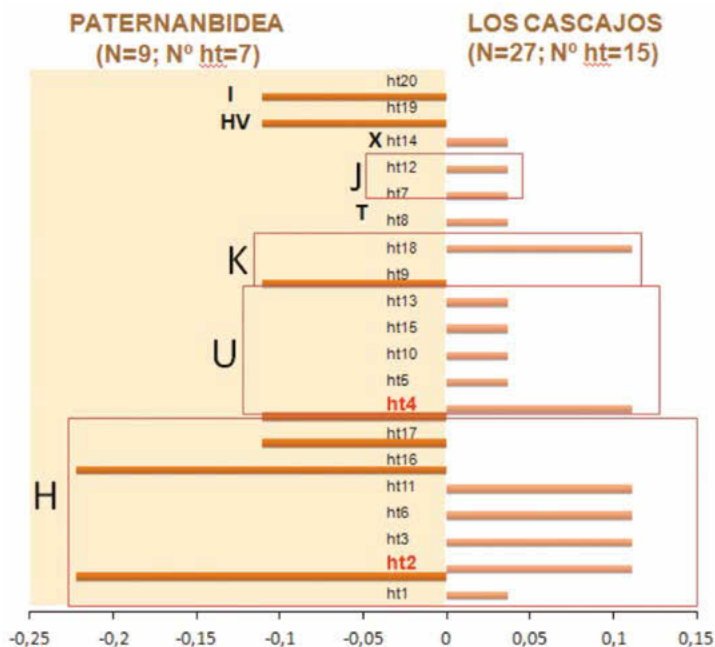
Variabilidad del ADNmt en el yacimiento de Paternanbidea (Navarra)

El estado de conservación de los restos esqueléticos de los individuos recuperados en el yacimiento de Paternanbidea, ha permitido llevar a cabo el análisis del ADNmt en 9 de los 13 individuos recuperados (70%), obteniéndose 7 haplotipos

mitocondriales diferentes en los nueve individuos analizados, que se han clasificado en cinco haplogrupos mitocondriales (H, U, K, HV e I) (Figura 1). La diversidad genética calculada para estos individuos presenta unos valores elevados (0.9444 ± 0.0702).

Los nueve individuos del yacimiento de Paternanbidea analizados se encuentran enterrados en cuatro fosas, una múltiple y tres dobles. Si analizamos la variabilidad del ADNmt observamos que ninguno de los individuos pertenecientes a la misma fosa comparte el mismo ADNmt. Cabe destacar la presencia de dos haplotipos mitocondriales (ht2 y ht16), portados por más de un individuo, pero en ambos casos se encuentran enterrados en distintas fosas (Figura 1).

Figura 1
Distribución de los haplotipos y haplogrupos mitocondriales de los individuos recuperados de los yacimientos neolíticos de Los Cascajos y Paternanbidea



Los yacimientos neolíticos de Paternanbidea y Los Cascajos, ubicados ambos en la misma región geográfica, muestran características de enterramiento muy diferentes, en uno caso las inhumaciones se realizaron en fosas dobles o múltiples y en el otro en fosas individuales. Los inhumados de este yacimientos muestran unos valores elevados de diversidad genética (>0.9) y presentan linajes mitocondriales

comunes, como son el ht2 y el ht4, pertenecientes a haplogrupos mitocondriales muy frecuentes en la población europea actual (H y U) y con edades de coalescencia anteriores al Neolítico [de 55,8 (48,5-63,3) kya para el haplogrupo U y 17,5 (15,6-19,4) kya para el haplogrupo H (Soares et al. 2009; 2010). Sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en las frecuencias de los haplotipos mitocondriales entre los dos yacimientos (Test de diferenciación poblacional $p > 0.05$).

DISCUSION

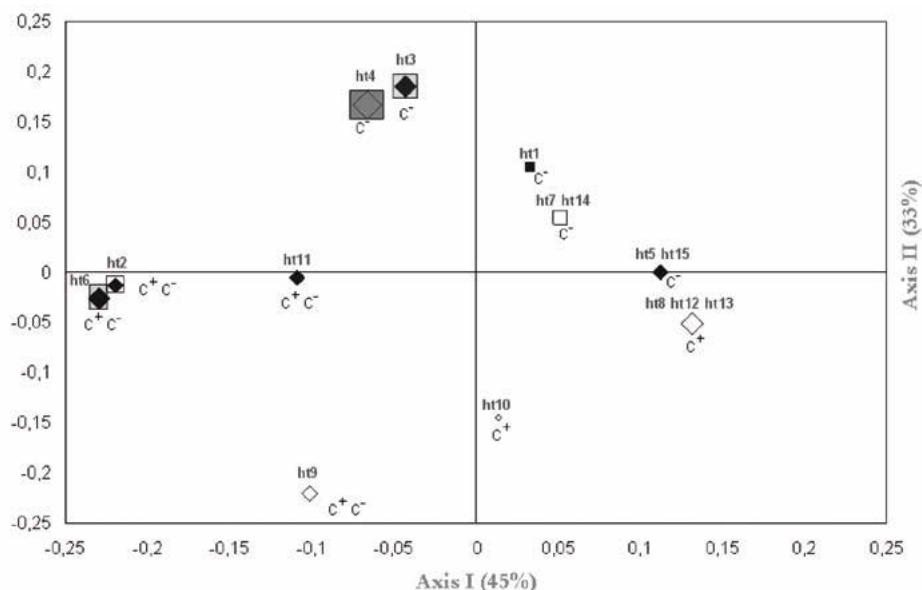
En este estudio se aborda el análisis de dos yacimientos del Neolítico Antiguo del norte de la Península Ibérica, Los Cascajos y Paternanbidea, que presentan casuísticas de enterramiento diferentes, en base a las evidencias arqueológicas recuperadas. El estudio de estos yacimientos ofrece la oportunidad de analizar las relaciones existentes entre biología y cultura, mediante el análisis del ritual funerario y la constitución genética de los individuos recuperados, basada en los linajes del ADNmt heredados por vía materna.

Se han descrito 15 haplotipos mitocondriales diferentes correspondientes a 27 individuos analizados del yacimiento de Los Cascajos, siendo raros los casos en los que dos o más individuos comparten el mismo haplotipo mitocondrial (Figura 1). Teniendo en cuenta, la elevada diversidad genética obtenida en Los Cascajos (0.9459 ± 0.0216), podemos sugerir que este yacimiento no representa a una población aislada ni de tamaño efectivo reducido, en cuyo caso la endogamia hubiera producido un aumento en la frecuencia de determinados linajes, es decir habríamos encontrado un mayor número de haplotipos compartidos.

La presencia de dos ubicaciones diferentes para los inhumados (en la necrópolis y el poblado), podría ser el reflejo de la existencia de una diferenciación biológica y/o cultural (social) entre los inhumados. Sin embargo, no se han detectado diferencias estadísticamente significativas entre la composición genética (haplotipos mitocondriales) de los inhumados en la necrópolis y el poblado (test exacto de diferenciación poblacional $p > 0,05$), ni tampoco se han detectado diferencias a nivel cultural, ya que los individuos localizados en ambas ubicaciones (necrópolis y poblado) comparten las mismas características culturales (tipo de ajuar, presencia/ausencia cobertura, fase cronológica, orientación y posición del inhumado).

El análisis de PCO realizado en el yacimiento de Los Cascajos, no muestran una relación entre el ritual funerario y los datos del ADNmt obtenidos. Además, es frecuente que sujetos con el mismo haplotipo mitocondrial presenten diferentes características culturales (Figura 2).

Figura 2
Análisis de Coordenadas principales (PCO) basado en las frecuencias de los haplotipos mitocondriales de los individuos de Los Cascajos, mostrando tres tipos de características de enterramiento diferentes: necropolis/poblado, presencia/ausencia de ajuar y ausencia /presencia de cobertura de la fosa. Cuadrado (poblado) y rombo (necrópolis); negro: fosas con ajuar asociado; blanco: fosas sin ajuar asociado, fosas sin cobertura (C⁻) y fosas sin cobertura (C⁺)



La ausencia de correlación entre la biología y la cultura de los individuos enterrados en el yacimiento de Los Cascajos, parece indicar que aunque a nivel cultural existe una diferenciación entre los individuos enterrados en este yacimiento (en función del lugar de enterramiento y la presencia/ausencia de ajuar y/o cobertura de la fosa), que podría suponer una diferenciación social entre los individuos de este grupo humano, esta diferenciación en caso de existir, no se fundamenta en datos genéticos, al menos en lo que al ADNmt se refiere. Estos datos indican, que en el yacimiento de Los Cascajos, que corresponde a un grupo con un modo de vida campesino propio del Neolítico, la variabilidad de los rasgos culturales de los inhumados no guarda relación con la herencia genética del ADNmt.

Si analizamos la variación genética del conjunto de individuos inhumados en las cuatro fosas del yacimiento de Paternanbidea, encontramos dos haplotipos mitocondriales compartidos por individuos enterrados en fosas diferentes (el ht2, en las fosas 1 y 2 y el ht16, en las fosas 1 y 4) (Figura 1). El ht2, perteneciente al ha-

plogrupo H, presenta una elevada frecuencia en la población europea actual, por tanto, el hecho de que dos individuos compartan este haplogrupo, no indica necesariamente que exista una relación de parentesco materno entre ellos (ya que la probabilidad de que dos individuos escogidos al azar de la población compartan el mismo haplotipo, es proporcional a la frecuencia del haplotipo).

El ht6 pertenece al subhaplogrupo H3 (Figura 1), cuya frecuencia más elevada se encuentra en la Península Ibérica (16%), destacando el valor de la población vasca actual (13.9%) (García et al. 2011); sin embargo, en el resto de Europa, la frecuencia del H3 oscila entre el 0,4-6,2%, con la excepción de Cerdeña (8.5%) (Van Oven & Kayser, 2009). La presencia de dos sujetos pertenecientes al subhaplogrupo H3 en una muestra tan reducida como la de Paternanbidea, podría explicarse por la existencia de una relación de parentesco vía materna entre ambos sujetos, aunque no pueda descartarse la influencia de variaciones aleatorias.

En el yacimiento de Paternanbidea, se observa una alta diversidad genética ($0,9444 \pm 0,0702$), lo que indica que los individuos inhumados en este yacimiento, no parece representar a una población aislada, ni de tamaño reducido. Ya que de ser así, se darían cruzamientos endógamos, lo que incrementaría la posibilidad de que se repitieran uno o varios linajes en un mayor número de casos. También hay que destacar que aunque se ha analizado un tamaño muestral reducido, éste parece ser representativo de la población original, dada la variabilidad de los haplogrupos mitocondriales representados (U, H, HV, I y H3).

Las evidencias arqueológicas de este yacimiento (fosas dobles y múltiples), plantean la posibilidad de que existiera algún tipo de relación familiar entre los individuos inhumados en una misma fosa. Sin embargo, con los datos obtenidos a partir del ADNmt podemos descartar la existencia de cualquier tipo de relación familiar vía materna entre los individuos de la misma fosa. Por tanto, podemos sugerir que el patrón de enterramiento del yacimiento de Paternanbidea, no se basa en relaciones familiares vía materna.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos en base a la variabilidad del ADNmt en los individuos de los dos yacimientos neolítico de Navarra (Los Cascajos y Paternanbidea) podemos concluir que dentro de cada yacimiento, la diversidad cultural descrita por los datos arqueológicos no se acompaña de diferenciación genética. Además, en los enterramientos múltiples de Paternanbidea y los enterramientos dispuestos en la necrópolis y el poblado de Los Cascajos, no se ha encontrado una relación de parentesco vía materna entre los individuos de estas fosas. Por lo tanto,

la diversidad funeraria encontrada entre ambos yacimientos no puede explicarse mediante los datos del ADNmt, poniendo de manifiesto que la complejidad de los procesos culturales no puede interpretarse en términos genéticos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación recibida del Gobierno Vasco (IT542-10), UPV/EHU (UFI11/09) y del MICIN (GCL2011-29057/BOS y GCL2007-04066/BOS). También mostramos nuestro agradecimiento al gobierno de Navarra y a los arqueólogos J. Sesma y J. García-Gazólaz por facilitarnos el material y la información arqueológica de los yacimientos de Los Cascajos y Paternabidea.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso A., Martin P., Albarran C., García, P.; García O., de Simón L.F., García-Hirschfeld J., Sancho M., de la Rúa C. y Fernández-Piqueras J. (2003) Multiplex-PCR of short amplicons for mtDNA sequencing from ancient DNA. *International Congress Series* 1239: 585-588.
- Alzualde A., Izagirre N., Alonso S., Alonso A. y de la Rúa C. (2005) Temporal mitochondrial DNA variation in the Basque Country: influence of post-Neolithic events. *Ann. Hum. Genet.* 69: 665-679.
- Alzualde A., Izagirre N., Alonso S., Rivera N., Alonso A., Azkarate A. y de la Rúa, C. (2007) Influences of the European Kingdoms of Late Antiquity on the Basque Country: An Ancient DNA Study. *Curr. Anthropol.* 48: 155-162.
- Alzualde A., Izagirre N., Alonso S., Alonso A. y de la Rúa, C. (2005) Temporal mitochondrial DNA variation in the Basque Country: influence of post-neolithic events. *Ann. Hum. Genet.* 69: 665-679.
- Anderson, M.J. 2003. *PCO: A Front ran computer program for principal coordinate analysis*. Department of Statistic, University of Auckland. New Zealand.
- Andrews R.M., Kubacka I., Chinnery P. F., Lightowlers R. N., Turnbull D. M. y Howell N. (1999) Reanalysis and revision of the Cambridge reference sequence for human mitochondrial DNA. *Nat. Genet.* 23: 147.
- Cooper A y Poinar H N (2000) Ancient DNA: do it right or not at all. *Science* 289: 1139.
- García O., Fregel R., Larruga J.M., Fregel R., Larruga J.M., Álvarez V., Yurrebaso I., Cabrera V.M. y González A.M. (2011) Using mitochondrial DNA to test the hypothesis of a European post-glacial human recolonization from the Franco-Cantabrian refuge. *Heredity* 106: 37-45.

- García-Gazólaz J. y Sesma J. (2007a) Los enterramientos en el poblado Neolítico de Los Cascajos (Los Arcos). En *La tierra te sea leve. Arqueología de la muerte en Navarra*, 49-58. Navarra: Pamplona Hispania Deorum.
- García-Gazólaz J. y Sesma J. (2007b) Los enterramientos neolíticos del yacimiento de Paternanbidea (Ibero). En *La tierra te sea leve. Arqueología de la muerte en Navarra*. 59-65, Navarra: Pamplona Hispania Deorum.
- Gilbert M.T. y Willerslev E. (2006) Authenticity in ancient DNA studies. *Medicina nei scoli* 18: 701-723.
- Ginther C., Issel-Tarver L. y King M. C. (1992) Identifying individuals by sequencing mitochondrial DNA from teeth. *Nat. Genet.* 2: 135-38.
- Izagirre N. y de la Rúa C. (1999) An mtDNA analysis in ancient Basque populations: implications for haplogroup V as a marker for a major paleolithic expansion from southwestern Europe. *Am. J. Hum. Genet.* 65: 199-207.
- Izagirre N., Alzualde A., Alonso S., Paz L., Alonso A. y de la Rúa C. (2005) Rare haplotypes in mtDNA: applications in the analysis of biosocial aspects of past human populations. *Hum. Biology* 77: 443-456.
- Hervella M., Izagirre N., Alonso S., Fregel R.I. y de la Rúa C. (2009) Enterramiento en fosa en el neolítico antiguo en Navarra: Evaluación de las evidencias arqueológicas mediante el estudio antropológico y molecular. *REAF* 30: 31-39.
- Macaulay V., Richards M., Hickey E., Vega E., Cruciani F., Guida V., Scozzari R., Bonnét-Tamir B., Sykes B. y Torroni A. (1999) The emergppng tree of West Eurasian mtDNAs: a synthesis of control-region sequences and RFLPs. *Am. J. Hum. Genet.* 64: 232-49.
- Nei N. (1987). *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press: New York.
- Richards M., Corte-Real H., Forster P., Macaulay V., Wilkinson-Herbots H., Demaine A., Papiha S., Hedges R., Bandelt H.J. y Sykes, B. (1996) Paleolithic and neolithic lineages in the European mitochondrial gene pool. *Am. J. Hum. Genet.* 59: 185-203.
- Richards M., Macaulay V., Hickey E., Vega E., Sykes B., Guida V., Rengo C., Sellitto, D., Cruciani F., Kivisild T., Villems R., Thomas M., Rychkov S., Rychkov O., Rychkov Y., Golge M., Dimitrov D., Hill E., Bradley D., Romano V., Cali F., Vona G., Demaine A., Papiha S., Triantaphyllidis C., Stefanescu G., Hatina J., Belledi M., Di Rienzo A., Novelletto A., Oppenheim A., Norby S., Al-Zaheri N., Santachiara-Benerecetti S., Scozzari, R., Torroni A. y Bandelt H.J. (2000) Tracing European founder lineages in the Near Eastern mtDNA pool. *Am. J. Hum. Genet.* 67: 1251-1276.
- Soares P., Achilli A., Semino O., Davies W. and Macaulay V. (2010) The archaeogenetics of Europe. *Curr. Biol* 20: R174-R183.
- Soares P., Ermini L., Thomson N., Mormina M. y Rito T. (2009) Correcting for purifying selection: an improved human mitochondrial molecular clock. *Am. J. Hum. Genet.* 84: 740-759.

- Torroni A., Huoponen K., Francalacci P., Petrozzi M., Morelli L., Scozzari R., Obinu D. y Savontaus M. L. (1996) Classification of European mtDNAs from an analysis of three European populations. *Genetics* 144: 1835-1850.
- Van Oven M. y Kayser M. (2009) Updated comprehensive phylogenetic tree of global human mitochondrial DNA variation. *Hum. Mutat.* 30: E386-E394.

**DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA POBLACIÓN ACTUAL
DE RUMANIA EN RELACIÓN AL ORIGEN Y DISPERSIÓN
DE LA ETNIA GITANA**

**GENETIC DIVERSITY OF THE PRESENT-DAY ROMANIA
POPULATION REGARDING TO THE ORIGIN AND SPREAD OF
THE ROMA**

**Hervella, M.¹; Mentxaka, G.¹; Izagirre, N.¹; Alonso, S.¹; Ioana, M.^{2,3};
Netea, M.²; de-la-Rúa, C.¹**

¹Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal.
Facultad de Ciencia y Tecnología.

Universidad del País Vasco (UPV/EHU), 48940 Leioa, Bizkaia.

²Department of Medicine.

Radboud University Nijmegen Medical Centre, Nijmegen, The Netherland.

³University of Medicine and Pharmacy Craiova.

Craiova, Romania

Montserrat Hervella

Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal. Facultad de Ciencia
y Tecnología. Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Barrio Sarriena s/n 48940 Leioa,
Bizkaia.

Tel. +34 946 015430, Fax +34 946 013 145

Resumen

El estudio genético de la población actual de Rumania suscita un gran interés en el campo de la antropogenética. Su localización geográfica en la vía de entrada al continente europeo, permite evaluar el impacto genético de los diferentes movimientos poblacionales ocurridos tanto en épocas históricas como prehistóricas en Europa (provenientes del oeste de Asia y el Próximo Oriente). El estudio de la población gitana de Rumania, constituye un ejemplo de población fundadora, probablemente originaria del subcontinente indio, aunque su impacto genético en la población actual de Rumania parece poco importante. En el presente estudio se analiza la variabilidad de ADN mitocondrial en una muestra de 128 individuos oriundos de Rumania y en una muestra de dieciocho individuos gitanos de esta misma región. La diversidad de haplo-

grupos mitocondriales resultante se asemeja a la variabilidad mitocondrial de las poblaciones del Este europeo. Además, se analiza la variabilidad genética de las dos muestras de Rumania junto con otras muestras de gitanos de diferentes regiones de Europa, tomadas de la bibliografía, cuyos resultados apoyan la existencia de dos rutas de dispersión de la etnia gitana por Europa, una por el Norte y otra por el Oeste.

Palabras clave: Rumanos, gitanos, ADN mitocondrial, haplogrupos mitocondriales.

Abstract

Genetic study of the present-day Romania population has shown great interest in the field of anthropogenetic. Its geographical location at the gateway to Europe, we allow to evaluate the genetic impact of different population movements occurred in both prehistoric and historic times in Europe (from West Asia and the Near East). The study of the Roma population of Romania is an example of founder population, that probably it had its origin from the Indian subcontinent, although their genetic impact on the present-day Romania population seems unimportant. In the present study we have analyzed the variability of mitochondrial DNA in 128 individuals originally from Romania and eighteen Roma individuals of this same region. The diversity of mitochondrial haplogroups obtained has similarity with mitochondrial variation of populations from Eastern Europe. In addition, the analysis of the genetic variability of the two samples analyzed from Romania in the context of the other Roma samples from different regions in Europe, supports the existence of two dispersion routes the Roma in Europe, one for the North and other for the West.

Keywords : Romania, Roma, mitochondrial DNA, mitochondrial haplogroup.

INTRODUCCIÓN

La región de Rumanía, objeto del presente estudio, se encuentra en la zona de entrada a Europa desde el Próximo Oriente, en la vía que probablemente utilizó *Homo sapiens* en su llegada a Europa y en la ruta de dispersión de los grupos neolíticos. Esta localización geográfica hace que el estudio de esta región sea especialmente interesante para evaluar el impacto genético provocado por los diferentes movimientos poblacionales. El análisis de la población gitana de Rumania, constituye un ejemplo de población fundadora, probablemente originaria del subcontinente indio, aunque su impacto genético en la población actual de Rumania parece poco importante. La dispersión de la etnia gitana por Europa representa uno de los movimientos demográficos recientes más importantes. El número actual de gitanos en Europa es de entre 4 y 10 millones, de los cuales la mayoría se concentra en Centro y Sudeste de Europa. Cualquier sociedad gitana está basada en un

complejo patrón de relaciones familiares que constituye el principal sustento en la permanencia de las características que le son propias (Mendizabal et al. 2011).

Las evidencias antropológicas, lingüísticas y genéticas sitúan a la India como el origen de las poblaciones de los gitanos, que dejaron el continente Indio aproximadamente entre los siglos V y X. Después de abandonar la India, la ruta de migración de los gitanos continuó a través de Persia, Armenia, Grecia y parte de los Balcanes. Los gitanos se establecieron en la región de los Balcanes durante los siglos XI y XII, donde permanecieron dos siglos antes de emprender el viaje hacia el resto del continente Europeo, aunque estos datos han sido muy controvertidos. La expansión hacia el resto del continente Europeo fue un proceso muy rápido que comenzó en el siglo XV (Hancock, 1987). Los individuos pertenecientes a la etnia gitana resultan de gran interés en los estudios antropológicos, debido a su peculiaridad como pueblo que ha permanecido individualizado a lo largo de su historia y que ha experimentado unos procesos migratorios muy importantes (Chaix et al. 2004). En este sentido, diferentes estudios han confirmado su origen oriental e indican la existencia de una cierta heterogeneidad entre los gitanos europeos, al menos entre los grupos localizados en países del Este europeo (Mendizabal et al. 2011).

En este estudio se pretende evaluar la relación genética entre una muestra de la etnia gitana de Rumania y una muestra de individuos oriundos de Rumania. Además, se pretende comparar la variabilidad mitocondrial entre la muestra de gitanos de Rumania y otras muestras de gitanos europeos, con el fin de evaluar el grado de adaptación de la etnia gitana en las poblaciones indígenas que habitan.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha analizado la variabilidad del ADN mitocondrial (ADNmt) de una muestra de 18 individuos gitanos de Rumania y 128 individuos oriundos de Rumania, mediante la secuenciación del segmento hipervariable I (HVS-I) del ADNmt y la determinación de los SNPs de la región codificante.

Los resultados obtenidos han sido comparados con otras muestras de gitanos procedentes de la bibliografía, de la Península Ibérica (n=214), Polonia (n=69), Hungría (n=209), Bulgaria (n=232) y Lituania (n=18) (Fernandez et al. 2008; Reyniers et al. 1995; Gresham et al. 2001; Irwin et al. 2007), así como una muestra de 118 individuos procedentes de India (Barnabas et al. 2006). De la misma forma se compara todas estas muestras de gitanos con las poblaciones indígenas que habitan: Península Ibérica (Álvarez et al. 2007), Polonia (Grzybowski et al. 2007), Hungría (Irwin et al. 2007), Bulgaria (Richards et al. 2000) y Lituania (Lappalainen et al. 2008).

Para determinar la relación entre las muestra de gitanos y de las poblaciones indígenas que habitan, se realizó en primer lugar una matriz de Distancias F_{ST} utilizando el programa ARLEQUÍN v.3.5, la cual se ha representado de forma gráfica mediante un análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS) mediante el programa SPSS v.20.

RESULTADOS

Si analizamos los resultados obtenidos de la muestra de gitanos de Rumania, podemos observar que de los 18 individuos analizados se han obtenido 15 haplotipos mitocondriales diferentes, englobados en ocho haplogrupos mitocondriales, observándose una elevada diversidad genética tanto en base a los haplogrupos como a los haplotipos mitocondriales resultantes (Tabla 1, Figura 1). En cuanto a la muestra de individuos oriundos de Rumania (N=128) observamos también una elevada diversidad haplotípica (87 haplotipos mitocondriales diferentes) que se clasifica en 10 haplogrupos mitocondriales (Tabla 1, Figura 1). Si comparamos la frecuencia de los haplogrupos mitocondriales de ambos grupos observamos que los haplogrupos H, U, J, W, T, K y M son coincidentes entra ambos grupos, sin embargo estos presentan una distribución de frecuencias diferente (Figura 1).

Tabla 1
Diversidad haplotípica y de haplogrupos mitocondriales en la muestra de individuos oriundos de Rumanía y de la etnia gitana de Rumanía

	N	Haplotipos diferentes	Diversidad Haplotípica	Haplogrupos diferentes	Diversidad de Haplogrupos
RUMANOS	128	87	0,9926±0,0024	10	0,6814±0,0408
GITANOS	18	15	0,9804±0,0243	8	0,8301±0,0636

Para analizar las distancias genéticas entre las muestras analizadas y las existentes en la bibliografía, se han realizado dos MDS, uno de ellos en base a las frecuencias de los haplogrupos mitocondriales de las diferentes muestras de gitanos europeos analizadas hasta la actualidad, junto con una muestra de la India (Figura 2). Por otro lado, se ha realizado otro MDS teniendo en cuenta las muestras de gitanos y las muestras de las poblaciones indígenas que habitan (Figura 3).

En el primer MDS podemos observar que la población de la India se encuentra distante al resto de las poblaciones de gitanos incluidas en el estudio. Además, las muestras de gitanos se agrupan, por un lado los gitanos de Rumania, Bulgaria y Hungría y por otro lado el resto. Esto podría indicar que estas poblaciones presentan una

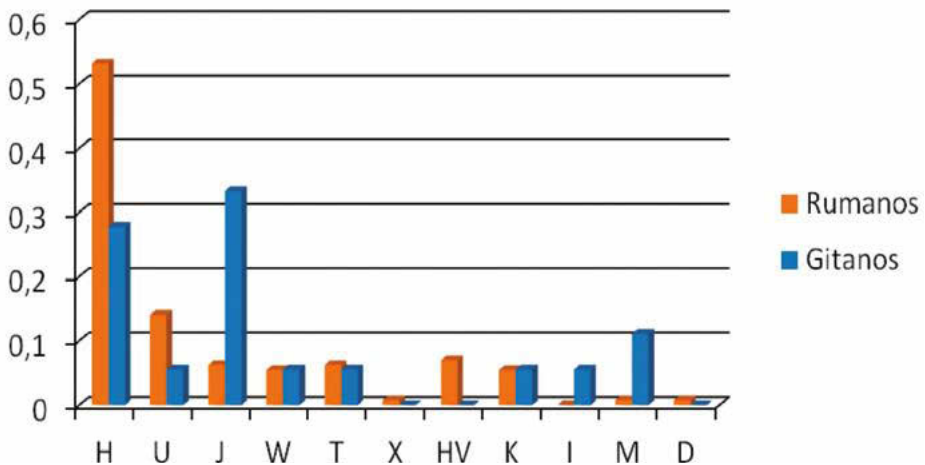
diferente distribución de la variabilidad mitocondrial que a su vez, se encuentra fuera del rango de variabilidad mitocondrial de la población de India (Figura 2).

En el segundo MDS, podemos observar que la población de la India sigue distante a las poblaciones de gitanos y las poblaciones indígenas que estos habitan. Dentro de los grupos de gitanos, observamos que los gitanos de la Península Ibérica, Polonia y Lituania se encuentran distantes tanto al resto de los gitanos incluidos en el análisis, como de las poblaciones indígenas que habitan. Encontrándose el resto de los grupos de gitanos dentro del rango de variabilidad mitocondrial de las poblaciones indígenas (Figura 3). Por lo tanto detectamos un patrón diferencial en diferentes grupos de gitanos de Europa.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, se pretende evaluar la relación genética (ADNmt) entre una muestra de etnia gitana de Rumania (N=18) y una muestra de individuos oriundos de Rumania (N=128). Si analizamos los datos obtenidos en base a la distribución de los haplogrupos mitocondriales para cada grupo de muestras, observamos que ambas se encuentran dentro del mismo rango de variabilidad (Figura 1 y Figura 3).

Figura 1
Distribución de los haplogrupos mitocondriales en la muestra de individuos oriundos de Rumanía y de la etnia gitana de Rumanía

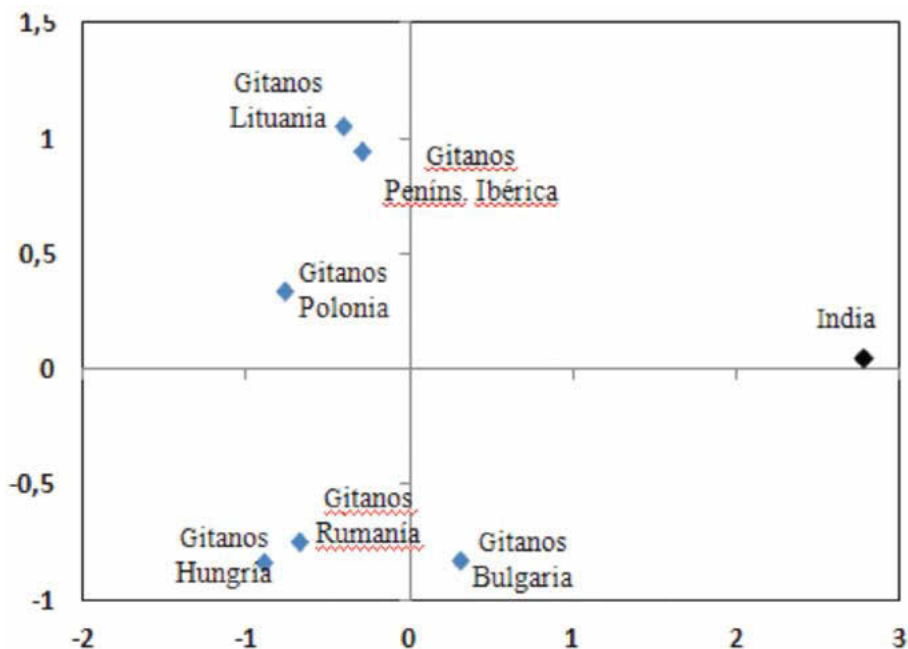


Además, si tenemos en cuenta el MDS en el que solo incluimos muestras de gitanos y una muestra de individuos no gitanos de India (Figura 2), observamos por

un lado, que la muestra de gitano de Rumania no se diferencia de los valores de la variabilidad mitocondrial observada en otras muestra de gitanos de Bulgaria e Hungría, pero si se detecta una mayor distancia genética de estas tres muestras con otras muestras de gitanos de Europa (Península Ibérica, Polonia y Lituania) (Figura 2). Este resultado podría indicar una diferenciación genética entre algunos grupos de gitanos europeos.

Figura 2

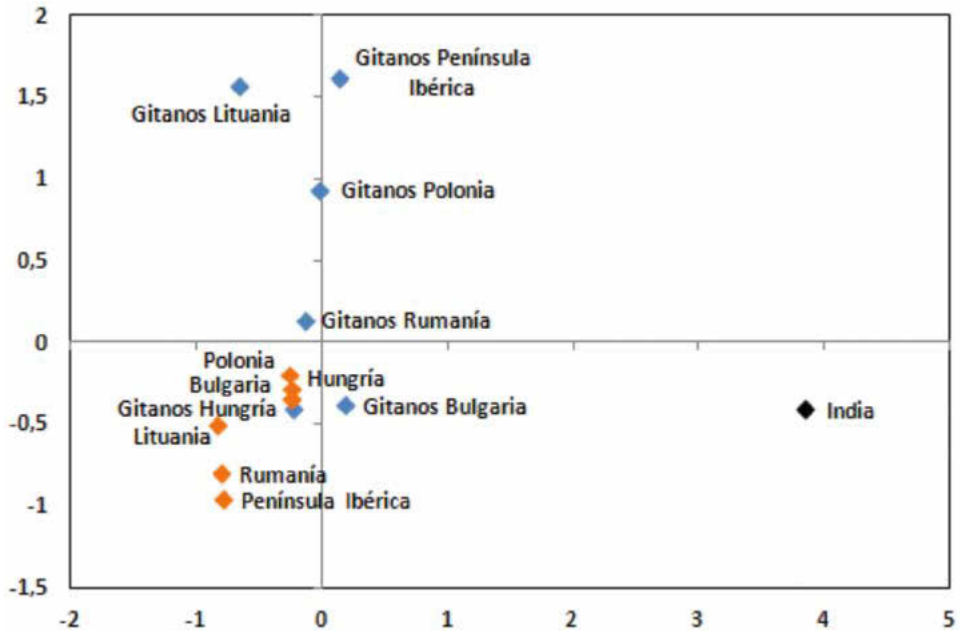
Análisis de Escalamiento multidimensional (MDS). Muestras de gitanos de Rumanía y de otras regiones de Europa, junto con una población de la India



Stress= 0.08695; RSQ= 0.97041.

Al incluir en este MDS las poblaciones indígenas de las regiones que habitan estos grupos de etnia gitana (Figura 3), podemos observar que las muestras de gitanos de Rumania, Hungría y Bulgaria se agrupan con las poblaciones indígenas de las regiones que habitan, mientras que las poblaciones de gitanos de Polonia, Lituania y Península Ibérica se encuentran distantes a sus respectivas poblaciones indígenas. Por lo tanto, basándonos en la distribución de las muestras en el MDS (Figura 3) podemos indicar un comportamiento diferencial de los grupos gitanos en Europa, que podría reflejar la existencia de dos rutas migratorias en Europa, una por el Este y otra por el Norte.

Figura 3
Análisis de Escalamiento multiimensional (MDS). Muestra de gitanos (en azul) y de individuos oriundos de las regiones que habitan (en naranja)



Stress= 0.07033; RSQ= 0.98810.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos, podemos apoyar la hipótesis que propone una ruta migratoria de los gitanos por Europa, que en un primer momento establecieron en el Este de Europa y la región de los Balcanes, para después, expandirse hacia toda Europa observándose una fuerte diferenciación al menos a nivel del ADNmt con los grupos de gitanos del Este de Europa (Mendizábal et al. 2011).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación recibida del Gobierno Vasco (IT542-10), UPV/EHU (UFI11/09) y del MICIN (GCL2011-29057/BOS y GCL2007-04066/BOS).

BILBIOGRAFÍA

- Alvarez J.C., Johnson D.L., Lorente J.A., Martinez-Espin E., Martinez- Gonzalez L.J., Allard M., Wilson M.R. y Budowle B. (2007) Characterization of human control region sequences for Spanish individuals in a forensic mtDNA data set. *Leg Med* 9: 293-304.
- Barnabas S., Shouche Y. y Suresh C. (2006) High-Resolution mtDNA Studies of the Indian Population: Implications for Palaeolithic Settlement of the Indian Subcontinent. *Ann Hum Genet.* 70: 42-58
- Chaix R., Austerlitz F., Morar B., Kalaydjieva L. y Heyer E. (2004) Vlach Roma history: what do coalescent-based methods tell us?. *Eur J Hum Genet.* 12:285-92.
- Fernandez O., Fernandez V., Martinez-Cabrera V., Mayorga C. y Alonso A. (2008) Multiple sclerosis in Gypsies from southern Spain: prevalence, mitochondrial DNA haplogroups and HLA class II association. *Tissue Antigens* 71: 426-433
- Gresham D., Morar B., Underhill P.A., Passarino G. y Lin A.A., (2001) Origins and divergence of the Roma (gypsies). *Am J Hum Genet* 69: 1314-1331.
- Grzybowski T., Malyarchuk B.A., Derenko M.V., Perkova M.A., Bednarek J. y Woźniak M. (2007) Complex interactions of the Eastern and Western Slavic populations with other European groups as revealed by mitochondrial DNA analysis. *Forensic Sci Int Genet.* 1:141-7.
- Hancock I. (1987) The emergence of Romani as a koine outside of India. In: Acton T, editor. *Scholarship and Gypsy struggle: commitment in Romani studies.* Hatfield: University of Hertfordshire Press. pp. 1-13.
- Irwin J., Egyed B., Saunier J., Szamosi G., O'Callaghan J., Padar Z. y Parsons T.J. (2007) Hungarian mtDNA population databases from Budapest and the Baranya county Roma. *Int J Legal Med.* 121: 377-83.
- Lappalainen T., Laitinen V., Salmela E., Andersen P., Huoponen K., Savontaus M.L. y Lahermo P. (2008) Migration waves to the Baltic Sea region. *Ann Hum Genet.* 72:337-48.
- Malyarchuk B.A., Grzybowski T., Derenko M.V., Czarny J. y Miscicka-Sliwka D (2006) Mitochondrial DNA diversity in the Polish Roma. *Ann Hum Genet* 70: 195-206.
- Mendizabal I., Valente C., Gusmao A., Alves C., Gomes V., Goios A., Parson W., Calafell F., Alvarez L., Amorim A., Gusmao L., Comas D. y Prata M.J. (2011) Reconstructing the Indian Origin and Dispersal of the European Roma: A Maternal Genetic Perspective. *Plos One* 10: 6:e1598
- Reyniers A. (1995) Gypsy populations and their movements Within Central and Eastern Europe and Towards Some OECD Countries. *International Migration and Labour Market Policies Occasional Papers 1.* Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.

Richards M., Macaulay V, Hickey E., Vega E., Sykes B., Guida V., Rengo C., Sellitto, D., Cruciani F., Kivisild T., Villems R., Thomas M., Rychkov S., Rychkov O., Rychkov Y., Golge M., Dimitrov D., Hill E., Bradley D., Romano V., Cali F., Vona G., Demaine A., Papiha S., Triantaphyllidis C., Stefanescu G., Hatina J., Belledi M., Di Rienzo A., Novelletto A., Oppenheim A., Norby S., Al-Zaheri N., Santachiara-Benerecetti S., Scozari R., Torroni A. y Bandelt H.J. (2000) Tracing European founder lineages in the Near Eastern mtDNA pool. *Am. J. Hum. Genet.* 67: 1251-1276.

INTERÉS DEL ESTUDIO DE GENES CANDIDATOS PARA ESQUIZOFRENIA EN ENDOFENOTIPOS BASADOS EN RASGOS ESQUIZOTÍPICOS MEDIDOS EN INDIVIDUOS SANOS DE LA POBLACIÓN GENERAL

INTEREST OF RESEARCH ON CANDIDATE GENES FOR SCHIZOPHRENIA USING ENDOPHRENOTYPES BASED ON SCHIZOTYPAL TRAITS ASSESSED IN HEALTHY INDIVIDUALS

Rosa, A.^{1,4}; Escarré-Vinyeta, J.¹; de Castro-Català, M.¹; Ros-Morente, A.³; Kwapil, T.R.²; Barrantes-Vidal, N.^{2,4,5}

¹Unitat d'Antropologia, Departament de Biologia Animal, Universitat de Barcelona

²University of North Carolina at Greensboro, United States

³Departament de Psicologia Clínica i de la Salut, Universitat Autònoma de Barcelona

⁴Instituto de Salud Carlos III, CIBERSAM

⁵Sant Pere Claver – Fundació Sanitària

Correspondencia:

Unitat d'Antropologia. Departament Biologia Animal. Facultat de Biologia.
Universitat de Barcelona. Avinguda Diagonal 643. 08028 Barcelona
araceli.rosa@ub.edu

Resumen

Una prometedora estrategia para el estudio de la vulnerabilidad genética de enfermedades multifactoriales y heterogéneas, como la esquizofrenia es la identificación de endofenotipos cuantificables que se relacionen tanto con el componente genético de la enfermedad como con su fisiopatología. Los rasgos esquizotípicos se han propuesto como endofenotipos adecuados para esquizofrenia. Sin embargo, existen relativamente pocos estudios a nivel poblacional que relacionen la expresión de este endofenotipo y la variabilidad de genes candidatos para esquizofrenia.

El gen que codifica para la MTHFR (*Methylenetetrahydrofolate reductase*) está implicado en el metabolismo del folato y procesos de metilación intracelular. Diversos estudios recientes han asociado dos polimorfismos funcionales en este gen (C677T y A1298) con esquizofrenia y más recientemente con la sintomatología negativa asociada a algunos pacientes.

El objetivo del presente estudio fue estudiar la variabilidad del gen MTHFR mediante los polimorfismos C677T y A1298 y su asociación con esquizotipia positiva y negativa, en una muestra formada por 547 estudiantes universitarios sanos.

Todos los participantes completaron la versión española de las Escalas de Vulnerabilidad a la Psicosis de Wisconsin, un conjunto de cuatro escalas (Ideación Mágica, Percepción Aberrante, Anhedonia Física, Anhedonia Social Revisada), que valoran rasgos esquizotípicos en población general. Un análisis factorial de las cuatro escalas produjo 2 factores correspondientes a esquizotipia positiva y negativa que explicaban un 80% de la varianza.

El análisis de la varianza (ANOVA) no puso de manifiesto una asociación significativa entre los dos polimorfismos analizados y la dimensión positiva de la esquizotipia (MTHFR C677T: $F(2, 545) = 0,560$, $p > 0.05$; MTHFR A1298C: $F(2, 545) = 0,278$, $p > 0.05$) o la dimensión negativa (MTHFR C677T: $F(2, 545) = 1,036$, $p > 0.05$; MTHFR A1298C: $F(2, 545) = 0,810$, $p > 0.05$). Los resultados de este estudio no parecen apoyar, usando el endofenotipo basado en rasgos esquizotípicos, las evidencias previas que asociaban la dimensión negativa de la esquizofrenia y la variabilidad analizada en el gen MTHFR.

Palabras clave: esquizotipia, gen MTHFR, esquizofrenia, población general, genes y enfermedad.

Abstract

A promising approach to the study of the genetic vulnerability for multifactorial and heterogeneous disorders such as schizophrenia is the identification of endophenotypes. Endophenotypes are measurable components along the pathway between the genetic infrastructure and the presentation of the disorder. Schizotypy might serve as promising endophenotype for schizophrenia. However, few studies at the population level have studied the association between this endophenotype and the variability of candidate genes for schizophrenia.

The Methylentetrahydrofolate reductase gene (MTHFR) is a candidate susceptibility gene for schizophrenia because it is involved in the folate metabolic pathway and other intracellular methylation processes. Recently, two common functional polymorphisms in the MTHFR gene (C677T and A1298) have been associated with negative symptoms in schizophrenic patients.

The aim of the present study was to examine the influence of this gene on positive and negative schizotypy, which are both heritable and genetically related to schizophrenia, in a sample of 547 young healthy undergraduates.

Participants completed the Spanish version of the self-reported Wisconsin Schizotypy Scales (WSS). These questionnaires included 4 scales: Magical ideation, Perceptual aberration, Physical Anhedonia and Revised Social Anhedonia. Exploratory and confirmatory factor analyses of the four scales reliably produced two factors, positive and negative schizotypy, that account for 80% of the variance.

ANOVAs do not show a significant association of MTHFR C677T and A1298C genotypes with positive schizotypy dimension (MTHFR C677T: $F(2, 545)=0,560$, $p>0.05$; MTHFR A1298C: $F(2,545)=0,278$, $p>0.05$) or negative schizotypy dimension (MTHFR C677T: $F(2, 545)=1,036$, $p>0.05$; MTHFR A1298C: $F(2, 545)=0,810$, $p>0.05$). These findings do not support the association between the MTHFR gene and the endophenotype based on schizotypy. Further analyses are needed to explore the idea that a biological differentiation underlies positive and negative schizotypy, consistent with the multidimensional model of schizotypy.

Keywords: schizotypy, MTHFR gene, schizophrenia, general population, genes and disease

INTRODUCTION

Current etiological models conceptualize schizophrenia as a neurodevelopmental disorder [Rapoport et al., 2005]. This neurodevelopmental vulnerability is expressed across a continuum referred to as schizotypy that ranges from mild impairment to full-blown schizophrenia [Meehl, 1990]. Schizotypy (and by extension, schizophrenia) is multidimensional in nature, with positive and negative schizotypy being the most consistently replicated factors [Kwapil et al., 2008]. The study of schizotypy allows to examine relevant etiological factors without the confounders of medication, hospitalization, and stigma that accompany the disorder. The psychometric assessment of schizotypy offers a noninvasive and inexpensive method that reliably predicts schizophrenic-like symptoms and the development of schizophrenia-spectrum disorders [Chapman et al., 1994; Kwapil, 1998] (see the chapter of de Castro-Català in this book for further information).

Schizophrenia is a complex disorder with variable phenotypic expressions. Several studies confirm a strong genetic component but it appears most likely that many different genes are involved and environmental factors also contribute to the expression of the disease in those susceptible individuals.

A promising approach to the study of the genetic vulnerability for multifactorial and heterogeneous disorders such as schizophrenia is the identification of endophenotypes [Gottesman and Gould 2003]. Endophenotypes are measurable components along the pathway between the genetic infrastructure and the presentation of the disorder. There are established criteria to identify useful endophenotypes to study an illness (see Box 1). Endophenotypes are supposed: i) to be less complex phenotypes and ii) to be determined by less number of genes than the disease itself. Schizotypy might serve as promising endophenotypes for schizophrenia. However, few studies at the population level have studied the association between this endophenotype and the variability of candidate genes for schizophrenia.

Schizotypal traits often precede the development of schizophrenia [Tyrka et al., 1995] and it is considered by some to be a low end of the schizophrenia spectrum. It has also been found to be present in high frequency in relatives of schizophrenic patients, suggesting a common genetic background with the disease [Webb and Levinson, 1993].

Several studies report a significant heritability for schizotypal traits [Torgersen et al., 2000] and it has been suggested that positive and negative symptoms in schizophrenia correlate with the corresponding symptoms in schizotypal relatives [Fanous et al., 2001]. It therefore seems likely, that schizotypal traits represent a condition attributable to some (but possibly not all) of the genes that predispose to schizophrenia, as it is a common but not a consistent premorbid finding. Schizotypal traits also appear to have a higher penetrance since it is often found in non-affected family members. Both these characteristics, if true, may considerably augment the power of linkage and genetic association studies when schizotypy, which is the related continuous measurable trait, is the phenotype used and not the disease itself.

Although there are definite criteria for the clinical diagnosis of schizotypal disorder, schizotypy is a trait present in the general population in a more or less continuous manner. Several questionnaires have been developed that assess self-reported schizotypy as a quantitative trait. Using a quantitative variable for an association study is an advantage, as it allows the study of its variation in relationship to the genotype, as opposed to measuring genotype frequencies in subgroups defined by arbitrary cut-off points.

Studies attempting to identify susceptibility genes for schizophrenia have suggested the presence of schizophrenia related genes in several locations of our genome. The most replicated genes in these studies are: APOE, BDNF, COMT, DAO, DAOA, DRD1, DRD2, DRD3, DRD4, DTNBP1, GABRB2, GRIN2B, HP, IL1B, MTHFR, NRG1, PLXNA2, SLC6A4, TP53 and TPH1 [Allen et al., 2008]. Some of these candidate genes have been tested in samples of individuals with self-reported schizotypy (e.g. COMT and BDNF) [Avramopoulos et al., 2002; Schürhoff et al., 2007; Ma et al., 2007].

Evidence implicating Metylenetetrahydrofolate reductase (MTHFR), an enzyme in the folate metabolic pathway, has been gradually accumulating over the last 30 years of schizophrenia research worldwide [Arinami et al., 1997; Joober et al., 2000; Regland et al., 1997; Sazci et al., 2003; Wei and Hemmings, 1999]. MTHFR catalyses the conversion of 5,10-metylenetetrahydrofolate (5,10-MTHF) to 5-metyltetrahydrofolate (5-MTHF), the predominant circulating form of folate (Figure 1). This reaction product serves as a carbon donor for homocysteine metabolism and other intracellular methylation processes [Roffman et al., 2008]. A

dramatic case of folate-responsive psychotic symptoms in an individual with 82% reduced MTHFR activity was reported in 1975 [Freeman et al., 1975]. A subsequent study of brain tissue indicated 18–42% reductions in MTHFR activity across brain regions in 10 patients with schizophrenia [Elliott et al., 1978]. More recently, gene association studies have generated renewed interest in MTHFR and schizophrenia [Roffman et al., 2007; Sazci et al., 2005; Virgos et al., 1999]. These studies have analyzed two common functional polymorphisms (C677T-Ala222Val and A1298C-Glu429Ala) that both reduce enzymatic activity. A single copy of the MTHFR 677T allele causes a 35% reduction of enzyme activity [Frosst et al., 1995]. Thus, individuals carrying T alleles have reduced availability of 5-methyltetrahydrofolate for the conversion of homocysteine to methionine and s-adenosylmethionine. Whereas the MTHFR 1298C allele causes a more moderate reduction in enzyme activity compared with the 677T allele [Peerbooms et al., 2012].

More recently, Roffman and colleagues [Roffman et al., 2008a] indicated that among 200 outpatients with schizophrenia, individuals with the 677T allele exhibited significantly greater negative symptom scores than their C/C counterparts. Similar patterns were not observed for positive symptoms or general psychopathology. Furthermore, this study did not find association between A1298C polymorphism and negative symptoms, and only weakly to positive symptoms of psychosis [Roffman et al., 2008a].

These studies have suggested that MTHFR is a possible susceptibility gene for schizophrenia and especially to negative symptoms. Exploring the influence of this gene on schizotypal traits, given that both are heritable and genetically related to schizophrenia, may facilitate the understanding of its genetic etiology. To test the hypothesis that MTHFR gene is associated with schizotypy, we genotyped two functional SNPs (C677T and A1298C) in this gene located at 1p36.6, and performed association analyses with genotypes of these polymorphism and quantitative schizotypal trait scores in healthy population.

According to the continuum model we hypothesize that C677T that has been associated with negative symptoms of schizophrenia, should also be related broadly to the negative dimension of schizotypy.

MATERIAL AND METHODS

Sample

The sample included 547 students (456 women, 91 men) recruited from the Universitat Autònoma de Barcelona out of a candidate pool of approximately 750 participants (73%). The participants volunteered to take part in the study for course

credit and were not preselected based upon any criteria. Mean age of the sample was 20.6 (SD=4.11).

Psychometric measures

All study procedures were approved by the Ethics Committee of the Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). After providing written informed consent, healthy participants were administered self-report, true false Wisconsin Schizotypy Scales (WSS) to measure overall schizotypy accounting for both positive and negative symptoms.

The WSS questionnaires included the Magical Ideation [Eckblad and Chapman, 1983], Perceptual Aberration [Chapman et al., 1978], Physical Anhedonia [Chapman et al., 1976] and Revised Social Anhedonia [Eckblad et al., 1982] Scales. Participants completed Spanish translations of the scales [Ros-Morente et al., 2010]. Items on the schizotypy scales were intermixed with 13-item measuring infrequent answers [Chapman and Chapman, 1983]. The infrequency scale was included to screen out participants who responded in a random or «fake-bad» manner (e.g., I cannot remember a time when I talked with someone who wore glasses). Consistent with the recommendations of Chapman and Chapman, participants who endorsed more than two infrequency items were dropped from the study.

These scales have been widely used in cross-sectional and longitudinal studies with psychotic and psychosis-prone subjects [Barrantes-Vidal et al., 2009, 2010]. Non-psychotic individuals with markedly elevated scores on these scales tend to show psychological and physiological deficits similar to those seen in schizophrenia patients and are at heightened risk for developing schizophrenia-spectrum disorders (e.g., [Chapman et al., 1994; Kwapil, 1998]).

Confirmatory factor analyses of the four scales reliably produce two factors, positive and negative schizotypy, that account for 80% of the variance. The two factors used in the present study were calculated in a previous published study [Kwapil et al., 2011]. Positive and negative schizotypy dimensional scores were based upon factor loadings derived from a sample of 6,137 college students [Kwapil et al., 2011].

Laboratory methods

Six DNA buccal swabs per participant were collected with sterile cotton swabs. The individuals were requested to rubbing the inside of their cheeks with the swab for one minute prior to placing it in the protection part of the swab. Of the 547 individuals, 544 agreed to provide buccal sample.

DNA was extracted using Real Pure Genomic DNA Extration from Cells And Tissues (Durviz, Parque tecnológico de Valencia, 46980 Paterna, Spain) in our Laboratory at the Unitat d'Antropologia de la Facultat de Biologia (UB) by A. Moreno-Fortuny and J. Escarré.

Spectrophotometer readings (A260/280) were taken with Nanodrop from all the samples to ensure the relative purity of the DNA. After calculate the concentration of the extracted DNA, the samples were aliquoted in 96 well plates at 5ng/ul. The aliquoted DNA samples were stored at -20° C.

Genotyping was performed using a fluorescence-based allelic discrimination assay (TaqMan, Applied Biosystems, Foster City,CA) with two custom assays: rs1801131 (MTHFR A1298C; assay ID C_850486_20) and rs1801133 (MTHFR C677T; assay ID C_1202883_20). Standard conditions were used. Assays were run in a 384 well plate on a 7900HT Fast Real-Time PCR System (Applied Biosystems) in the Servei de Genòmica of Universitat de Barcelona (<http://www.ccit.ub.edu/CA/tb06.html>).

Statistical Analyses

For both SNPs we assessed compliance with Hardy-Weinberg Equilibrium (HWE). HWE test was performed on the HWE calculator available on <http://www.oege.org/software/hwe-mr-calc.shtml> as a simple chi-squared test (χ^2) that just checks if the allelic combinations occur randomly. In genetic association studies, HWE principles are applied to detect genotyping errors. In population genetics, the Hardy-Weinberg principle (HWP) provides understanding population structure.

The association between Wisconsin Schizotypy Scales and gender were explored with T-student test. Mann-Whitney test was used to check for differences between gender and schizotypy factors with non-normal distribution.

Genotype association analyses

Subjects were assigned to three groups according to their genotype (two homozygotes and one heterozygote). One-way analysis of variance (ANOVA) was performed. The two factors (positive and negative) were used as dependent variables, while the genotype groups were assigned as independent variables to define groups of subjects. MTHFR C677T genotype (C/C=1; C/T=2; T/T=3) and MTHFR A1298C genotype (A/A=1; A/C=2; C/C=3). We also used two-way ANOVA test to estimate the interactive effect of gender and genotypes on the schizotypy dimensions. These analyses were performed with SPSS version 19.0 (SPSS for Windows; SPSS Inc. IBM, Chicago, IL).

RESULTS

Descriptive data

DNA was available for 544 individuals. Genotyping failed for 3 individuals for C677T SNP and 21 individuals for A1298C SNP. The genotyping call rate in the present study was 0.55% and 3.84%, respectively. These results are according with those described in the literature (Applied Biosystems Life Technologies: <http://products.appliedbiosystems.com>)

Genotype frequencies for all the analyzed SNPs did not depart significantly from Hardy-Weinberg equilibrium (at a significance level of 0.05), supporting absence of genotyping artifacts (data not shown).

The allelic and genotypic frequencies are reported in Table 1. Both frequencies, for each SNP in the study, were calculated and compared with previously described values in European reference population (HapMap project: <http://www.hapmap.org>) without significant differences (data not shown).

Association between psychometric measures and gender

Mean scores and standard deviation of psychometric scales (WSS) and positive and negative dimension for all the participants, as well as for gender groups are shown in Table 2. Higher mean scores were observed for all the schizotypy scales in men except for the Perceptual Aberration scale (3.58 ± 3.97 in males vs. 3.91 ± 4.06 in female) (see Table 2). T-student test pointed out that these differences were only significant for the Social and Physical Anhedonia scale ($t=5.49$; $df=544$; $p=0.00$, $t=3.26$; $df=544$; $p=0.001$, respectively), which tap negative schizotypy.

According to the confirmatory factor analyses of the four scales [Kwapil et al., 2011], two factors were obtained: positive and negative schizotypy dimensions. Perceptual Aberration and Magical Ideation scales loaded on the positive schizotypy factor and the two Anhedonia scales loaded on the negative schizotypy factor. The sample included a broad range of scores on the positive and negative schizotypy factors, the distribution of both were unimodal. Mann-Whitney test were used to check for the association between those two factors and gender. It confirmed our previous result associating higher negative schizotypy in males ($U=15161.50$; $p<0.01$) but not positive schizotypy.

Association between variability in the MTHFR and psychometric assessment

In order to study the association between MTHFR C677T and MTHFR A1298C genotype on the schizotypy measures, one-way ANOVA was conducted.

On the basis of ANOVA, considering all three genotypes in the 2 analyzed SNPs, no significant associations were seen with either positive schizotypy dimension (MTHFR C677T: $F(2, 545)= 0,560$, $p>0.05$; MTHFR A1298C: $F(2,545)=0,278$, $p>0.05$) or negative schizotypy dimension (MTHFR C677T: $F(2, 545)=1,036$, $p>0.05$; MTHFR A1298C: $F(2, 545)=0,810$, $p>0.05$). For further details see Table 3.

Interaction between MTHFR genotype, schizotypy and gender

Two-way ANOVA was conducted to check if the association found between schizotypy and gender (i.e.: negative schizotypy and males) was modulated by the genetic variability in the MTHFR gene.

No significant interaction was detected between the studied MTHFR variability (C677T and A1298C) and gender with regard to negative schizotypy ($F(2, 521)=1.4$, $p= 0.2$; $F(2, 521)=0.2$, $p= 0.8$). Non-significant interaction was found for the positive dimension.

DISCUSSION

The present study aimed to study the variability of a schizophrenia candidate gene coding for a protein involved in neurobiological pathways, with a putative role in schizophrenia according to previous studies, and to analyse its association with endophenotypes or intermediate phenotypes of the disease in a healthy sample of the general population. These phenotypes are supposed to be determined by less number of genes than the disease itself and have been proposed to facilitate the dissection of genetic components of psychosis-proneness. Specifically, our project has used schizotypy as endophenotype, and has studied its association with the variability of the Metylenetetrahydrofolate reductase gene (MTHFR). Our findings do not show significant associations between the two dimensions of schizotypy and the two polymorphisms analyzed in the MTHFR gene (C677T and A1298C). These results do not support the idea that a biological differentiation underlies positive and negative schizotypy, consistent with the multidimensional model of schizotypy.

It has been postulated that light might be shed on the etiology of psychosis by studying individuals who have psychotic symptoms without being in need of treatment [Johns and van Os, 2001]. Another potential approach is to measure in the general population the occurrence of schizotypal traits as an attenuated form of psychotic symptoms. Schizotypy has been measured in the present sample of 547 undergraduated students and our results have pointed out differences in the levels of negative schizotypy in the group of males. These findings are in accordance with previous reports found in the literature (e.g.: [Barrantes-Vidal et al., 2010; Fonseca-Pedrero et al., 2012]). This differential pattern is similar to the one found in patients with schizophre-

nia and in nonclinical young adults, and these findings improve our understanding about the phenotypic expression of schizotypy. Moreover, the findings provide a connection for negative schizotypy in molecular genetics, further supporting schizotypy's utility for elucidating the etiology of schizophrenia-spectrum disorders.

There are many studies linking schizophrenia with the MTHFR gene, as we mentioned in the introduction of this paper [Arinami et al., 1997; Jooper et al., 2000; Regland et al., 1997; Sazci et al., 2003, 2005; Wei and Hemmings, 1999; Freeman et al., 1975; Elliott et al., 1978; Roffman et al., 2007; Virgos et al., 1999; Frosst et al., 1995; Peerbooms et al., 2012]. We have studied here the association between two functional polymorphisms in the MTHFR gene and self-reported positive and negative schizotypy with well established questionnaires. Our results do not support the association found in schizophrenia patients.

Previous reports on schizophrenia research support that the MTHFR C677T polymorphism contributes to variation in negative symptom severity in schizophrenia, with T/T subjects at greatest risk [Roffman et al., 2008b]. This pattern support previous results indicating the relationship between negative symptoms and serum folate levels [Goff et al., 2004]. On the other hand, Sazci and colleagues [Sazci et al., 2003] found a significant association between a compound genotype (T677T/A1298A) in male schizophrenic patients but not in women schizophrenic patients.

The Methylene tetrahydrofolate reductase gene (MTHFR) catalyzes the reaction of 5,10 methylene tetrahydrofolate to methyl tetrahydrofolate, which is used for remethylation of homocysteine to methionine. DNA methylation is essential for gene regulation and genomic integrity during cellular differentiation. The genomic DNA methylation directly correlates with folate status and inversely with plasma homocysteine. The relationship between MTHFR polymorphisms and plasma folate status has been associated with neural tube defects and neuropsychiatric disorders [Arinami et al., 1997].

No previous studies have studied the variability of this gene in relation to schizotypy. However, previous findings in schizophrenia and the function of this gene make it a good candidate gene to be studied in future studies. Larger studies should be encouraged because power is limited, given the small magnitude of effect sizes we are studying. Finally, effects of different genetic variants are likely to be subtle when seen in isolation. However, cumulatively they might have an important impact on the genetic background of these phenotypes.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was developed in collaboration with the Universitat Autònoma de Barcelona. Support for this study came from the Spanish Ministry of Science and Innovation (Plan Nacional I+D+I PSI2008-04178 and PSI2011-30321-C02-02).

REFERENCES

- Allen N.C., Bagade S, McQueen M.B., Ioannidis J.P.A., Kavvoura F.K., Khoury M.J., Tanzi R.E., Bertram L. (2008) Systematic meta-analyses and field synopsis of genetic association studies in schizophrenia: the SzGene database. *Nat Genet* 40: 827-834.
- Arinami T., Yamada N., Yamakawa-kobayashi K., Hamaguchi H., Toru M. (1997) Metylenetetrahydrofolate Reductase Variant and Schizophrenia / Depression. *Am J Med Genet* 528: 526-528.
- Avramopoulos D., Stefanis N.C., Hantoumi I., Smyrnis N., Evdokimidis I., Stefanis C.N. (2002) Higher scores of self reported schizotypy in healthy young males carrying the COMT high activity allele. *Mol psychiatry* 7: 706-11.
- Barrantes-Vidal N., Lewandowski K.E., Kwapil T.R. (2010) Psychopathology, social adjustment and personality correlates of schizotypy clusters in a large nonclinical sample. *Schizophrenia research* 122: 219-25.
- Barrantes-Vidal N., Ros-Morente A., Kwapil T.R. (2009) An examination of neuroticism as a moderating factor in the association of positive and negative schizotypy with psychopathology in a nonclinical sample. *Schizophrenia research* 115: 303-9.
- Chapman L.J., Chapman J.P. (1983) Infrequency Scale. Unpublished Manuscript.
- Chapman L.J., Chapman J.P., Kwapil T.R., Eckblad M., Zinser M.C. (1994) Putatively psychosis-prone subjects 10 years later. *J Abnorm Psychol* 103: 171-183.
- Chapman L.J., Chapman J.P., Raulin M.L. (1978) Body-Image Aberration in Schizophrenia. *J Abnorm Psychol* 87: 399-407.
- Chapman L.J., Chapman J.P., Raulin M.L. (1976) Scales for physical and social anhedonia. *J Abnorm Psychol* 85: 374-382.
- Eckblad M., Chapman L.J. (1983) Magical ideation as an indicator of schizotypy. *J Consult Clin Psych* 51: 215-225.
- Eckblad M.L., Chapman L.J., Chapman J.P., Mishlove M. (1982) The Revised Social Anhedonia Scale. Unpublished test.
- Elliott G.R., Sutherland K., Erdelyi E., Ciaranello R.D., Barchas J.D., Wyatt R.J. (1978) N5,10-methylenetetrahydrofolate reductase activity in autopsied brain parts of chronic schizophrenics and controls and in vitro tryptoline formation. *Biol Psychiatry* 13: 695-708.
- Fanous A., Gardner C., Walsh D., Kendler K.S. (2001) Relationship between positive and negative symptoms of schizophrenia and schizotypal symptoms in nonpsychotic relatives. *Archives of general psychiatry* 58: 669-73.
- Fonseca-Pedrero E., Lemos-Giráldez S., Paino M., Sierra-Baigrie S., Muñiz J. (2012) Phenotypic Expression of Schizotypal Traits in an Adolescent Population. *J Pers Disord*: 539-550.

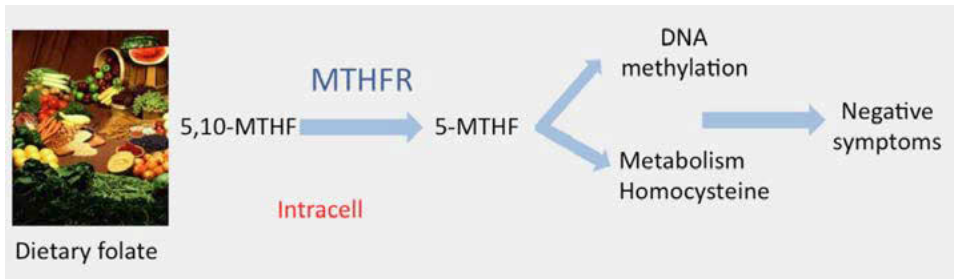
- Freeman J.M., Finkelstein J.D., Mudd SH (1975) Folate-responsive homocystinuria and «schizophrenia». A defect in methylation due to deficient 5,10-methylenetetrahydrofolate reductase activity. *N Engl J Med* 292: 491-496.
- Frosst P., Blom H.J., Milos R., Goyette P., Sheppard C.A., Matthews R.G., Boers G.J., den Heijer M., Kluijtmans L.A.J., van der Heuvel L.P., Rozen R. (1995) A candidate genetic risk factor for vascular disease: a common mutation in methylenetetrahydrofolate reductase. *Nat Genet* 10: 111-113.
- Goff D.C., Bottiglieri T., Arning E., Shih V., Freudenreich O., Evins A.E., Henderson D.C., Baer L., Coyle J. (2004) Folate, homocysteine, and negative symptoms in schizophrenia. *Am J Psych* 161: 1705-8.
- Gottesman I.I. and Gould T.D. (2003) The endophenotype concept in psychiatry: etymology and strategic intentions. *Am J Psych* 160, 636- 645
- Johns L.C., van Os J. (2001) The continuity of psychotic experiences in the general population. *Clin psych review* 21: 1125-41.
- Joober R., Benkelfat C., Lal S., Bloom D., Labelle A., Lalonde P., Turecki G., Rozen R., Rouleau G.A. (2000) Association between the methylenetetrahydrofolate reductase 677C-->T missense mutation and schizophrenia. *Mol Psych* 5: 323-326.
- Kwapil T.R. (1998) Social anhedonia as a predictor of the development of schizophrenia-spectrum disorders. APA AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION.
- Kwapil T.R., Barrantes-Vidal N., Silvia P.J. (2008) The dimensional structure of the Wisconsin Schizotypy Scales: factor identification and construct validity. *Schizophr Bull* 34: 444-57.
- Kwapil T.R., Ros-Morente A., Silvia P.J., Barrantes-Vidal N. (2011) Factor Invariance of Psychometric Schizotypy in Spanish and American Samples. *J Psychopathol Behav* 34: 145-152.
- Ma X., Sun J., Yao J., Wang Q., Hu X., Deng W., Sun X., Liu X., Murray R.M., Collier D., Li T. (2007) A quantitative association study between schizotypal traits and COMT, PRODH and BDNF genes in a healthy Chinese population. *Psychiatry Res* 153: 7-15.
- Meehl P.E. (1990) Toward an Integrated Theory of Schizotaxia, Schizotypy, and Schizophrenia. *J Personal Dis* 4: 1-99. van Os J., Kenis G., Rutten B.P.F. (2010) The environment and schizophrenia. *Nat* 468: 203-12.
- Peerbooms O., Rutten B.P.F., Collip D., Lardinois M., Lataster T., Thewissen V., Mafi Rad S., Drukker M., Kenis G., van Os J., Myin-Germeys I., van Winkel R. (2012) Evidence that interactive effects of COMT and MTHFR moderate psychotic response to environmental stress. *Acta Psychiat Scand* 125: 247-256.
- Rapoport J.L., Addington a M., Frangou S., Psych M.R.C. (2005) The neurodevelopmental model of schizophrenia: update 2005. *Mol Psych* 10: 434-49.

- Regland B., Germgard T., Gottfries C.G., Grenfeldt B. (1997) Homozygous thermolabile methylenetetrahydrofolate reductase in schizophrenia-like psychosis. *J Neural Transm.* 931-941.
- Roffman J.L., Weiss A.P., Deckersbach T., Freudenreich O., Henderson D.C., Purcell S., Wong D.H., Halsted C.H., Goff D.C. (2007) Effects of the methylenetetrahydrofolate reductase (MTHFR) C677T polymorphism on executive function in schizophrenia. *Schizophrenia research* 92: 181-8.
- Roffman J.L., Weiss A.P., Deckersbach T., Freudenreich O., Henderson D.C., Wong D.H., Halsted C.H., Goff D.C. (2008) Interactive effects of COMT Val108/158Met and MTHFR C677T on executive function in schizophrenia. *Am J Med Genet.*
- Roffman J.L., Weiss A.P., Purcell S., Caffalette C., Freudenreich O., Henderson D.C., Bottiglieri T., Wong D.H., Halsted C.H., Goff D.C. (2008) Contribution of Methylenetetrahydrofolate Reductase (MTHFR) Polymorphisms to Negative Symptoms in Schizophrenia. *Biol Psych* 63: 42-48.
- Ros-Morente A., Rodriguez-Hansen G., Vilagr a-Ruiz R., Kwapil T.R., Barrantes-Vidal N. (2010) Adaptation of the wisconsin scales of psychosis proneness to Spanish. *Actas espa ololas de psiquiatr a* 38: 33-41.
- Sazci A., Ergul E., Kara I. (2003) Short communication Methylenetetrahydrofolate reductase gene polymorphisms in patients with schizophrenia. *117: 104-107.*
- Sazci A., Ergul E., Kucukali I., Kara I., Kaya G. (2005) Association of the C677T and A1298C polymorphisms of methylenetetrahydrofolate reductase gene with schizophrenia: association is significant in men but not in women. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 29: 1113-23.
- Sch urhoff F., Sz oke A., Chevalier F., Roy I., M eary A., Bellivier F., Giros B., Leboyer M. (2007) Schizotypal dimensions: an intermediate phenotype associated with the COMT high activity allele. *Am J Med Genet*
- Torgersen S., Lygren S., Oien P., Skre I., Onstad S., Edvardsen J., Tambs K., Kringlen E. (2000) A twin study of personality disorders. *Compr Psychiat* 41: 416-25.
- Tyrka A.R., Cannon T.D., Haslam N., Mednick S.A., Schulsinger F., Schulsinger H., Parnas J. (1995) The latent structure of schizotypy: I. Premorbid indicators of a taxon of individuals at risk for schizophrenia-spectrum disorders. *J Abn Psychol* 104: 173-183.
- Virgos C., Martorell L., Sim o J.M., Valero J., Figuera L., Joven J., Labad A., Vilella E. (1999) Plasma homocysteine and the methylenetetrahydrofolate reductase C677T gene variant: lack of association with schizophrenia. *Neuroreport* 10: 2035-8.
- Webb C.T., Levinson D.F. (1993) Schizotypal and paranoid personality disorder in the relatives of patients with schizophrenia and affective disorders: a review. *Schizoph Res* 11: 81-92.
- Wei J., Hemmings G.P. (1999) Allelic association of the MTHFR gene with schizophrenia. *Mol Psych* 4: 115-116.

Figure 1

Intracellular effect of the Methylenetetrahydrofolate Reductase (MTHFR)

MTHFR is an enzyme in the folate metabolic pathway that catalyses the conversion of 5,10-methylenetetrahydrofolate (5,10-MTHF) to 5-methyltetrahydrofolate (5-MTHF), the predominant circulating form of folate. This reaction product serves as a carbon donor for homocysteine metabolism and other intracellular methylation processes. Reduce MTHFR activity has been related with psychotic symptoms.



Box 1

Criteria for identification of useful endophenotypes for complex disorders

1. The endophenotype is associated with illness in the population
2. The endophenotype is heritable
3. The endophenotype is primarily state-independent (manifest in an individual whether or not illness is active)
4. Within families, endophenotype and illness co-segregate
5. The endophenotype found in affected family members is found in non affected family members at a higher rate than in the general population

From Gottesman and Gould, 2003

Table 1
Allele and genotype frequencies of the MTHFR C677T and A1298C polymorphisms in: i) the present sample (n=544 individuals) and ii) in European population (EU-Population) (HapMap CEU-population, source National Center for Biotechnology Information, NCBI)

	GENOTYPING FREQUENCIES		ALLELIC FREQUENCIES	
	Present study (n (%))	EU-population (%)	Present study (%)	EU- population (%)
MTHFR C677T				
C/C	200 (37%)	46.9%	C: 61% T: 39%	C: 69% T: 31%
C/T	259 (48%)	44.2%		
T/T	82 (15%)	8.8%		
Missings	3			
MTHFR A1298C				
A/A	271 (52%)	43.4%	A: 71% C: 29%	A: 66% C: 34%
A/C	203 (39%)	45.1%		
C/C	49 (9%)	11.5%		
Missings	21			
TOTAL SAMPLE	544			

Table 2
Descriptive statistics for the Schizotypy scales used in the present study (Wisconsin Schizotypy Scales, WSS) and for the Confirmatory Factor Analyses of the Schizotypy Scales

	\bar{X} (SD) (n=546)	Range (Min-Max)	\bar{X} Male (SD) (n=91)	\bar{X} Female (SD) (n=455)
WSS*				
Magical Ideation	5.7 (4.46)	0 - 26	5.82 (4.45)	5.67 (4.46)
Perceptual Aberration	3.86 (4.05)	0 - 24	3.58 (3.97)	3.91 (4.06)
Physical Anhedonia	12.62 (6.15)	0 - 36	14.53 (7.29)	12.24 (5.83)
Social Anhedonia	6.84 (5.18)	0 - 42	9.48 (6.65)	6.31 (4.66)
Factor Analysis**				
Positive dimension	0.001 (1.01)	-1.47 - 5.13	0.15 (0.99)	-0.002 (1.00)
Negative dimension	0.001 (1.01)	-1.84 - 5.18	0.49 (1.30)	-0.09 (0.90)

Table 3
Descriptive statistics for the grouped factors of Schizotypy scales used in the present study (Wisconsin Schizotypy Scales, WSS)

	NEGATIVE DIMENSION OF SCHIZOTYPY		POSITIVE DIMENSION OF SCHIZOTYPY	
	\bar{X} (SD) (n=547)	Statistics	\bar{X} (SD) (n=547)	Statistics
MTHFR C677T				
C/C	0.46 (1.12)	F(2,539)=0.56; p>0.05	0.07 (1.08)	F(2,539)=1.04; p>0.05
C/T	-0.46 (0.89)		-0.02 (0.98)	
T/T	0.04 (1.06)		-0.10 (0.78)	
MTHFR A1298C				
A/A	0.03 (1.05)	F(2,521)=0.28; p>0.05	0.05 (1.14)	F(2,521)=0.81; p>0.05
A/C	-0.01 (0.99)		0.06 (1.02)	
C/C	-0.07 (0.87)		-0.05 (0.96)	

**A PATCHWORK OF GENES AND CULTURES:
PRELIMINARY RESULTS ON THE PATERNAL GENETIC
STRUCTURE OF SICILY AND SOUTHERN ITALY
BY USING A MULTI-LEVEL ANALYSIS APPROACH**

**Sarno, S.¹; Boattini, A.¹; Carta, M.¹; Motta, V.¹; Ferri, G.²; Alù, M.²; Tofanelli, S.³;
Sineo, L.⁴; Tagarelli, G.⁵; Luiselli, D.¹; Pettener, D.^{1#}**

¹ Laboratorio di Antropologia Molecolare, Dipartimento di Scienze Biologiche,
Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Bologna, Italy.

² Dipartimento di Medicina Diagnostica, Clinica e di Sanità Pubblica, Università degli
Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena, Italy

³ Dipartimento di Biologia, Unità di Antropologia, Università di Pisa, Pisa, Italy

⁴ Dipartimento di Biologia Animale 'G. Reverberi', Università di Palermo, Palermo, Italy

⁵ Istituto di Scienze Neurologiche-CNR, Mangone, Cosenza, Italy

#Corresponding Author:

Davide Pettener (davide.pettener@unibo.it).

Abstract

Patterns of genetic variation observed at a continental level are not always reflected at finer geographical scales. Together with geography, cultural factors and micro-evolutionary forces interact in shaping the genetic variability of current human populations at a global, regional and local level. In order to achieve a complete characterisation of the genetic structure of Sicilian and Southern Italian populations, in this study we used a two-level approach of analysis that combines both macro- and micro-geographic investigation of genetic variation. A total of 476 samples, collected from open populations and linguistic isolates of Sicily and Southern Italy, has been analysed for fast- and slow-evolving Y-chromosome markers in order to resolve the extent of their genetic relationships with other Mediterranean and European populations at both broad and fine geographical scale. At a broad-scale, Y-chromosome preliminary results confirm a NW-SE genetic structuring within the Mediterranean, suggesting a shared genetic background between the Balkans and Southern Italy on the one hand, and between Western Europe and North-Central Italy on the other. However, when a finer scale of analysis is considered, Southern Italian and Balkan populations reveal higher complexity and

distinct patterns of genetic variation. In particular, by specifically looking at their more recent relationships, the genetic structures observed in two ethnolinguistic minorities of Sicily and Southern Italy (Arbereshe and Grecanic) revealed different impacts of cultural and geographic factors in preserving or reshaping their genetic composition, thus suggesting different population histories and different degrees of isolation or admixture with the neighbouring populations.

Keywords: Y-chromosome, Mediterranean, Arbereshe, Grecanic, Linguistic minorities, Admixture.

INTRODUCTION

The genetic structure of current human populations is deeply influenced by the different geographic, cultural and bio-demographic factors that affected human genetic histories at a global, regional and local scale (Sanchez-Faddeev et al. 2013). The genetic landscape of present-day European and Mediterranean populations has been widely explored from a continental point of view, but the extent to which such trends are re-shaped or modified at micro-geographical levels has never been extensively tested yet (Beleza et al. 2005, Boattini et al. 2010, Sanchez-Faddeev et al. 2013).

A multi-level approach, aimed at combining both macro- and micro-geographic investigation of human population genetic structures, can therefore represent a fruitful methodological framework to more deeply explore the historical and bio-demographic processes shaping human current biodiversity. This might also help achieving a more complete characterization of the micro-evolutionary effects of socio-cultural and geographic factors on the observed genetic structures.

Among the different European countries, the Italian Peninsula represents a key area for the investigation of genetic diversity at different geographical scales. This region has indeed shown a remarkable population substructure on a finer spatial scale for both uniparental markers (Boattini et al. 2013) and genome wide data (Nelis et al. 2009, Di Gaetano et al. 2012). In addition, it hosts a remarkable cultural heterogeneity and environmental complexity (Destro-Bisol et al. 2008, Capocasa et al. 2013).

In this context, Sicily and Southern Italy, due to their strategic geographical position between three different continents (Europe, North-Africa and the Levant), have long represented one of the major Mediterranean ‘melting pots’ for populations of different geographical and ethnic matrices (Sazzini et al. 2013). Both its ancient and recent history of multi-layered demic and cultural transitions have indeed contributed to deeply affect the genetic composition of current population

(Sarno et al., 2014). The present-day Sicilian and Southern Italian genetic landscape is therefore the outcome of both processes of gene flow and admixture, coupled with events of cultural isolation and local differentiation. In fact, this area hosts two of the largest ethno-linguistic minorities of Italy, namely the Albanian-speaking Arbereshe and the Greek-speaking Grecanic, whose origins are related to different migratory events originated from the Balkan Peninsula (Boattini et al. 2010, Brisighelli et al. 2012, Capocasa et al. 2013).

Within the more general characterization of the current Sicilian and Southern Italian gene pool composition and within the broad-scale analysis of possible genetic relationships with other European and Mediterranean populations, the fine-scale investigation of genetic variability in these ethno-linguistic minorities can be used as an ideal model to look into specific migratory events (linking Sicily and Southern Italy to the Balkan Peninsula) and clarify how and to what extent cultural and geographic factors affected the genetic substratum of these populations.

Almost 500 samples from Sicily and South-Italy as well as from the Arbëreshe groups of the same geographic area, have been collected and analysed for both fast- and slow-evolving Y-chromosome uniparentally-inherited markers. Our data have been compared with 28 additional populations from Southern Europe, North-Africa and the Levant, as well as with the Greek-speaking minority of Apulia in order to pursue the following goals: i) to investigate the distribution of genetic variation across a broad geographical area (i.e. the overall Mediterranean genetic landscape); ii) to explore the finer-scale genetic variability within the ethno-linguistic minorities of Sicily and Southern Italy, in order to clarify the effects of cultural isolation and/or genetic admixture on their genetic composition.

MATERIALS AND METHODS

A total of 476 blood samples or buccal swabs were collected from healthy males volunteers after obtaining a written informed consent. Additionally to the five provinces of Sicily and Southern Italy (Agrigento, Catania, Ragusa-Siracusa, Matera, Lecce) already published by Boattini and colleagues (2013), 119 new samples were collected from three additional populations of the same area (Trapani, Enna, Cosenza) according to the standard ‘grandparents’ criterion (i.e. three generations of genetic ancestry in the sampled province). In addition, 106 Calabrian Arbereshe were sampled in 13 different villages scattered in the province of Cosenza around the Pollino massif, and 44 Sicilian Arbereshe were sampled in two villages of the Palermo Province. In both cases, Arbereshe founding surnames were used as an inclusion criterion in the selection of samples (Boattini et al. 2010).

Whole genome DNA was extracted by using a Salting Out modified protocol (Miller et al. 1988). All samples were typed for 12 Y-STRs and 31 Y-SNPs as described in Boattini et al. (2010). Haplogroup frequencies were estimated by direct counting. Standard diversity parameters were calculated with Arlequin 3.5.1.2 (Excoffier et al. 2007). The proportion of genetic variance due to differences within or between populations was hierarchically apportioned through the AMOVA analysis implemented in the Arlequin software.

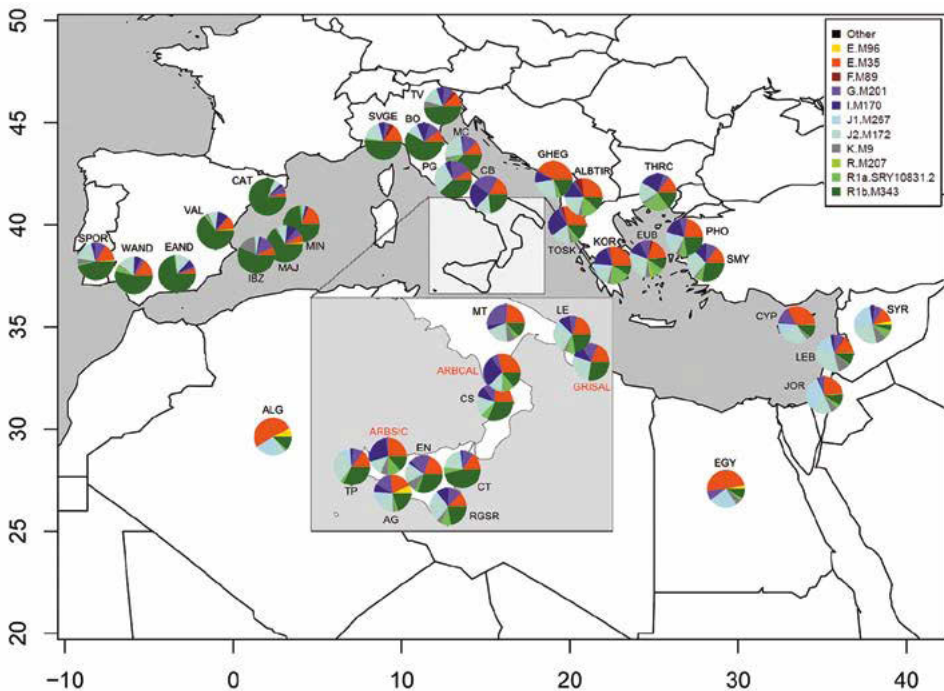
In order to set the observed genetic patterns within the Mediterranean and Southern European genetic landscape, we compared our samples with 29 additional populations extracted from the literature (**Table 1**). Sub-haplogroups were concatenated when needed for comparison purposes. The distribution pattern of genetic variation within the Euro-Mediterranean domain, was investigated with a Principal Component Analysis (PCA) performed on Y-HGs frequencies by using the R software (function *dudi.pca*, library *ade4*). The paternal genetic relationships between the open and isolated populations of Sicily and Southern Italy, as well as among them and the other Mediterranean populations, were further investigated on a fine-grained scale by means of a MDS plots performed on Y-STRs genetic distances (Reynolds) by using R (function *isoMDS*, library *MASS*).

RESULTS

The paternal genetic ancestry of Sicily and Southern-Italy was explored by successfully typing both slow-evolving (Y-SNPs) and fast-evolving (Y-STRs) markers in 476 samples collected from eight open populations and two ethno-linguistic isolates (Calabrian and Sicilian Arbereshe). The observed Y-chromosome HGs composition reflects what expected for a typical Mediterranean European population (**Figure 1**). High levels of within-population variability for both Y-STRs and Y-SNPs markers were observed in all the Sicilian and Southern Italian populations analysed, as well as in Arbereshe and Grecanic linguistic minorities (**Table 1**). Haplogroup frequencies were used to visualize the genetic relationships among the investigated populations on a broad geographic scale by means of Principal Component Analysis (PCA). Results (**Figure 2a**) show a clear-cut, geography-related distribution of genetic variation, suggesting a differentiation between the North-Western European and the South-Eastern Mediterranean genetic pools. In this context, our Sicilian and Southern Italian populations fall within the genetic variability of the South-Eastern Mediterranean group (with the exception of Catania). To thoroughly investigate the genetic relationships between the Balkans and Southern-Italy, we then performed a MDS plot based on Y-STR distances. Despite the same NW-Europe vs. SE-Mediterranean genetic differentiation al-

ready observed in the HGs-based PCA, the Italian and Balkan samples appear to be well distinguished by the second dimension of the MDS plot (Figure 2b). Interestingly, Arbereshe and Grecanic linguistic minorities exhibit different patterns of genetic similarity. Genetic continuity with the source populations is apparent for the former, while a higher impact of admixture processes with the sink populations emerge for the latter. In particular, Calabrian Arbereshe show closer affinities with Albanian Tosks, while Sicilian Arbereshe suggest a more complex scenario involving genetic contacts with both Albanian and Greek populations. On the contrary, Grecanic of Salento reveal stronger affinity with populations of Sicily and Southern Italy, thus suggesting a lower impact of cultural isolation on their genetic structure.

Figure 1
Y-chromosome haplogroups distribution in the 39 populations analysed in the present study. Population codes as in Table 1. Haplogroups colour code as in the legend at the top-right



To further test the patterns observed in the MDS plot, an AMOVA analysis based on Y-STR haplotypes was performed by grouping the Arbereshe and Grecanic communities respectively with the Balkan or the Southern Italian populations

(**Table 2**). A significant variance among groups (Fct) was found when all the ethno-linguistic minorities (considered as a whole) were grouped both according to their linguistic affiliation (1.40%, p-value < 0.001) and their geographic location (1.00%, p-value < 0.001), thus suggesting an important influence of both cultural and geographic factors on their Y-chromosomal diversity. However, slightly different patterns appear between the Arbereshe and Grecanic groups when considered separately. The former seems indeed to be more structured by language than by geography, whereas the opposite pattern was observed for the latter. When Arbereshe are grouped with Balkans, and Grecanic with Southern Italy, according to MDS results, intra-group genetic variability indeed rises at 1.52%. (**Table 2**), thus confirming the different impact of geographic and cultural factors on the micro-evolutionary histories of these two ethno-linguistic groups.

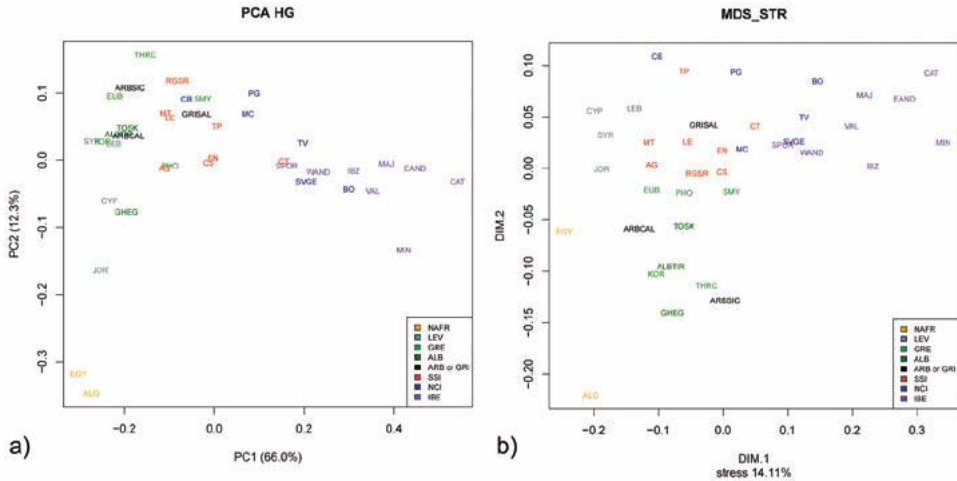
DISCUSSION (AND CONCLUSIONS)

In this study we investigated the genetic variation of open populations of Sicily and Southern Italy in order to clarify their affinities within the overall Mediterranean genetic landscape. In addition, we also explored the genetic variability of ethno-linguistic minorities (Arbereshe and Grecanic) as a key model to gain new insights into the interaction between different micro-evolutionary forces at a more fine-grained geographical level.

In accordance with the SE-NW genetic patterns extensively reported in literature for Europe as a whole (Cavalli-Sforza et al., 1994, Lao et al., 2008, Novembre et al. 2008, Nelis et al. 2009), our results show a significant geographic differentiation along the longitudinal axis between a South-Eastern Mediterranean group and a North-Western European one (**Figure 2a**). In particular, Sicily and Southern Italy fall neatly within the genetic context of the first group. This suggests a shared genetic background with the Balkan Peninsula, presumably resulting from common or overlapping patterns of diffusion within the Mediterranean domain (Sarno et al., 2014). As expected, considering the complex patchwork of migration pathways and cultural exchanges that characterized the genetic history of South-Eastern Europe, higher levels of within-population variability (**Table 1**) have been observed for both Balkan and Southern Italian populations when compared to North-Western European ones (Botigué et al. 2013). In addition and consistently with previous results (Boattini et al. 2010, Brisighelli et al. 2012), the ethno-linguistic minorities of Sicily and Southern Italy do not reveal any significant reduction in genetic diversity if compared to both their Balkan source and Italian neighbouring populations, thus confirming to have preserved a high genetic heterogeneity at a micro-geographical level.

Figure 2

- a) Principal Component Analysis (sPCA) based on Y-chromosome haplogroups.
 b) MDS bi-dimensional plot based on Y-STRs distances (Raynolds).
 Population codes as in Table 1. Geographic area colour code as in the legend at the bottom-right of each plot (NAFR: North-Africa; LEV: Levant; GRE: Greece; ALB: Albania; ARB: Arbereshe; GRI: Grecanic; SSI Sicily and South Italy; NCI: North-Central Italy; IBE: Iberian Peninsula)



When a finer scale of analysis is considered, Italian and Balkan populations - previously forming a fairly coherent South-Eastern Mediterranean group - actually revealed higher complexity and distinct patterns of genetic variability (**Figure 2b**, **Table 2**). In this context, the ethno-linguistic minorities became a source of information to explore the more recent genetic relationships between these two areas of the South-Eastern Mediterranean region. Despite deriving from similar migration processes originated in the Balkans, the genetic history of each ethno-linguistic group is indeed the more complex result of distinct population histories, coupled with different degrees of isolation or admixture with the surrounding populations. Accordingly, whereas both the Calabrian and Sicilian Arbereshe confirmed a typical Balkan genetic ancestry (even if different contributions from the Albanian and Greek populations can be hypothesized), the Grecanic of Apulia appeared genetically related with present-day Southern Italians. This suggests that admixture events between Grecanic and neighbouring Italian populations were only marginally prevented by cultural (linguistic) barriers. Alternatively, they can also be interpreted as the remnant of a wider Greek-speaking area in Southern Italy.

Despite being preliminary, the results of this study emphasize the utility of combining complementary scales of investigation in order to fully explain the

many factors that affected genetic variability in specific macro- and micro-geographic segments of the Euro-Mediterranean genetic continuum.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by MIUR-PRIN 2007 and 2009 grants to DP. We are indebted to all the Personnel of the Local Blood Centres and Hospital Centres of Sicily and Southern Italy that participated in the sampling campaign. We thank Anna Piro and Antonio Tagarelli for their help with the sampling of Arbereshe populations. We thank all the volunteers who kindly agreed to participate in the study.

REFERENCES

- Beleza S., Gusmão L., Lopes A., Alves C., Gomes I., Giouzeli M., Calafell F., Carracedo A., Amorim A. (2005) Micro-phylogeographic and demographic history of Portuguese male lineages. *Ann Hum Genet* 70:181-194.
- Boattini A., Luiselli D., Sazzini M., Useli A., Tagarelli G., Pettener D. (2010) Linking Italy and the Balkans. A Y-chromosome perspective from the Arbereshe of Calabria. *Ann Hum Biol* 38:59-68.
- Boattini A., Martinez-Cruz B., Sarno S., Harmant C., Useli A., Sanz P., Yang-Yao D., Manry J., Ciani G., Luiselli D., Quintana-Murci L., Comas D., Pettener D. and the Genographic Consortium. (2013) Uniparental markers in Italy reveal a sex-biased genetic structure and different historical strata. *PLoS One*. 8:e65441.
- Botigué L.R., Henn B.M., Gravel S., Maples B.K., Gignoux C.R., Corona E., Atzmon G., Burns E., Ostrer H., Flores C., Bertranpetit J., Comas D., Bustamante C.D. (2013) Gene flow from North Africa contributes to differential human genetic diversity in southern Europe. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 110:11791-11796.
- Brisighelli F., Álvarez-Iglesias V., Fondevila M., Blanco-Verea A., Carracedo A., Pascali V.L., Capelli C., Salas A. (2012) Uniparental markers of contemporary Italian population reveals details on its pre-Roman heritage. *PLoS One*. 7:e50794.
- Capocasa M., Anagnostou P., Bachis V., Battaglia C., Bertoncini S., Biondi G., Boattini B., Boschi I., Brisighelli F., Calò C.M., Carta M., Coia V., Corrias L., Crivellaro F., Ferri G., Francalacci P., Franceschi Z.A., Luiselli D., Morelli L., Rickards O., Robledo R., Sanna D., Sanna E., Sarno S., Tofanelli S., Vona G., Pettener D. and Destro Bisol G. (2013) Linguistic, geographic and genetic isolation: a collaborative study on Italian populations. *J Anthropol Sci*. In press.
- Cavalli-Sforza L.L., Menozzi P., Piazza A. (1994) The history and geography of human genes. *Princeton University Press*. Princeton.
- Destro Bisol G., Anagnostou P., Batini C., Battaglia C., Bertoncini S., Boattini A., Caciagli L., Calò M.C., Capelli C., Capocasa M., Castrí L., Ciani G., Coia V., Corrias L.,

- Crivellaro F., Ghiani M.E, Luiselli D., Mela C., Melis A., Montano V., Paoli G., Sanna E., Rufo F., Sazzini M., Taglioli L., Tofanelli S., Useli A., Vona G., Pettener D. (2008) Italian isolates today: geographic and linguistic factors shaping human biodiversity. *J Anthropol Sci.* 86:179-188.
- Di Gaetano C., Voglino F., Guarrera S., Fiorito G., Rosa F., Di Blasio A.M., Manzini P., Dianzani I., Betti M., Cusi D., Frau F., Barlassina C., Mirabelli D., Magnani C., Glorioso N., Bonassi S., Piazza A., Matullo G. (2012) An overview of the genetic structure within the Italian population from genome-wide data. *PLoS One.* 7:e43759.
- Excoffier L., Laval G., Schneider S. (2007) Arlequin (version 3.0): an integrated software package for population genetics data analysis. *Evol Bioinform Online.* 1:47-50.
- Lao O., Lu T.T., Nothnagel M., Junge O., Freitag-Wolf S., Caliebe A., Balascakova M., Bertranpetit J., Bindoff L.A., Comas D., Holmlund G., Kouvasi A., Macek M., Mollet I., Parson W., Palo J., Ploski R., Sajantila A., Tagliabracci A., Gether U., Werge T., Rivadeneira F., Hofman A., Uitterlinden A.G., Gieger C., Wichmann H.E., R  ther A., Schreiber S., Becker C., N  rnberg P., Nelson M.R., Krawczak M., Kayser M. (2008) Correlation between genetic and geographic structure in Europe. *Curr Biol.* 18:1241-1248.
- Miller S.A., Dykes D.D., Polesky H.F. (1988) A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Res.* 16:1215.
- Novembre J., Johnson T., Bryc K., Kutalik Z., Boyko A.R., Auton A., Indap A., King K.S., Bergmann S., Nelson M.R., Stephens M., Bustamante C.D. (2008) Genes mirror geography within Europe. *Nature.* 456:98-101.
- Nelis M., Esko T., M  gi R., Zimprich F., Zimprich A., Toncheva D., Karachanak S., Pisk  ckov   T., Balasc  k I., Peltonen L., Jakkula E., Rehnstr  m K., Lathrop M., Heath S., Galan P., Schreiber S., Meitinger T., Pfeufer A., Wichmann H.E., Melegh B., Polg  r N., Toniolo D., Gasparini P., D'Adamo P., Klovins J., Nikitina-Zake L., Kucinskas V., Kasnauskienė J., Lubinski J., Debniak T., Limborska S., Khrunin A., Estivill X., Rabionet R., Marsal S., Juli   A., Antonarakis S.E., Deutsch S., Borel C., Attar H., Gagnebin M., Macek M., Krawczak M., Remm M., Metspalu A. (2009) Genetic structure of Europeans: a view from the North-East. *PLoS One* 4:e5472.
- Sanchez-Faddeev H., Pijpe J., van der Hulle T., Meij H.J., van der Gaag K.J., Slagboom P.E., Westendorp R.G., de Knijff P. (2013) The influence of clan structure on the genetic variation in a single Ghanaian village. *Eur J Hum Genet* 21: 1134-1139.
- Sarno S, Boattini A, Carta M, Ferri G, Al   M, Yang Yao D, Ciani G, Pettener D, Luiselli D (2014) An ancient mediterranean melting pot: investigating the uniparental genetic structure and population history of Sicily and southern Italy. *PLoS One.* 9:e96074. doi:10.1371/journal.pone.0096074.
- Sazzini M., Sarno S., Luiselli D. (2013) The Mediterranean human population: an Anthropological Genetics perspective. In: S. Goffredo, H. Baader, Z. Dubinsky (Ed). *The Mediterranean Sea: Its History and Present Challenges: 529-551. Springer. Berlin.*

Table 1
**Locations, codes and dimensions of the 39 Euro-Mediterranean populations analysed,
 along with haplogroup and haplotype diversity indices**

Population	Pop Code	N	Reference	K	GD (STRs) (<i>h</i>) ± sd		MNPD (STRs) (<i>h</i>) ± sd	ND (STRs) (<i>h</i>) ± sd		GD (SNPs) (<i>h</i>) ± sd		
					GD (STRs) (<i>h</i>) ± sd	K		ND (STRs) (<i>h</i>) ± sd	GD (SNPs) (<i>h</i>) ± sd			
Algeria	ALG	102	Robino et al. 2008	64	0.9633 +/-	0.0099 +/-	5.0819 +/-	2.4861 +/-	0.5082 +/-	0.2754 +/-	0.6733 +/-	0.0375
Egypt	EGY	102	El-Sibai et al. 2010	90	0.9957 +/-	0.0028 +/-	5.3485 +/-	2.6016 +/-	0.5348 +/-	0.2881 +/-	0.6983 +/-	0.0376
Jordan	JOR	266	El-Sibai et al. 2010	189	0.9951 +/-	0.0012 +/-	5.6011 +/-	2.6975 +/-	0.5601 +/-	0.2984 +/-	0.7853 +/-	0.0151
Lebanon	LEB	303	Haber et al. 2011	193	0.9935 +/-	0.0012 +/-	6.0090 +/-	2.8720 +/-	0.6009 +/-	0.3177 +/-	0.8230 +/-	0.0117
Syria	SYR	157	Zalloua et al. 2008	137	0.9976 +/-	0.0012 +/-	5.9215 +/-	2.8416 +/-	0.5922 +/-	0.3145 +/-	0.8355 +/-	0.0150
Cypro	CYP	154	Zalloua et al. 2008	103	0.9812 +/-	0.0055 +/-	5.5850 +/-	2.6966 +/-	0.5585 +/-	0.2985 +/-	0.7905 +/-	0.0159
Phocaea	PHO	31	King et al. 2011	27	0.9914 +/-	0.0104 +/-	6.2215 +/-	3.0368 +/-	0.6222 +/-	0.3379 +/-	0.8645 +/-	0.0285
Smyrna	SMY	53	King et al. 2011	48	0.9964 +/-	0.0045 +/-	5.9463 +/-	2.8823 +/-	0.5946 +/-	0.3198 +/-	0.8302 +/-	0.0246
Eubea	EUB	97	Anagnostou p.c.	81	0.9899 +/-	0.0053 +/-	6.1755 +/-	2.9608 +/-	0.6175 +/-	0.3280 +/-	0.8572 +/-	0.0169
Korint	KOR	113	Anagnostou p.c.	83	0.9899 +/-	0.0034 +/-	5.6798 +/-	2.7429 +/-	0.5680 +/-	0.3037 +/-	0.8320 +/-	0.0151
Thrace	THRC	39	Bosch et al. 2006	34	0.9892 +/-	0.0102 +/-	6.0567 +/-	2.9473 +/-	0.6057 +/-	0.3275 +/-	0.8435 +/-	0.0209
Tirana	ALBTIR	34	Bosch et al. 2006	95	0.9929 +/-	0.0090 +/-	5.6809 +/-	2.7915 +/-	0.5681 +/-	0.3104 +/-	0.8610 +/-	0.0291
Tosk	TOSK	121	Ferri et al. 2010	30	0.9916 +/-	0.0035 +/-	5.8439 +/-	2.8125 +/-	0.5844 +/-	0.3114 +/-	0.8095 +/-	0.0165
Ghegh	GHEG	164	Ferri et al. 2010	94	0.9712 +/-	0.0062 +/-	5.3139 +/-	2.5787 +/-	0.5314 +/-	0.2854 +/-	0.7372 +/-	0.0216
Griko (Salento)	GRISAL	47	Brisighelli et al. 2012	35	0.9870 +/-	0.0070 +/-	5.3469 +/-	2.6262 +/-	0.5941 +/-	0.3239 +/-	0.8048 +/-	0.0226
Arbereshe (Calabria)	ARBCAL	106	This study	72	0.9887 +/-	0.0039 +/-	5.1247 +/-	2.5039 +/-	0.5694 +/-	0.3081 +/-	0.8077 +/-	0.0184

Population	Pop Code	N	Reference	K	GD (STRs) (h) ± sd	MNPD (STRs) (h) ± sd	GD (STRs) (h) ± sd	GD (STRs) (h) ± sd	ND (STRs) (s _N) ± sd	GD (SNPs) (h) ± sd
Arbereshe (Sicilia)	ARBSIC	44	This study	34	0.9863 +/- 0.0082	5.8446 +/- 2.8472	0.5845 +/- 0.3161	0.8288 +/- 0.0271		
Lecce	LE	40	Boattini et al. 2013	38	0.9974 +/- 0.0063	5.4756 +/- 2.6910	0.6084 +/- 0.3321	0.8436 +/- 0.0269		
Matera	MT	25	Boattini et al. 2013	25	1.0000 +/- 0.0113	6.3467 +/- 3.1129	0.6347 +/- 0.3469	0.8333 +/- 0.0384		
Cosenza	CS	45	This study; Boattini et al. 2013	41	0.9929 +/- 0.0078	6.1535 +/- 2.9811	0.6154 +/- 0.3310	0.8121 +/- 0.0300		
Catania	CT	52	Boattini et al. 2013	48	0.9970 +/- 0.0045	5.8281 +/- 2.8316	0.6476 +/- 0.3491	0.7330 +/- 0.0486		
Ragusa-Siracusa	RGSR	45	Boattini et al. 2013	41	0.9960 +/- 0.0057	5.6980 +/- 2.7819	0.6331 +/- 0.3432	0.8556 +/- 0.0237		
Enna	EN	40	This study	39	0.9987 +/- 0.0060	6.1744 +/- 2.9973	0.6174 +/- 0.3330	0.8295 +/- 0.0307		
Agrigento	AG	45	Boattini et al. 2013	44	0.9990 +/- 0.0050	6.3222 +/- 3.0548	0.6322 +/- 0.3392	0.8707 +/- 0.0202		
Trapani	TP	34	This study	30	0.9911 +/- 0.0102	6.2014 +/- 3.0205	0.6201 +/- 0.3358	0.7932 +/- 0.0396		
Campobasso	CB	30	Boattini et al. 2013	30	1.0000 +/- 0.0086	5.9816 +/- 2.9338	0.5982 +/- 0.3265	0.8253 +/- 0.0272		
Perugia	PG	37	Boattini et al. 2013	34	0.9940 +/- 0.0086	5.0556 +/- 2.5109	0.6319 +/- 0.3488	0.7703 +/- 0.0411		
Macerata	MC	40	Boattini et al. 2013	38	0.9974 +/- 0.0063	5.6179 +/- 2.7534	0.6242 +/- 0.3399	0.7897 +/- 0.0418		
Bologna	BO	29	Boattini et al. 2013	27	0.9951 +/- 0.0106	5.7291 +/- 2.8251	0.5729 +/- 0.3144	0.6404 +/- 0.0921		
Treviso	TV	33	Boattini et al. 2013	31	0.9962 +/- 0.0086	5.2689 +/- 2.6121	0.5854 +/- 0.3228	0.7330 +/- 0.0686		
Savona-Genova	SVGE	51	Boattini et al. 2013	47	0.9969 +/- 0.0046	5.8894 +/- 2.8593	0.5889 +/- 0.3173	0.7020 +/- 0.0584		
Minorca	MIN	37	Adams et al. 2008	29	0.9850 +/- 0.0102	4.6201 +/- 2.3192	0.4620 +/- 0.2577	0.4414 +/- 0.0879		
Majorca	MAJ	62	Adams et al. 2008	51	0.9889 +/- 0.0064	5.3797 +/- 2.6290	0.5380 +/- 0.2915	0.5494 +/- 0.0720		
Ibiza	IBZ	54	Adams et al. 2008	31	0.9720 +/- 0.0089	5.5667 +/- 2.7159	0.5567 +/- 0.3013	0.6303 +/- 0.0622		

Population	Pop Code	N	Reference	K	GD (STRs) (<i>h</i>) ± sd	MNPD (STRs) (<i>π</i>) ± sd	ND (STRs) (<i>π_N</i>) ± sd	GD (SNPs) (<i>h</i>) ± sd
Catalonia	CAT	80	Adams et al. 2008	68	0.9940 +/- 0.0037	4.7725 +/- 2.3572	0.4772 +/- 0.2612	0.3342 +/- 0.0665
Valencia	VAL	73	Adams et al. 2008	66	0.9958 +/- 0.0036	5.6693 +/- 2.7495	0.5669 +/- 0.3048	0.5670 +/- 0.0644
East-Andalusia	EAND	95	Adams et al. 2008	79	0.9922 +/- 0.0041	5.0611 +/- 2.4786	0.5061 +/- 0.2746	0.4605 +/- 0.0610
West-Andalusia	WAND	73	Adams et al. 2008	63	0.9935 +/- 0.0044	5.8923 +/- 2.8463	0.5892 +/- 0.3155	0.6754 +/- 0.0514
South-Portugal	SPOR	78	Adams et al. 2008	72	0.9973 +/- 0.0028	6.2870 +/- 3.0154	0.6287 +/- 0.3342	0.7359 +/- 0.0409

Abbreviations: N sample size; K number of different haplotypes; GD gene diversity; MNPD mean number of pairwise differences; ND Nucleotide diversity.

Table 2
Analyses of the molecular variance (AMOVA) based on Y-chromosome haplotype data (STRs)

Y-chromosome Grouping	N° of Groups	N° of Pop	Proportion of variation (%)		
			Among Groups	Among population Within Group	Within Population
All populations	1	19		1.83***	98.17***
Language Grouping All	2	19	1.40***	1.21***	97.38***
Language GriSal	2	17	1.43***	1.25***	97.32***
Language ArbCal	2	17	1.66***	1.24***	97.10***
Language ArbSic	2	17	1.73***	1.22***	97.06***
Geography Grouping All	2	19	1.00**	1.29***	97.71***
Geography GriSal	2	17	1.68***	1.13***	97.19***
Geography ArbCal	2	17	1.25**	1.31***	97.44***
Geography ArbSic	2	17	1.29**	1.39***	97.32***
MDS results	2	19	1.52***	1.11***	97.37***

Values are in percentage. See Results for more details about grouping assignments.

*** P-value < 0,001.

** P-value < 0,01.

* P-value < 0,05.

DIVERSIDAD GENÉTICA EN EL DESARROLLO DEL ESQUELETO HUMANO

EL PAPEL DE LAS REGIONES REGULADORAS NO-CODIFICANTES

Sevilla, A.; López, S.; Alonso, S.

Depto. Genética Antropología Física y Fisiología Animal.
Facultad de Ciencia y Tecnología. UPV/EHU.
Barrio Sarriena s/n 48940 Leioa Bizkaia
asevilla002@ikasle.ehu.es

Resumen

El objetivo de este trabajo es identificar zonas reguladoras de genes implicados en la morfología esquelética que presentan cambios en su secuencia de ADN que sean específicos humanos. También nos proponemos identificar la diversidad genética entre los grupos poblacionales humanos a nivel continental, así como estimar el efecto de la selección natural sobre ellos, mediante análisis bio-informáticos.

Por ello, desde las bases de datos genómicas se ha descargado 5kb de secuencia inmediatamente flanqueante 5' de 53 genes candidatos en humanos, así como las secuencias ortólogas correspondientes de chimpancé y orangután; y se han identificado los elementos reguladores conocidos (Transcription Factor Binding Sites, TFBS). Para analizar la diversidad intraespecífica, hemos obtenido del proyecto 1000 Genomas, información de poblaciones africanas, asiáticas y europeas.

Hemos encontrado sobre-representación de sustituciones exclusivas humanas para regiones reguladoras individuales en 10 loci. De ellos, 6 genes muestran sobre-representación cuando consideramos el conjunto de TFBSs detectados para cada gen. Dichas mutaciones podrían estar relacionadas con la adaptación a la bipedia o a la morfología craneal. En cuanto a la variabilidad intraespecífica, 24 de los 39 genes analizados muestran valores-p significativos para el test de Fisher. Aunque ninguno muestra valores-p corregidos significativos (corrección de Bonferroni) varios tests se acercan ($p < 0.0013$), como el factor ν -Myb en el gen *AXIN2* en Europeos ($p=0.0018$).

En conclusión, parece que las mutaciones específicas poblacionales halladas no son responsables de ningún efecto selectivo direccional. Sin embargo, regiones flanqueantes de algunos genes sí muestran pruebas de estar sometidas a la selección equilibradora (valores elevados y positivos de la D de Tajima).

Palabras clave: análisis bioinformático, elementos reguladores, diversidad genética.

Abstract

The objective of this study is to identify the regulatory zones of genes involved in skeletal morphology that have human-specific changes in their DNA sequence. We also aim to identify the genetic diversity in different human groups, and to detect the effect of the natural selection on them, using bioinformatic analyses.

For that, we have downloaded 5kb of 5' flanking sequence of 53 candidate genes in humans, and the ortholog sequences in chimpanzee and orangutan. And there have been identified the known regulatory elements (TFBS). In order to analyse the intraspecific diversity, we have obtained information about African, Asian and European populations from the 1000 Genomes Project.

We have found overrepresentation of human specific substitutions for regulatory regions in 10 loci and 6 genes show overrepresentation when we consider all the TFBSs detected for each gene. Those mutations could be related to the adaptation to bipedalism or cranial morphology. Regarding intraspecific variability, 24 out of 39 genes analysed show significant p-values for the Fisher test. Although none of them show corrected significant p-values (Bonferroni correction), some tests get close of the corrected p-value ($p < 0.0013$), such as v-Myb factor in the gene AXIN2 in European population ($p=0.0018$).

In conclusion, the population specific mutations that we have found appear not to be responsible of any directional selective effect. However, flanking regions of some genes show signs of balancing selection (high and positive p-values of Tajima's D).

Keywords: bioinformatic analyses, regulatory elements, genetic diversity.

INTRODUCCIÓN

En evolución humana una de las áreas de mayor interés es identificar si las características fenotípicas de nuestra especie son el resultado de la selección natural, es decir, si las adaptaciones fenotípicas han permitido a los humanos adaptarnos a distintos ambientes. Si esto es así, es posible observar que los patrones de diversidad genética de estos loci muestran la huella de la selección natural.

Uno de los rasgos que nos identifica como humanos es la morfología esquelética. La evolución de la bipedia hace aproximadamente 4 millones de años dio

lugar a cambios morfológicos en el esqueleto. Por lo tanto, es importante analizar las bases genéticas en la evolución del esqueleto desde primates hasta los humanos actuales, ya que algunos genes implicados en el desarrollo esquelético pueden haber sufrido mutaciones a lo largo de la evolución que supusieron una ventaja evolutiva para el ser humano. La comparación de los genomas del chimpancé y humano han puesto de manifiesto nuestra semejanza a nivel codificante, por tanto, es posible que parte de nuestras diferencias morfológicas sean debidas a cambios en las zonas reguladoras de los genes (King y Wilson, 1975).

Con anterioridad, López *et al.* (2010) han caracterizado genes candidatos relacionados con la morfología esquelética y sus zonas reguladoras para profundizar en el estudio de adaptaciones esqueléticas a lo largo de nuestra historia evolutiva. Han analizado si existen diferencias específicas humanas en las secuencias reguladoras de dichos genes.

El objetivo de este trabajo es el de analizar la diversidad genética en cuanto a la morfología del esqueleto dentro de la propia especie humana de loci implicados en los procesos genéticos que han provocado dicha diversidad. Estos cambios morfológicos constituyen una valiosa fuente de información para comprender los mecanismos selectivos que permiten a las poblaciones adaptarse a un determinado ambiente. Por ello, nos proponemos también identificar el efecto de la selección natural mediante análisis bioinformáticos en las zonas reguladoras no codificantes de los genes candidatos.

El ADN no codificante de las zonas reguladoras es fundamental para determinar en qué momento de la ontogenia y bajo qué circunstancias fisiológicas se expresan los genes, así como su nivel de expresión. Se ha sugerido que variaciones en estas zonas pueden haber jugado un papel determinante en la evolución morfológica (Carroll, 2005) y que por lo tanto, el ADN no codificante regulador podría haber sufrido el doble de selección positiva que el codificante (Carroll, 2003). Por lo tanto, es muy importante analizar estas zonas del genoma ya que podrían tener un papel importante tanto en las diferencias anatómicas entre especies de primates (King y Wilson, 1975) como en la variabilidad entre las poblaciones humanas.

De hecho, se ha visto que entre los distintos grupos geográficos humanos hay diferencias en cuanto a la masa y estructura ósea (Gasperino, 1996; Ishii *et al.*, 2011) o a las características craneofaciales (Relethford, 2009; Gu *et al.*, 2011), entre muchas otras. No obstante, la mayoría de los trabajos publicados hasta ahora son descriptivos, y aún se desconoce la base genética subyacente a esta diversidad dentro de los humanos.

Sin embargo, el desarrollo de nuevas tecnologías de secuenciación masiva (next-generation sequencing) ha hecho posible la secuenciación de genomas completos de cientos de individuos a una velocidad y un coste que antes se anto-

jarían impensables. Actualmente el proyecto denominado 1000 Genomes Project (Proyecto 1000G) (The 1000 Genomes Project Consortium, 2011), ha secuenciado los genomas de más de 1000 individuos, procedentes de distintas poblaciones de todo el mundo.

Por ello, usando la información del proyecto 1000G nos proponemos analizar la diversidad genética de regiones reguladoras de genes relacionados con el esqueleto humano, y ver si existen variantes específicas de los principales grupos poblacionales humanos (Africanos, Europeos, Asiáticos) dentro de elementos reguladores potenciales identificados por recursos bioinformáticos que pudieran explicar diferencias adaptativas de estos grupos poblacionales a su respectivos ambientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

La identificación de genes candidatos implicados en el desarrollo esquelético se hizo mediante la búsqueda en la literatura de palabras clave como «morfogénesis del esqueleto», «desarrollo cartílago» y «osificación». En total hemos seleccionado 53 genes (ver tabla 1).

Una vez elegidos los genes candidatos, procedimos a identificar las coordenadas genómicas correspondientes a 5kb de las regiones flanqueantes aguas arriba de los genes, donde se suponen se encuentran muchos elementos genéticos reguladores, mediante el portal genómico de la Universidad de California en Santa Cruz (UCSC) (<http://genome.ucsc.edu/>), de donde asimismo hemos obtenido la secuencia de referencia humana para cada región de 5kb.

Los datos poblacionales de diversidad genética correspondientes a estas regiones de 5kb de secuencia los hemos obtenido utilizando la información pública disponible del proyecto 1000G (fase I, Mayo 2011) a través del portal bioinformático SPSmart (<http://spsmart.cesga.es/>). Hemos bajado información correspondiente a 246 haplotipos africanos, 380 haplotipos europeos, y 286 haplotipos de Asia oriental.

A continuación, se identificaron los elementos reguladores conocidos que caen dentro de las secuencias flanqueantes de los genes candidatos. La identificación se hizo mediante el programa bioinformático Match 1.0 Public (<http://www.gene-regulation.com/pub/programs.html>). Match es un programa basado en un matriz de pesos que predice posibles sitios de unión de factores de transcripción a secuencias de ADN. Usa una librería de matrices de pesos posicionales de TRANSFAC® Public 6.0 (<http://www.biobase-international.com/product/transcription-factor-binding-sites>).

Para el análisis de la posible importancia adaptativa de las regiones no codificantes reguladoras hemos desarrollado un programa en lenguaje Perl, que permite identificar cuáles de las variantes genéticas identificadas en 1000G son específicas de cada grupo poblacional. Además, contabiliza cuántas de esas mutaciones (sustituciones nucleotídicas) caen dentro de los TFBSs identificados por Match y cuales caen fuera de elementos reguladores posibles. Mediante un test exacto de Fisher determinamos si la diferencia en el número de mutaciones entre estos dos segmentos es significativa estadísticamente. Si existe un mayor número de sustituciones dentro de la secuencia de estos TFBSs en comparación con el resto de la secuencia de la región flanqueante, podríamos inferir que dicho gen presenta una evolución reguladora.

Por último, para analizar la posible influencia de la selección natural, otro programa Perl desarrollado por nosotros utiliza la información de 1000G para construir ficheros de secuencias haplotípicas que se puedan analizar posteriormente mediante DnaSP (<http://www.ub.edu/dnasp/>). Este programa nos permite realizar tests genético-poblacionales para determinar si dichas regiones están sometidas a la acción de la selección natural.

RESULTADOS

Hemos encontrado sobre-representación de sustituciones exclusivas poblacionales, en varios genes. En la Tabla 3 se muestran los resultados por población de algunos elementos regulatorios potenciales para los cuales el número de mutaciones específicas de población posicionadas dentro de ellos es mayor al número de mutaciones específicas de población que caen dentro del resto de la región analizada. No se muestran aquellos para los que proporcionalmente el número de mutaciones es proporcionalmente menor que en el resto de la secuencia que no corresponde al sitio de unión a ese factor de transcripción.

El número de elementos con p-valores significativos para el test exacto de Fisher a nivel nominal de 0.05 es considerable (24 de los 39 analizados), sin embargo, la aplicación de la corrección de Bonferroni para múltiples tests conlleva que ningún elemento muestre valores-p corregidos que sean significativos. Es conocido que la corrección por Bonferroni es muy conservadora, ya que aunque controla la probabilidad de falsos positivos, ello conlleva el coste de aumentar la probabilidad de falsos negativos, lo que reduce la potencia del test. Así, cuando se realizan un gran número de tests los valores críticos pueden ser tan bajos que no es posible encontrar diferencias significativas. Varios tests se acercan a la significación corregida ($p < 0.0013$), como por ejemplo el factor ν -Myb en el gen *AXIN2* en Europeos ($p=0.0018$), o en menor medida, el factor NRF-2 en el gen *CHRD* en

Asiáticos ($p=0.003$), GATA-3 en el gen *ADRB2* en Europeos ($p=0.0035$) o Nkx2-5 para el gen *OSTN* en Asiáticos ($p=0.004$).

Por otro lado, ninguno de las regiones flanqueantes aguas arriba de los genes analizados muestra pruebas de estar sometido a selección positiva en ninguno de los grandes grupos poblacionales humanos, dado que los valores p para los tests genético-poblacionales (D de Tajima y F^* de Fu y Li) utilizados no son significativos. Sin embargo, las regiones flanqueantes de los genes *AXIN2* y *ADRB2* sí muestran pruebas de estar sometidas a la acción de la selección equilibradora (valores elevados y positivos de la D de Tajima) (ver Tabla 4) como se puede apreciar en el Median Joining Network realizado para el gen *AXIN2* en poblaciones asiáticas (Figura 1).

DISCUSIÓN

En estudios anteriores, López et al. (2010) encontraron sobre-representación de sustituciones exclusivas del linaje humano, estadísticamente significativa, en 10 loci (ver Tabla 2), de los cuales, 6 genes (*ENPP1*, *HOXA2*, *MYF5*, *RUNX2* y *TFA-P2A*) mostraban sobre-representación al considerar el conjunto de TFBSs detectados para cada gen. Por otro lado, de entre los TFBSs, los sitios de enlace para *PAX-4*, *E2F* y *USF* aparecían con sobre-representación de sustituciones exclusivas humanas en más de un gen, siendo *USF* y *HAND1-E47* los únicos sitios de enlace a factores de transcripción que presentaban un valor p significativo incluso tras corrección por múltiples tests, es decir, tras tener en cuenta que para cada región se han analizado varios sitios de enlace a factores de transcripción (ver Tabla 2). Estos resultados confirman que en algunas regiones 5' flanqueantes de los genes estudiados, es decir, en aquellas zonas donde se concentra la actividad reguladora de la expresión génica, el número de sustituciones nucleotídicas específicas humanas en las secuencias supuestamente correspondientes a TFBSs, es mayor de lo esperado en comparación con el resto de la secuencia de la misma región flanqueante (López et al., 2010).

Se ha descrito que la alteración en la actividad de los factores de transcripción es una fuente de diversidad fenotípica y adaptación evolutiva (Bustamante et al. 2005; De et al., 2008). Por lo tanto, parte de las diferencias morfológicas del esqueleto entre humanos y el resto de primates analizados pueden ser debidas a diferencias en la regulación de la expresión génica. Sin embargo, es probable que el número de genes implicados en el desarrollo del esqueleto sea superior al número de genes analizados hasta ahora. Por otro lado, queda por demostrar la funcionalidad de los TFBS, ya que al ser un análisis bioinformático, puede que muchos de los sitios de unión de factores de transcripción detectados no sean funcionales.

En lo que respecta a la diversidad intraespecífica de la especie humana, a pesar de que en este trabajo hemos hallado zonas de unión a factores de transcripción enriquecidas en mutaciones específicas poblacionales, las diferencias no son significativas tras aplicar la corrección de Bonferroni. Sin embargo, varios tests se acercan a la significación corregida ($p < 0.0013$), destacando el factor v -Myb en el gen *AXIN2* en Europeos ($p = 0.0018$). Se han descrito mutaciones en este gen que se encuentran asociadas a fisuras orales (como labio leporino y paladar hundido) (Letra et al., 2012), y en ratón se ha visto implicado en craniosintosis, el cierre prematuro de las fisuras craneales (Mcgee-Lawrence et al., 2013). En humanos, la craniosintosis es una alteración congénita en la que se produce el cierre prematuro de una o más de las suturas que separan los huesos del cráneo de un bebé. Es un defecto común (ocurre en uno de cada 2000 a 3000 recién nacidos) que resulta en una cabeza de forma no normal y rasgos faciales no normales.

En general, ninguna de las regiones flanqueantes aguas arriba de los genes analizados muestra pruebas de estar sometida a la acción de la selección positiva. En cambio, la región flanqueante de *AXIN2*, así como *ADRB2* (implicado en la regulación de la reabsorción de hueso durante el envejecimiento (Pierroz et al., 2012) sí muestran pruebas de estar sometidas a la acción de la selección equilibradora.

Los resultados de las regiones flanqueantes aguas arriba de *AXIN2* y *ADRB2* son de gran interés evolutivo, dada la escasez de ejemplos de selección equilibradora en el genoma humano, la cual favorece a los individuos heterocigotos. Sin embargo, carecemos de un mecanismo evolutivo obvio que explique esta observación, y por lo tanto, para su explicación sería necesario seguir investigando en esta línea.

En conclusión, aunque hemos hallado zonas de unión a factores de transcripción enriquecidas en mutaciones específicas poblacionales, parece que éstas no son responsables de ningún efecto selectivo direccional (selección positiva darwiniana). Basándonos en los genes estudiados, parece que las adaptaciones de los grupos humanos al entorno geográfico no han conllevado adaptaciones morfológicas esqueléticas cuyo origen se encuentre a nivel regulatorio. Es posible que otras poblaciones que se diferencien más marcadamente en su morfología esquelética puedan proporcionar resultados más claros en este sentido (por ejemplo Masai africanos frente a Inuit árticos).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustamante C.D., Fledel-Alon A., Williamson S., Nielsen R., Hubisz M.T., Glanowski S., Tanenbaum D.M., White T.J., Sninsky J.J., Hernandez R.D., Civello D., Adams M.D., Cargill M. y Clark A.G. (2005). Natural selection on protein-coding genes in the human genome. *Nature*. 437:1153-1157.

- Carroll S.B. (2003). Genetics and the making of Homo sapiens. *Nature*, vol. 422; pp.849-857.
- Carroll S.B. (2005). Evolution at two levels: on Genes and Form. *PLoS ONE*, vol. 3; p. e425.
- De S., Lopez-Bigas N., Teichmann S.A. (2008). Patterns of evolutionary constraints on genes in humans. *BMC Evol Biol.* 8:275.
- Gasperino J.(1996). Ethnic differences in body composition and their relation to health and disease in women. *Ethn Health* vol.1, p.337-347.
- Gu Y., Mcnamara J., James A., Sigler L.M., Baccetti T. (2011). Comparison of craniofacial characteristics of typical Chinese and Caucasian Young adults. *Eur J Orthod* vol.33, p.205-211
- Ishii S., Cauley J.A., Greendale G.A., Danielson M.E., Safaei Nili N., Karlamangla A. (2011) Ethnic differences in composite indices of femoral neck strength. *Osteoporos Int*, DOI: 10.1007/s00198-011-1723-x.
- King M.C. y Wilson A.C. (1975). Evolution at two levels in humans and chimpanzees. *Science* 188:107-116.
- Letra A., Bjork B., Cooper M.E., Szabo-Rogers H., Deleyiannis F.W.B., Field L.L., Czeizel A.E., Ma L., Garlet G.P., Poletta F.A., Mereb J.C., Lopez-Camelo J.S., Castilla E.E., Orioli I.M., Wendell S., Blanton S.H., Liu K., Hecht J.T., Marazita M.L., Vieira A.R. y Silva R.M. (2012). Association of AXIN2 with Non-syndromic Oral Clefts in Multiple Populations. *J Dent Res* vol 91, p.473-478.
- López S., Hervella M., Fontecha L., Izagirre N., De la rúa C. y Alonso S. (2010). Genes implicados en el desarrollo del esqueleto. Selección adaptativa en regiones reguladoras no codificantes. *Osasunaz*, vol. 11, pp.27-29.
- McGee-Lawrence M.E., Li X., Bledsoe K.L., Wu H., Hawse J.R., Subramaniam M., Razidlo D.F., Stensgard B.A., Stein G.S., van Wijnen A.J., Lian J.B., Hsu W. y Westendorf J.J. (2013). Runx2 protein represses Axin2 expression in osteoblasts and is required for craniosynostosis in Axin2-deficient mice. *J Biol Chem.* vol 288, p 5291-5302.
- Pierroz D.D., Bonnet N., Bianchi E.N., Bouxsein M.L., Baldock P.A., Rizzoli R., Ferrari S.L. (2012). Deletion of β -adrenergic receptor 1, 2, or both leads to different bone phenotypes and response to mechanical stimulation. *J Bone Miner Res.* Vol 27, p. 1252-1262.
- Relethford J.H. (2009). Race and global patterns of phenotypic variation. *Am J Phys Anthropol* vol.139; p.16-22.
- The 1000 Genomes Project Consortium (2011). A map of human genome variation from population-scale sequencing. *Nature*, 467, p.1061-1073.

Tabla 1
Listado de genes candidatos agrupados por su función

MORFOGÉNESIS DEL ESQUELETO	DESARROLLO CARTÍLAGO	OSIFICACIÓN
<i>ACVR2B</i>	<i>BMP1</i>	<i>ADRB2</i>
<i>BAPX1 (NKX3-2)</i>	<i>BMP2</i>	<i>AMBN</i>
<i>FOXC2</i>	<i>BMP3</i>	<i>AMELX</i>
<i>HOXA2</i>	<i>BMP4</i>	<i>AXIN2</i>
<i>MYF5</i>	<i>BMP5</i>	<i>CALCA</i>
<i>NDST1</i>	<i>BMP6</i>	<i>CALCR</i>
<i>OSR2</i>	<i>BMP7</i>	<i>CBFB</i>
<i>PRKRA</i>	<i>BMP8A</i>	<i>CD276</i>
<i>RYK</i>	<i>BMP8B</i>	<i>CHRD</i>
<i>SIX1</i>	<i>CTGF</i>	<i>CSF1</i>
<i>SIX4</i>	<i>EIF2AK3</i>	<i>CHRD1</i>
<i>TBX1</i>	<i>MGP</i>	<i>DMP1</i>
<i>TBX4</i>	<i>MMP13</i>	<i>DSPP</i>
<i>TFAP2A</i>	<i>PITX1</i>	<i>ENPP1</i>
<i>TGFBR1</i>	<i>RUNX2</i>	<i>FGF18</i>
<i>WNT7A</i>	<i>SOX5</i>	<i>FGF23</i>
	<i>SOX6</i>	<i>FGFR2</i>
	<i>SOX9</i>	<i>FOXC1</i>
	<i>THRA</i>	

Tabla 2
Loci con sobre-representación significativa ($p < 0.05$) de sustituciones exclusivas humanas en alguno de los TFBSs detectados en sus regiones flanqueantes (López et al., 2010)

Gen	Num TFBSs detectados en ~5kb de secuencia flanqueante 5'	TFBS sobre-representado en sustituciones específicas humanas	% de sustituciones específicas humanas en TFBSs	% de sustituciones específicas humanas en el resto de la secuencia flanqueante	p
<i>BMP2</i>	9	HLF	11.11	0.44	0.035
		VBP	11.11	0.44	0.035
<i>BMP4</i>	13	GAAT-1	11.11	0.45	0.039
<i>BMP8A</i>	9	PAX-4	5.00	0.76	0.032
<i>CALCR</i>	7	CP2	10.00	0.29	0.028
<i>ENPP1</i>	9	COMP1	4.35	0.48	0.038
		HAND1-E47	13.33	0.44	0.002
		considerando todos los TFBSs en conjunto	2.21	0.43	0.015
<i>HOXA2</i>	6	E2F	14.28	0.33	0.023
		EVI-1	7.14	0.33	0.045
		considerando todos los TFBSs en conjunto	2.29	0.31	0.026
<i>MYF5</i>	10	E2F	14.28	0.44	0.03
		considerando todos los TFBSs en conjunto	1.53	0.41	0.035
<i>RUNX2</i>	7	PAX-4	5.00	0.20	0.038
		considerando todos los TFBSs en conjunto	1.69	0.17	0.014
<i>SOX9</i>	9	USF	11.11	0.29	0.025
<i>TFAP2A</i>	4	USF	22.22	0.55	0.001
		considerando todos los TFBSs en conjunto	3.51	0.55	0.035

Tabla 3
**Análisis de sobre-representación de mutaciones específicas de población
 para los diferentes factores de transcripción en algunos de los genes
 estudiados mediante el Test Exacto de Fisher**

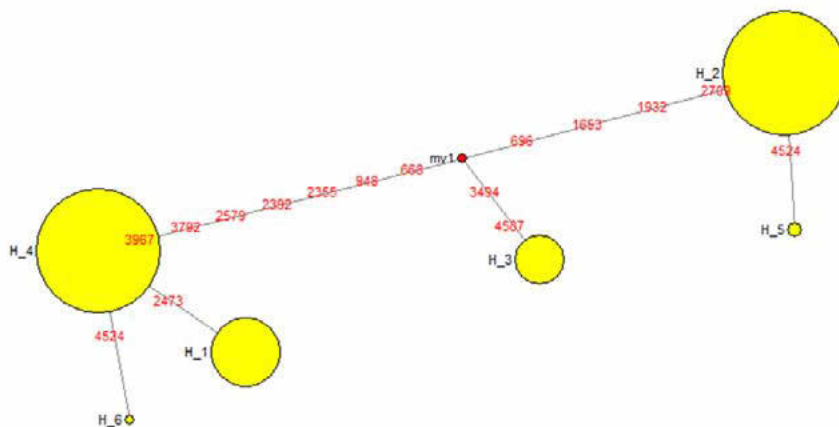
Gen	Población	Factor de Transcripción	Fisher exact test p-valor (1 cola)
<i>ADRB2</i>	EUROPEOS	GATA-3	0.0035
		HNF-4	0.021
<i>AXIN2</i>	AFRICANOS	Oct-1	0.013
	EUROPEOS	v-Myb	0.0018
<i>BAPX1</i>	ASIÁTICOS	Hand1-E47	0.038
<i>BMP1</i>	ASIÁTICOS	Elk-1	0.012
<i>CHRD</i>	ASIÁTICOS	Elk-1	0.01
		NRF-2	0.003
<i>CSF1</i>	AFRICANOS	Elk-1	0.032
		Oct-1	0.03
<i>MYF5</i>	ASIÁTICOS	HNF-3b	0.044
<i>OCT1(SLC22A1)</i>	AFRICANOS	CHP-C	0.014
<i>OSTN</i>	ASIÁTICOS	Nkx2-5	0.004

p-valor corregido por Bonferroni: 0.0013.

Tabla 4
Test genético poblacional D de Tajima para los genes *AXIN2* y *ADRB2*

Gen	Población	D de Tajima	p valor
<i>AXIN2</i>	AFRICA	2.3505	0.99
	ASIA ESTE	4.09471	0.99999
	EUROPA	3.1389	0.994
<i>ADRB2</i>	AFRICA	4.03294	0.99999
	ASIA ESTE	2.56422	0.989
	EUROPA	4.01016	0.99999

Figura 1
Median Joining Network de los haplotipos para el gen *AXIN2* en poblaciones asiáticas



ECOLOGÍA HUMANA

**ENFERMEDADES EN PERSONAS AFROMEXICANAS
POR CORTAR CAÑA DE AZÚCAR,
Y AGUARDIENTE Y CERVEZA
COMO REMEDIO MEDICINAL PARA AFRONTARLAS¹**

**AFRO-MEXICAN PEOPLE DISEASES
FOR SUGARCANE HARVESTING,
AND SUGARCANE ALCOHOL AND BEER
AS MEDICINAL REMEDY TO ADDRESS THEM**

**ESTUDIO DE CASO EN UNA COMUNIDAD
DE VERACRUZ MÉXICO**

Cardoso, M.A.¹; Ostiguín, R.M.²; Moreno, G.M.¹; Aburto, I.A.¹; Cuanalo, L.¹

¹Facultad de Estudios Superiores Zaragoza-UNAM

²Maestría en Enfermería-UNAM

mcardoso@servidor.unam.mx

m_cardoso@prodigy.net.mx

015551123165

Resumen

Se presentan resultados del proyecto «Comparación del impacto de la medicina tradicional entre dos comunidades de Veracruz México: Mata Clara, comunidad afromestiza y Tlaquilpa comunidad indígena nahua» (UNAM-DGAPA-PAPIIT IN308611-RR308611).

El objetivo es contribuir a la construcción del perfil epidemiológico sociocultural de una comunidad afromexicana. El diseño del estudio fue descriptivo analítico; los métodos utilizados fenomenológico y etnográfico; las técnicas de recolección de información entrevistas en profundidad y observación participante. La codificación y análisis se realizaron de manera manual: reducción de datos, disposición y transformación de datos y obtención y verificación de conclusiones. Resultados. Se describen los signos y síntomas corporales de enfermedades generadas por la zafra, que presentan los corta-

¹ Este estudio se realiza en colaboración entre la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y el Posgrado de Enfermería, ambas dependencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

dores de caña de la comunidad afromexicana de Mata Clara, del municipio de Cuitláhuac Veracruz México, y la forma en que culturalmente han aprendido a afrontarlos, dado que, regularmente en la consulta médica no son atendidos por considerarlos ficticios. Los cortadores llaman enfermedades a los malestares y son de tres tipos: «envaramiento» (tensión muscular en brazos), «escalofríos» (contracciones musculares y disminución repentina y violenta de la temperatura corporal) y «mal de orín» (dificultad para orinar). La forma de atenderlos es mediante un recurso de medicina tradicional: ingerir una poción a base de aguardiente de caña con una hierba llamada por ellos «maistra».

Palabras clave: tecnología, zafra, malestares corporales, medicina tradicional.

Abstract

Results for the project «Comparison of the impact of traditional medicine between two communities of Veracruz Mexico: Mata Clara, afro-mexican community, and Tlaquilpa, an indigenous nahua community» are presented (UNAM-DGAPA-PAPIIT IN308611-RR308611).

The aim is to contribute to the construction of cultural epidemiological profile of a community afro-mexican. The study design was descriptive analytical; phenomenological and ethnographic methods were used; techniques of data collection were interviews and participant observation. Coding and analysis were performed manually: data reduction, layout and data transformation and obtaining and verifying conclusions. Results. Bodily signs and symptoms of the diseases generated by the sugarcane harvesting in harvesters in the afro-mexican community of Mata Clara, located in Cuitlahuac town Veracruz Mexico, are described; and how they have learned to deal with them culturally, since, in the usual medical practice they are not served for being considered as fictitious. The harvesters call diseases to the ailments and are of three types: «envaramiento» (muscle tension in arms), «escalofrios» (muscle twitches and violent and sudden drops in body temperature), and «mal de orín» (difficulty urinating). The way to address them is through a traditional medicine resource: ingesting a potion based with rum with an herb called by themselves as «maistra».

Keywords: technology, sugarcane harvesting, ailment, traditional medicine.

INTRODUCCIÓN

Las comunidades de Mata Clara y El Manantial, del municipio de Cuitláhuac, Veracruz México, son habitadas por personas afromexicanas. Se dedican principalmente a la zafra (siembra, cultivo y cosecha de la caña de azúcar). Los varones de estas comunidades padecen problemas de salud propios de su actividad laboral: torceduras, luxaciones y fracturas de tobillo, rodilla y brazos, los cuales son atendidos por el Centro de Salud Estatal y por el Instituto Mexicano del Seguro

Social. Sin embargo, padecen otros que desde la perspectiva institucional de salud, no son atendidos por considerarlos ficticios. Los cortadores les llaman malestares y son: «envaramiento» (tensión muscular en brazos), «escalofríos» (contracciones musculares y disminución repentina y violenta de la temperatura corporal) y «mal de orín» (dificultad para orinar). Los galenos suponen que son pretextos para no trabajar, o para emborracharse, dada la forma que ellos han encontrado para contrarrestarlos. El tratamiento es mediante un recurso de medicina tradicional local: ingerir aguardiente de caña con una hierba llamada por ellos «maistra» y cerveza.

En este escrito se explica cómo la zafra, principal actividad económica de estas comunidades, genera enfermedades y las prácticas con las cuales las afrontan.

PROPÓSITO

Contribuir a la construcción del perfil epidemiológico sociocultural de una comunidad afromestiza.

OBJETIVO

Describir la existencia de los malestares físicos que presentan los cortadores de caña y las prácticas culturalmente significativas para afrontarlos.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Los resultados se enmarcan en la antropología aplicada, entendida como un conjunto general de principios a los que debe adecuarse cualquier programa de acción si se quiere que tenga éxito (Harris 1996), y se realizó con base en los lineamientos de la investigación cualitativa entendida «no como una solución, más bien, como una vía para llegar a una mejor comprensión de la condición humana, con la esperanza de contribuir a la adopción de decisiones más racionales y una mayor eficacia e impacto de los programas de salud» (Ulin Robinson Tolley 2006: 7), ya que ésta permite la exploración de las experiencias de la gente en su vida cotidiana (Mayan 2001).

El diseño fue descriptivo y analítico. El área de estudio fue la congregación de Mata Clara y el ejido El Manantial, localidades ubicadas en el municipio de Cuitláhuac, Veracruz, México, población compuesta predominantemente de personas afromexicanas. La muestra la conformaron diez informantes de entre 42 y 75 años de edad, siete varones y tres mujeres, tres hombres y una mujer padecían diabetes.

Los métodos de investigación empleados fueron dos:

1. Fenomenológico, porque enfatiza lo individual y la experiencia subjetiva para conocer los significados que los individuos dan a su experiencia cotidiana (Rodríguez Gil García 1999). Se basó en las fases propuestas por Apps (1991): Descripción del fenómeno de la manera más libre y rica posible, sin entrar a clasificaciones o categorizaciones; búsqueda de múltiples perspectivas, incluyendo las contradictorias; búsqueda de la esencia y estructura del hecho; constricción de la significación del fenómeno; suspensión de juicios mientras se recoge la información y se familiariza con el fenómeno objeto de estudio; interpretación del fenómeno, sacando a la luz los significados ocultos.
2. Etnográfico, porque permite aprender el modo de vida de una unidad social concreta, mediante la descripción o reconstrucción social del grupo investigado (Rodríguez Gil García 1999). Se basó en las características de Atkinson Hammersley (1994): Énfasis en la exploración de la naturaleza del fenómeno; trabajo con datos no estructurados; investigación de un número pequeño de casos, pero en profundidad; interpretación de los significados y acciones de las personas expresados mediante descripciones y explicaciones verbales.

Las técnicas para la obtención de información que se utilizaron fueron: entrevista a profundidad. Dado que existe una dimensión histórica de la subjetividad, nuestra forma de sentir la vida, de sentir el placer o el dolor hablan de ella. Evidentemente conforman un espacio íntimo, pero al mismo tiempo constituyen una expresión personal de una dimensión histórica (difícil de reconocer) pero que ahí está, y la entrevista a profundidad es un elemento clave en la producción de significaciones de los sujetos (Díaz Barriga 1991); observación participante. «Permite obtener información sobre un fenómeno o acontecimiento tal y como éste se produce... [pues] muchos sujetos o grupos no conceden importancia a sus propias conductas, a menudo escapan a su atención o no son capaces de traducirlas a palabras. Estas conductas deben ser observadas si queremos descubrir sus aspectos característicos» (Rodríguez Gil García 1999: 149); registros observacionales. Se realizaron grabaciones en audio de las entrevistas, las cuales fueron transcritas, se tomaron fotografías y vídeo y se apuntaron notas en un diario de campo.

La codificación, análisis e interpretación de los datos se realizaron conforme al procedimiento propuesto por Miles Huberman (citado por Rodríguez Gil García 1999), el cual constó básicamente de tres actividades: reducción de los datos. Se simplificó y seleccionó la información para hacerla abarcable y manejable, para ello, primero se realizó una separación de los datos de acuerdo a criterios temáticos, posteriormente se identificaron y clasificaron las unidades en diversas catego-

rías de contenido, y finalmente se sintetizó la información en metacategorías; disposición y transformación de los datos. Se sistematizó la información vertida por cada uno de los informantes agrupándose en categorías y se comparó, entre participantes, tanto la información como las categorías; obtención y verificación de conclusiones. Los primeros resultados y conclusiones se obtuvieron desde el principio, al momento de reducir y codificar los datos. Para verificar las conclusiones, se triangularon poniéndolas a consideración de los informantes así como con el intercambio de opiniones con otros investigadores.

RESULTADOS

Del mundo de los informantes

Mata Clara y El Manantial son dos comunidades del municipio de Cuitláhuac en Veracruz México. Su clima es cálido-seco-regular con una temperatura promedio de 25.2 °C. Su precipitación pluvial media anual es de 2,612.2 mm, lo cual hace muy propicia la agricultura. Dentro de sus actividades productivas destaca la siembra de la caña de azúcar (Antecedentes Históricos de Cuitláhuac, 2006).

Su población es afromexicana, descendiente de esclavos africanos traídos durante la época colonial (Secretaría de Educación Pública, 1993) dado que la expansión azucarera ocasionó el flujo de negros en el estado de Veracruz (Romero 1999). La mayor parte de la población profesa la religión católica (Reyes 2001). En aspectos de salud, el municipio de Cuitláhuac cuenta con 6 unidades médicas de primer nivel en donde 21 médicos brindan atención (Gobierno del Estado de Veracruz 2009). Los poblados de Mata Clara y El Manantial se caracterizan por ser comunidades emparentadas, lo cual ha permitido que, a pesar del mestizaje que han sufrido, los rasgos negros se siguen manteniendo.

La principal actividad económica de estas comunidades es el cultivo y la cosecha de caña de azúcar. Su trabajo lo dividen en dos periodos: el tiempo de la guayaba y el de zafra. Éste último es el más significativo por su importancia económica. El tiempo de la guayaba, nombrado así por los pobladores de estas localidades, abarca de junio a noviembre, cuando la caña de azúcar está madurando. Esta época se caracteriza por la escasez de trabajo, consecuentemente la mayor parte de la comunidad no tiene ingresos económicos. La guayaba es un eufemismo de «la chingada», la manera original en que denominaron este periodo.

Durante la guayaba, una actividad donde se emplea a pocas personas, es el «riego de líquido» es decir, la aplicación de herbicidas, insecticidas y fertilizantes para mantener los cañales en óptimas condiciones. El corte de limón es otra opción de trabajo para otras pocas personas, mujeres en su mayoría, empero, implica las-

timarse las manos, dolores de espalda, así como una fuerte exposición al sol y poco ingreso monetario.

A finales de noviembre o principios de diciembre la caña está lista para ser cosechada, condición que marca el inicio del tiempo de la zafra, el cual durará hasta finales de mayo. En este periodo prevalece un ambiente de alegría pues «no faltará trabajo».

Envaramiento, mal de orín y escalofríos: malestares de los cortadores de caña

El esfuerzo realizado al cortar caña genera malestares físicos que llegan a impedirles realizar su labor, y que ellos denominan «envaramiento», «mal de orín» y «escalofríos».

El «envaramiento» es un dolor en manos y brazos por el esfuerzo realizado para cortar caña con la moruna (machete), la cual tiene dimensiones de 24 pulgadas y pesa unos 650 gramos. La explicación de los cortadores de caña a este malestar: «al iniciar la zafra, después de la inactividad de la época de la guayaba, nos vemos sometidos a un cambio brusco en la actividad física, como que el cuerpo está frío y de repente hay que forzar el cuerpo a todo lo que da, como que cuesta pa' agarrarle el ritmo, se pone uno todo adolorido. Con este malestar sientes que los brazos te duelen hasta los huesos, una desesperación, un dolor, como si me estuvieran clavando algo en los huesos, y el dolor, y el dolor, ¡pa' su gallo!, no podía ni con la moruna, no tenía fuerza pa' dar el golpe».

El «mal de orín», es un malestar que genera disminución en el flujo de orina, y ardor y dolor durante las micciones, también es frecuente la presencia de sangre al orinar: «te dan muchas ganas de ir al baño, sientes que no te aguantas, cuando quieres hacer del baño no puedes, no sale nada y te arde mucho tu parte, y en el vientre se siente un calor insoportable y tienes ganas pero no haces, una o dos gotitas salen y tú quisieras que saliera todo, pero no, solo unas gotas y sigues con ganas». Este malestar dificulta realizar su trabajo: «luego ni puedes trabajar, es incómodo, no te deja hacer las cosas que necesitas, en veces tiene uno que irse pa' la casa porque a cada rato quieres ir al baño y ni puedes seguir cortando caña».

«Los escalofríos» son contracciones musculares acompañados por una disminución repentina y violenta de la temperatura corporal. Después de laborar varias horas bajo los rayos del sol, alrededor de los 40 grados centígrados, condición que los hace sudar copiosamente, si se colocan bajo una sombra con la ropa humedecida por el sudor y con el impacto del viento fresco, sienten en todo el cuerpo temblores y fríos: «si usted se va a la sombra se enfría su cuerpo, sus dedos y sus brazos... el frío le hace daño... tons'... se enfría muy rápido por el sudor». Incluso

hay quienes llegan a suspender su trabajo por este padecimiento: «... como yo estoy encargado de ellos [el cabo de cuadrilla], y es que los veo cómo se ponen, ya mejor los descanso y que se recuperen en su casa, y ya pa'l otro día, Dios dirá».

Los cortadores de caña solicitan atención médica, empero la respuesta de los galenos es de incredulidad: «no nos creen, dicen que son pretextos para no trabajar». Los cortadores alegan que estos malestares los hacen sentir enfermos y en consecuencia, su rendimiento es menor durante la jornada laboral. Dada la falta de respuesta médica, y con base en la experiencia adquirida en por lo menos tres generaciones, han encontrado en la ingesta de aguardiente de caña y de cerveza, la forma de afrontarlos.

Aguardiente y cerveza: recursos medicinales para los malestares

Para el personal de salud, la presencia de los malestares y el alivio mediante el consumo de alcohol, son mero pretexto para emborracharse, por lo cual los califican como flojos y borrachos «...son unos flojos, solo son pretextos para no trabajar». No obstante, para los cortadores de caña significa la solución a sus problemas de salud. Aducen que es mediante beber aguardiente de caña y cerveza como logran soportar el tiempo de la zafra.

Informan que el aguardiente tiene una función medicinal. Les permite evitar o atenuar el envaramiento: «se toma un trago y se le quita el engarrotamiento de los dedos, le dejan de doler, ya los puede mover... alivia el mal de orín, con un trago de aguardiente te pones mejor, se te quitan las ganas de orinar, y cuando te dan ganas ya puedes hacer un poco más y con menos dolor.. contrarresta los escalofríos, te quita el enfriamiento del cuerpo, te normaliza y te calienta».

El consumo de aguardiente en estas comunidades es una práctica común durante todo el año, pero aumenta cuando hay zafra. Por lo regular el representante o el cabo de cuadrilla, quienes supervisan el trabajo de los cortadores de caña, les proveen: «un litro de aguardiente diario, para 15 o 20 gentes... que componen la cuadrilla, es como una recompensa, pa' que le echen ganas... pues la gente a veces lo requiere..., incluso es pa' curar».

En consecuencia, el aguardiente es la bebida alcohólica predilecta porque les mantiene en las condiciones físicas requeridas para su desempeño laboral y les permite tener un ingreso económico estable: «...sí no corta uno caña, no gana uno nad... con lo que uno gana se puede sobrellevar el tiempo de la guayaba».

La cerveza también les resulta de gran utilidad por el alivio físico que les proporciona: descansa el cuerpo, se relaja uno más». Se consume con mayor frecuencia al término de la jornada laboral: «cuando se acaba el día, se va uno a los lugares donde venden cerveza y se toma unas cuantas, no más de tres de esas chiquitas,

sólo es para que el cuerpo se afloje y poder descansar». Para los profesionales de la salud adscritos a la medicina institucional, las prácticas y argumentos anteriores no gozan de crédito. El testimonio de los cortadores de caña no lo valoran como evidencia, a pesar de estar documentado el efecto del aguardiente de caña y de la cerveza.

Con relación a la disminución de los dolores musculares o envaramiento y al dolor o ardor del mal de orín reportado por estas personas, diversos estudios señalan que el consumo de alcohol tiene un efecto sedante. Incluso, el alcohol etílico, contenido hasta en un 45% en el aguardiente, es la sustancia sedante más antigua conocida por el hombre (Florenzano 1999). Tal efecto sedante es resultado de los cambios sufridos por los neurotransmisores cerebrales al momento de ingerir alcohol (Tierney McPhee Papadakis, 2006). Produce una acción inhibitoria en los receptores NMDA del neurotransmisor glutamato, el cual tiene un poder excitatorio en el cerebro. También produce modificaciones en el mecanismo neuronal del hipocampo y córtex, la base de sus efectos anestésicos (Sanchez-Tutret 1997, citado por Arias 2005; García et al. 2006).

Las propiedades sedantes de esta bebida hacen que tenga sobre el organismo un efecto anestésico, disminuyendo la actividad de algunas áreas del cerebro, y como todo medicamento sedante-hipnótico, actúa para favorecer la inhibición sináptica, producida por el transmisor denominado ácido gamma-aminobutírico [GABA].

En relación al mal de orín, una explicación médica es que la deshidratación conlleva una alteración del PH propiciando infecciones en las vías urinarias y el consumo de aguardiente neutraliza dicha alteración (Romero Caralps 1987), lo que explica la desaparición de los síntomas de este malestar físico.

Las sensaciones de relajamiento proporcionadas por la ingesta de cerveza son resultado del lúpulo, que tradicionalmente se ha usado como hipnótico, sedante y diurético, el cual se emplea para aromatizar la cerveza y obtener el característico sabor amargo de esta bebida. Asociado al lúpulo, ciertos componentes fenólicos generan una disminución de la excitabilidad facilitando la relajación, produciendo un efecto estimulante y mejorando el humor (Grupo Modelo 2003; Martínez Valls Villarino 2007). Esto es de mucha importancia para los cortadores, ya que después de un día de trabajo lo que necesitan es descansar bien para soportar su jornada del día siguiente.

En cuanto a los escalofríos, es sabido que el ser humano mantiene su temperatura corporal dentro de unos estrechos márgenes en torno a un valor basal ($37^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$). A pesar de las condiciones ambientales, el equilibrio de esa temperatura es fundamental para un correcto funcionamiento del cuerpo humano, para lo cual es imprescindible mantener las condiciones del medio interno (Torres 2007), lo que

puede conseguirse mediante los escalofríos, que son un mecanismo del cuerpo para generar calor y regular la temperatura corporal.

Otro mecanismo para mantener dicho equilibrio es mediante las calorías aportadas por la ingesta de alcohol, dada su incidencia en la generación de calor inducida por los alimentos (termogénesis). Esto explica por qué los cortadores de caña reportan sentir alivio a los escalofríos y disminución de las contracciones musculares.

Otra razón por la que se toma aguardiente y cerveza es porque en estas comunidades, el consumo de bebidas alcohólicas promueve y consolida la cohesión social, ya que, en contraste, cuando un cortador no ingiere alcohol es rechazado por los integrantes de su cuadrilla: «aquí el que no toma se aparta, solito se hace a un lado, si alguien no toma se lo traen acarrillado, que te pega tu mujer.. que está bien porque es pa' hombres y no pa' las viejas, no sé cuanta cosa le dicen y pu's si quiere seguir y estar en paz, al final tiene que entrarle».

En consecuencia, si el cortador pretende evitar ingerir alcohol, debe aislarse de sus compañeros: «ya tengo casi un año sin tomar pero no me siento a gusto, todos se echan sus tragos y yo mejor prefiero apartarme, pa' no estarlos escuchando y es que me invitan y me insisten, ven échate una con nosotros, mejor me llevo mi radio y prefiero estar solo, alejado de los compañeros». Empero, este comportamiento perjudica sus relaciones sociales.

Además de afectar su relación con los cortadores que integran la cuadrilla, también presentan dificultades para la convivencia dentro de su comunidad, incluso les disminuye su sentido de pertenencia al grupo: «si uno no toma nomás no te puedes divertir, que si vas a una fiesta y no le'ntras, te aburres, luego te quieres acercar a las personas y como que no te hacen plática, te sientes como si fueras de otro lado, como si no conocieras a nadie». Si bien, el consumo constante de las bebidas alcohólicas les ha generado beneficios, en detrimento, les ha traído como consecuencia problemas graves de salud que afectan su vida diaria.

La cirrosis hepática es un padecimiento que se presenta con gran frecuencia en estas personas, las cuales consumieron alcohol durante gran parte de sus vidas, aquí hay varios que están malos del hígado: «dicen que da por mucho tomar, luego dicen que es por tomar de ese del Chorrillo [aguardiente de caña producido en el municipio de Cuitláhuac] ...el otro día estábamos cortando caña y uno de la cuadrilla se puso malo, empezó vomite y vomite, se agarraba de un árbol y no dejaba de vomitar, luego hasta echaba sangre».

Esta enfermedad se presenta en ellos porque su alimentación es deficiente, pues realizan una o dos comidas con horario indistinto. El aporte calórico y la cantidad de hidratos de carbono no son los adecuados para personas que realizan una gran actividad física y porque la ingesta frecuente de alcohol, por varios años ininterrumpida,

les ocasiona disminución en el apetito, con la ineludible aparición de anemia por desnutrición: «había uno o dos cortadores que traían su lonche y no se lo comían, según no les daba hambre, pero eso sí, le entraban duro al aguardiente, y no comían y se vieron muy malos, los tuvimos que internar porque ya estaban bien flacos».

CONCLUSIONES

Ante estas condiciones, los cortadores de caña enfrentan una disyuntiva: ingerir aguardiente y cerveza para aliviar malestares que les impiden laborar durante el periodo de zafra, o pretender evitar las consecuencias de ingerir bebidas alcohólicas, aunque ello implique padecer los malestares. Optar por la primera opción les permite la supervivencia diaria y aprovisionar recursos para el periodo de la guayaba, aunque, a largo plazo, les genere enfermedades como desnutrición o cirrosis hepática, entre otras. Preferir la segunda opción coadyuvaría a evitar esas consecuencias, pero, en cambio no podrían cortar caña y, en consecuencia, no podrían proveer el sustento diario, ni para ellos ni para su familia.

En consecuencia, los cortadores de caña, al parecer están destinados a transitar un círculo vicioso y padecer problemas de salud derivados del consumo de bebidas alcohólicas, en tanto que asistir a la zafra implica contar con recurso para su manutención y sobrevivencia diaria. En otras palabras, a la comunidad afromexicana dedicada a la zafra le subyace un planteamiento paradójico de salud-enfermedad: enfermar (desarrollar malestares) para vivir. Desde esta perspectiva parecería urgente considerar planteamientos desde políticas públicas, estrategias regionales y acciones locales, para el afrontamiento de la enfermedad en estas comunidades en el marco de las prácticas locales del cuidado a su salud, para con ello modificar el perfil epidemiológico de la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antecedentes Históricos de Cuitláhuac (2006) Autor anónimo. Documento de divulgación interna de la biblioteca Lázaro Cárdenas del Río. Obtenido el 08 de diciembre de 2006, otorgado por el bibliotecario Pérez Robles J.
- Apps Jerold W. (1991) «Dirección de un examen crítico de las prácticas en la educación permanente», *Revista de educación* no 294. pp. 141-162.
- Arias Duque R. (2005) «Reacciones fisiológicas y neuroquímicas del alcoholismo», en *Diversitas*, Vol. I, No. 2. pp. 138 - 147.
- Atkinson P., Hammersley M. (1994). «Ethnography and participant observation». En N. K. Denzin e Y. S. Lincoln (Ed.) *Handbook of qualitative research*. Thousands Oaks, CA: Sage. PP. 248-261.

- Díaz Barriga (1991) *Psicología del mexicano*; Trillas, México
- Florenzano R. (1999) «PROBLEMAS DE SALUD DEL ADOLESCENTE. TEMA 1: SALUD MENTAL. Lección 2: CONSUMO DE DROGAS», Facultad de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile. Obtenido el 01 de julio de 2009, de <http://www.bertha.gob.ni/adolescentes/Doc/MINSA/DIPLOMADO/Mod.3.Tema1.Salud%20Mental.lec.2%20Consumo%20Droga.pdf>
- García G.M., González P.G., Navarro S.S., Cota E.L.F., Olvera C.J.C. (2006) «Estudio sobre los efectos del etanol a nivel de sinapsis neuronal», en *Episteme* No. 8-9 Año 2, Octubre-Diciembre 2006. Obtenido el 01 de julio de 2009, de <http://www.uvmnet.edu/investigacion/episteme/numero8y9-06/>
- Gobierno del Estado de Veracruz Secretaría de Finanzas y Planeación (2009) «Cuitlahuac Veracruz», obtenido el 28 de julio de 2009, de <http://oc4jver.veracruz.gob.mx/Municipios/municipio?ciudad=30053>
- Grupo Modelo S.A. de C.V. (2003) «La cultura de la cerveza». Obtenido el 28 de junio de 2008, de <http://www.gmodelo.com.mx/historia/cultura.html>
- Harris M. (1996) *Antropología cultural*; Alianza editorial, Madrid, España.
- Martínez Á., Valls B., Villarino M. (2007) «El lúpulo contenido en la cerveza, su efecto antioxidante en un grupo controlado de población». *Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA)*. Facultad de Medicina. Universidad de Valencia. Obtenido el 29 de junio de 2009, de <http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/Estudio%20CervezaySalud.pdf>
- Mayan M. (2001) «Una introducción a los métodos cualitativos. Módulo de entrenamiento para estudiantes y profesionales», obtenido el 2 de marzo de 2004, de <http://www.ualberta.ca/~iiqm//pdfs/introduccion.pdf>
- Reyes G. (2001) *Memoria histórica y vida cotidiana de Cuitláhuac, Veracruz*. Códice, Jalapa, México.
- Rodríguez G., Gil J. y García E. (1999) *Metodología de la investigación Cualitativa*; Aljibe, Málaga.
- Romero R., Caralps A. (1987) *Infección urinaria*; Doyma, España.
- Secretaría de Educación Pública (1993) *Veracruz. Prodigiosa naturaleza de cara al mar*. Monografía estatal. Secretaría de Educación Pública, México.
- Tierney M., McPhee S., Papadakis A. (2006) *Diagnostico clínico y tratamiento*; Editorial Manual Moderno, México.
- Torres M.A. (2007) «CALOR Y SALUD: No te rayes con los rayos», Obtenido el 12 de julio de 2007 de [http://www.adezaragoza.org/opinion/peregrino/index.php?month=Julio\(2007\)](http://www.adezaragoza.org/opinion/peregrino/index.php?month=Julio(2007))
- Ulin P., Robinson E., Tolley E. (2006) *Investigación aplicada en salud pública. Métodos cualitativos*; USAID, FHI y OPS, Estados Unidos.

**PESO DEL RECIÉN NACIDO Y PATRONES
DE ANTROPOMETRÍA MATERNA, CUBA**

**NEWBORN WEIGHT AND MATERNAL
ANTHROPOMETRIC CHARTS, CUBA**

Díaz, M.E.¹; Montero, M.²; Jiménez, S.¹; Wong, I.¹; Moreno, V.¹; Soca, D.³

¹Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos, La Habana, Cuba

²Instituto de Cibernética, Matemática y Física, La Habana, Cuba

³Universidad de La Habana, La Habana, Cuba

María Elena Díaz

Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos, Infanta 1152 e/ Clavel y Llinás

CP: 10300. La Habana, Cuba

Email: maryelen@infomed.sld.cu

Resumen

El peso adecuado al nacer es un indicador del éxito del embarazo, sus categorías de riesgo pueden utilizarse en la validación de los puntos de corte del estado nutricional materno. El objetivo fue determinar el riesgo y valor predictivo de indicadores antropométricos maternos sobre el peso del recién nacido para validar los patrones de referencia de la embarazada cubana. Las asociaciones esperadas del peso al nacer con la edad gestacional y la antropometría materna se analizaron en una muestra de 5400 recién nacidos correspondientes al estudio de los patrones de referencia de la embarazada cubana. Se aplicaron modelos de Regresión Logística Polinómica y Análisis de Correspondencias. Se obtuvo que el peso inadecuado al nacer es una expresión de la malnutrición materna que se corresponde con ganancias ponderales inapropiadas. El modelo de regresión propuesto evidencia que recién nacidos con peso deficiente tienen mayor probabilidad de ser hijos de madres desnutridas. Las madres con sobrepeso y obesidad, tienen probablemente hijos con pesos mayores de 4000g.

Conclusiones: Los indicadores antropométricos maternos constituyen un factor determinante sobre el riesgo del peso inadecuado al nacimiento, que permite validar los puntos de corte propuestos en los patrones de referencia de la embarazada cubana.

Palabras claves: Recién nacidos, Embarazadas, Peso al nacer, Patrones antropométricos, Antropometría materna.

Abstract

The appropriate weight of the newborn is an indicator of the pregnancy output, its risk categories can be used in the cut-off point definition of maternal nutritional status. The objective was to determine the risk and predictive value of anthropometric indicators on maternal birth weight to validate the anthropometric chart of the Cuban pregnant. The expected associations of birth weight with gestational age and maternal anthropometry were analyzed in a sample of 5400 infants from the study of anthropometric chart patterns of Cuban pregnant. Correspondences Analysis and Logistic Regression Polytomic Models were applied. Inadequate weight at birth is an expression of the maternal malnutrition, and this corresponds with maternal weight gain inappropriated. The regression model demonstrates that newborns with deficient weight would be probably undernourished mothers' children. Newborns of mothers with overweight and obesity probably have weight bigger than 4000g.

Conclusions: Maternal anthropometric indicators are a determinant factor on the risk of inadequate birth weight, to validate the cut-off points proposed in the Cuban anthropometric reference chart.

Keywords: Newborn, Pregnant, Newborn weight, Anthropometric charts, Maternal anthropometry.

INTRODUCCIÓN

La evaluación del estado nutricional de la mujer gestante es importante para el conocimiento de evolución y éxito del embarazo. Los indicadores mayormente empleados para estos fines son los antropométricos (Report of a WHO Expert Committee, 1995), debido a su sencillez, reproducibilidad y costo, lo cual permite su utilización en los diferentes niveles de atención en salud, constituyendo la vía más práctica para hacer pesquisas y valoraciones clínicas. La aplicación se realiza mediante los patrones antropométricos de referencia, que pueden tener un alcance global o ser específico para determinada población (Gueri et al, 1982), (Fescina, 1983), (Rosso, 1985) (Mardones Rosso, 2005) (IOM, 1990).

En Cuba se obtuvieron los patrones antropométricos de la embarazada, con el respaldo del Programa de Cooperación Cuba - UNICEF (Díaz et al. 2008), (Díaz et al.2010a), (Díaz et al.2010b), (Díaz et al.2011), pero la fiabilidad de estos patrones debe ser comprobada. En este sentido, las tablas antropométricas cubanas de aumento de peso o evolución ponderal, en su distribución de percentiles, han sido ya verificadas a través de métodos estadísticos de avanzada (Montero et al, 2012). Los puntos de corte que delimitan el riesgo de mala nutrición por defecto y por exceso al inicio del embarazo, así como las categorías de clasificación de la ganancia de peso constituyen otro conjunto de indicadores que componen las tablas antropométricas cubanas, cuya veracidad se puede demostrar. El peso del recién na-

cido, al constituir un excelente indicador del éxito del embarazo y por su característica de estar relacionado con la antropometría materna, puede utilizarse para validar los patrones antropométricos.

OBJETIVOS

Determinar el riesgo y valor pronóstico de indicadores antropométricos maternos sobre el peso del recién nacido para validar los patrones de referencia de la embarazada cubana

MATERIAL Y MÉTODOS

Se tomaron los datos de 5400 recién nacidos y sus madres con edad gestacional superior a las 36 semanas, procedentes de la muestra de los patrones antropométricos cubanos.

Se aplicaron métodos estadísticos multivariados para analizar las asociaciones entre el peso del recién nacido y los puntos de corte del Índice de Masa Corporal ($IMC = \text{peso en kg} / \text{estatura en m}^2$) del inicio del embarazo, la estatura materna, la edad gestacional y la ganancia de peso total materna. Se emplearon las categorías para las clasificaciones identificadas en las Tablas Antropométricas de la Embarazada (Díaz et al. 2008), (Díaz et al. 2010b):

- Estado nutricional materno (IMC): deficiente (≤ 18.8); adecuado (18.8-25.6); sobrepeso (25.6-28.6) ; obesa (≥ 28.6).
- Estatura materna en cm (estratos): 1(140 -150); 2 (150.1 – 152); 3 (152.1 -154); 4(154.1 -156); 5(156.1 – 158); 6(158.1 – 160); 7(160.1 – 162); 8(162.1 – 164); 9(164.1 – 166); 10(166.1 – 168); 11(168.1 – 170) y 12(>170)
- Edad gestacional al parto (semana): Grupo I (< 37); Grupo II (37-40) ; Grupo III(> 40)

Ganancia de peso total (Kg) según las siguientes categorías del estado nutricional materno:

- Deficiente: ganancia baja (9.45-11.33); ganancia moderada (11.34-17.28); ganancia alta (17.29-19.17).
- Adecuado: ganancia baja (8.64-10.52); ganancia moderada (10.53-15.93); ganancia alta (15.94- 18.09).
- Sobrepeso: ganancia baja (7.56- 9.44); ganancia moderada (9.45-14.85); ganancia alta (14.86-16.47).

– Obesa: ganancia baja (5.40-7.55); ganancia media (7.56-12.96); ganancia alta (12.97-14.58).

Para el peso del recién nacido se emplearon los siguientes niveles de riesgo, que se utilizan internacionalmente (Puffer Serrano, 1987): deficiente (< 3000g); normal (3000-4000g); macrosómico (> 4000g).

La primera parte del análisis estadístico consistió en construir gráficos y calcular estadísticas descriptivas simples que aportasen evidencias acerca de la posible relación entre las variables antropométricas y el peso del recién nacido. Los análisis exploratorios sirvieron para sugerir algunas hipótesis que se contrastan más adelante. La significación estadística de las diferencias del peso del recién nacido entre los distintos grupos de estado nutricional materno se determinó mediante análisis de varianza. Se empleó la técnica de Análisis de Correspondencias (Johnson Wichern, 1992) para realizar una valoración de las posibles asociaciones entre el peso del recién nacido y las variables maternas, evidenciadas desde el análisis gráfico de los datos. Se formuló un modelo de Regresión Logística Politémica (Hosmer Lemeshow, 1989) para validar las asociaciones encontradas.

RESULTADOS

El estudio exploratorio evidenció la asociación entre el peso del recién nacido y la antropometría materna. Adicionalmente el análisis de varianza indicó que los pesos promedios de los recién nacidos se diferencian significativamente por categorías del estado nutricional materno ($F=35.00$, $p=0.000$).

La Fig. 1 (A y B) muestra el comportamiento de los pesos de los recién nacidos según la talla materna, expresada en rangos y percentiles, respectivamente. En la Fig. 1-A se muestra la distribución del peso en un gráfico de cajas y bigotes para cada uno de los 12 estratos de talla materna. Se observa que a mayor estatura materna el peso del recién nacido tiende a ser mayor; a partir del estrato 5 hay varios puntos atípicos (outliers), que indican que las mujeres más altas tienen niños con pesos extremos, lo que no se observa en los rangos de talla más bajo. En la Fig. 1- B se observa que las madres en percentiles bajos de estatura tienen mayor porcentaje de recién nacidos con pesos por debajo de los 3000g. En los percentiles de talla superiores predominan los niños con macrosomía (> 4000g).

La Fig. 2 representa el porcentaje de recién nacidos con pesos inadecuados en cada categoría del estado nutricional materno a la captación. Se observa un mayor porcentaje de niños con pesos al nacer <3000g en las madres con estado nutricional deficiente. En las mujeres sobrepesos y obesas aparecen con más frecuencia los recién nacidos de >4000g de peso.

La Figura 3 muestra la distribución de los recién nacidos con pesos deficientes (<3000g), según el estado nutricional materno a la captación y la valoración de la ganancia de peso total. Es muy evidente que los neonatos con pesos por debajo de estos límites son más frecuentes en madres desnutridas y con ganancia ponderal total baja. Independientemente del estado nutricional inicial, se evidencia que en general, las embarazadas con una baja ganancia de peso total, muestran mayor frecuencia de niños con pesos al nacimiento inferiores a 3000g.

La Fig. 4 muestra la distribución de los recién nacidos macrosómicos según el estado nutricional materno y la valoración de la ganancia de peso total. Los recién nacidos con pesos >4000g son más frecuentes en las madres con sobrepeso y obesas que presentaron una ganancia alta de peso al término del embarazo.

La Fig. 5 muestra la distribución de los recién nacidos de pesos inadecuados, respecto a la clasificación de la ganancia de peso al final del embarazo. Se confirma la presencia de una cantidad mayor de recién nacidos < 3000g en la categoría de madres con ganancia de peso baja, en cambio, la frecuencia de niños de >4000g es mayor entre las madres con una ganancia alta.

Las figuras 6, 7 y 8 muestran los resultados del Análisis de Correspondencia entre el peso del recién nacido y las variables maternas.

En la Fig. 6 se evidencia la asociación entre el estado nutricional de la madre y el peso del recién nacido. Los estados nutricionales maternos deficiente y adecuado se asocian a los pesos del recién nacido, bajos y normales, respectivamente. Por su parte, los estados de sobrepeso y obesidad materno se relacionan con el peso elevado del recién nacido.

La edad gestacional se asocia con el peso del neonato (Fig. 7); antes de las 37 semanas se asocian con la categoría de peso deficiente; entre las semanas 37 y 40 se corresponden con los pesos de 3000-4000g y los nacidos después de las 40 semanas, con los clasificados como macrosómicos.

En la Fig. 8 se observa que las ganancias de peso bajas de las embarazadas con estado nutricional deficiente o adecuado se asocian al peso bajo del recién nacido; lo mismo ocurre con la ganancia moderada para una embarazada con peso deficiente; sin embargo, las ganancias también bajas, pero en embarazadas con sobrepeso u obesidad, se asocian al peso normal del recién nacido. Por su parte, las ganancias moderadas y altas para el resto de las embarazadas se corresponden con los pesos normal y alto del recién nacido.

En el modelo de regresión logística politómica propuesto, la variable de respuesta es el peso del recién nacido en las tres categorías consideradas. Se eligió como categoría de referencia el peso normal del recién nacido y se estimó el efecto de las covariables: talla materna, ganancia de peso y edad gestacional al parto. En la Tabla 1 aparecen las estimaciones (β) y los errores estándar (EE) del modelo.

Las estimaciones de los parámetros correspondiente a la categoría de peso menor que 3000g indican que las variables maternas: talla, obesidad, ganancia de peso y edad gestacional, tienen un efecto negativo significativo sobre la probabilidad de tener un recién nacido con peso deficiente. O sea, que el peso deficiente de la madre es la única condición que favorece el bajo peso al nacer. Para la categoría de más de 4000g de peso al nacer, todas las variables, excepto la talla y el peso materno deficiente, tienen un efecto significativo positivo sobre la probabilidad de ser macrosómico.

En la tabla 1 se presentan además, los odds ratio estimados ($\text{Exp}(\beta)$). Los mayores valores del odds ratio indican un mayor nivel de asociación entre la variable materna y el peso del recién nacido. El análisis muestra que el odds de los recién nacidos con peso <3000g, cuyas madres tienen a la captación un IMC deficiente es 1.7 veces mayor que el de los recién nacidos cuyas madres tienen un estado nutricional adecuado. O sea, las madres con peso deficiente tienen mayor probabilidad que las madres con peso adecuado de tener un recién nacido con bajo peso. Por otro lado, el odds de los recién nacidos con peso > 4000g, cuyas madres son sobrepeso u obesa a la captación es 2.7 y 3.2, respectivamente, mayor que el de los recién nacidos cuyas madres tienen un estado nutricional adecuado. Es decir, las madres con exceso de peso son las que tienen mayor probabilidad de tener hijos macrosómicos. Es también importante tener en cuenta que el efecto multiplicativo de una unidad de cambio en la edad gestacional sobre el odds de tener un recién nacido macrósomico es 1.485.

DISCUSIÓN

La construcción de patrones para monitorear el peso de la embarazada en el área de América Latina (Fescina, 1983) (Rosso, 1985), (Atalah et al.1997), (Mardones Rosso, 2005) es un hecho que justifica plenamente las diferencias morfológicas del estado nutricional y de los factores socioeconómicos, entre otras condicionantes, frente a la adopción de las llamadas referencias internacionales, procedentes de datos o criterios de expertos obtenidos en países desarrollados (IOM, 1990), (IOM, 2009).

La aceptación de los patrones generalmente se basa en estudios de validación transversal que tienen el propósito de probar la efectividad del indicador seleccionado para evaluar el estado nutricional de una población con el cálculo de la sensibilidad, especificidad y valores predictivos; estos tienden a emplearse cuando la intención es adoptar un patrón extranjero como propio o identificar uno como patrón de oro.

La adopción de la curva de Rosso-Mardones es lo más frecuente en el área de América Latina (Mardones Rosso, 2005), mientras que en otros países fuera del

área, lo más recomendado ha sido las referencias propuestas por el Instituto de Medicina de Estados Unidos (IOM 1990), (IOM, 2009). Por esta razón el empleo de las pruebas diagnósticas ha sido un tema bastante tratado, incluso para hacer comparaciones entre diferentes referencias (Benjumea, 2007).

Mardones Rosso (2005) probaron su propia referencia con el peso del recién nacido de una muestra de madres ajenas a la empleada en los patrones. Los resultados indicaron que las embarazadas con bajo peso, tienen más probabilidad de tener hijos por debajo de 3000g que las de peso normal; por otra parte, las sobrepeso y obesas son las que tienen más probabilidad de tener hijos con pesos mayores de 4000g. Este resultado concuerda con la interpretación de la regresión logística propuesta en el presente trabajo.

En gestantes bolivianas, utilizando pruebas de tamizaje, se confirmó la capacidad predictiva del IMC al inicio de la gestación, respecto al peso del recién nacido (Espinoza et al, 2006). Rode et al, 2007 realizó un análisis similar para adoptar los puntos de corte del IOM. Ese tipo de trabajo se ha efectuado también al tratar de emplear las referencias de la mujer adulta en la gestante adolescente (Rached-Paoli Henríquez-Pérez 2010).

En el estudio colaborativo de la OMS, donde se examinaron las relaciones entre la antropometría materna y diversos resultados del embarazo, en 25 grupos poblacionales de todo el mundo (Report of a WHO Expert Committee, 1995) se mostraron valores de OR de 1,42 y 1,37 para identificar el bajo peso del recién nacido con un IMC materno menor de 18.5 kg/m². Estos últimos resultados respaldan el valor de 18.8 kg/m² identificado en las tablas cubanas como el nivel de riesgo para el bajo peso en la mujer embarazada.

La literatura especializada es escasa en el caso en que la validación se realiza, como en el presente trabajo, utilizando la misma muestra empleada para construir el patrón de referencia. La regresión logística indica la fuerza de asociación entre las categorías extremas del peso al nacer con las variables maternas, corroborando los análisis exploratorios. Todos estos métodos demuestran que es más probable que una madre desnutrida tenga un hijo con peso deficiente y que una mujer con sobrepeso u obesidad tenga un recién nacido macrosómico, corroborándose así los puntos de corte identificados en las tablas antropométricas para evaluar el estado nutricional al inicio del embarazo con el IMC.

Igualmente quedó evidenciado con los estudios exploratorios y la regresión logística que las bajas ganancias de peso obtenidas al final del embarazo son más frecuentes en las mujeres con hijos con peso deficientes y las altas ganancias se corresponden más con los macrosómicos.

Por otra parte, el análisis de las correspondencias también proporciona un elemento adicional al expresar con gran claridad la proximidad entre las categorías de

los indicadores antropométricos maternos con el peso del recién nacido. Por lo que la categoría de bajo peso al nacer se corresponde con un estado nutricional materno deficiente al inicio de la gestación y una corta edad gestacional al parto. Queda verificado que ganancias de peso bajas o moderadas, de madres desnutridas o con peso adecuado, se asocian a recién nacidos con pesos también bajos o normales. Igualmente, las altas ganancias de peso en embarazadas sobrepeso y obesas se asocian con recién nacidos macrosómicos.

Finalmente, el análisis realizado es capaz de notar que bajos valores de ganancia de peso en mujeres con sobrepeso y obesidad se asocian al peso normal del recién nacido. Esto justamente, constituye una de las recomendaciones más importantes que se derivan de las tablas antropométricas cubana para el riesgo de preclampsia, es decir, cuando una embarazada sobrepeso u obesa comienza a ganar peso muy rápidamente, debe enlentecer esa velocidad de crecimiento ponderal hasta rangos bajos (Díaz et al, 2010b). Este planteamiento concuerda con los expertos internacionales (IOM, 1990), (IOM, 2009).

En resumen, los estudios realizados a partir de la antropometría materna y el peso al nacer de los niños, para la validación de los puntos de corte de la definición del riesgo con las tablas antropométricas cubanas de la gestante y todos sus indicadores, sugiere que los límites identificados describen verazmente los estados de malnutrición por defecto y por exceso.

CONCLUSIONES

Los indicadores antropométricos maternos constituyen un factor determinante sobre el riesgo del peso inadecuado al nacimiento, que permite validar los puntos de corte propuestos en los patrones de referencia de la embarazada cubana

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atalah E., Castillo C., Castro R., Aldea A. (1997) Proposal of a new standard for the nutritional assessment of pregnant women. *Rev Med Chil*; 125:1429-36.
- Benjumea M.V. (2007) Exactitud diagnóstica de cinco referencias gestacionales para predecir el peso insuficiente al nacer. *Biomédica* 27(1): 42-55.
- Committee on Nutritional Status During Pregnancy and Lactation, Institute of Medicine. *Nutrition During Pregnancy:Part I: Weight Gain. Reexamining the Guidelines*. 2009; Disponible en <http://books.nap.edu/catalog/12584.html>. Con acceso nov 2009.
- Díaz M.E., Montero M., Jiménez S., Wong I., Moreno V. (2008) Diseño y confección de las tablas antropométricas de la embarazada cubana. La Habana: UNICEF-INHA

- Díaz M.E., Montero M., Jiménez S., Wong I, Moreno M. (2011) Evaluación antropométrica del estado nutricional de la gestante- Texto "Alimentación, Nutrición y Salud, La Habana: Editorial Cámara del Libro.
- Díaz M.E., Jiménez S., Montero M., Wong I., Moreno V. (2010b) A weight gain chart for Cuban pregnant women. *Public Health Nutr*; 13(9^a):138.
- Díaz M.E., Montero M., Jiménez S., Wong I., Moreno V. (2010a) Tablas de referencias para el monitoreo del estado nutricional de la mujer embarazada. *Nutrición Hospitalaria* 25 (Suplemento 1):157
- Espinoza Almazán A.E., Lara M.E., Navia M.P. (2006). Validación del índice de masa corporal en embarazadas con relación al nomograma de Rosso y Mardones La Paz – Bolivia. *Cuad - Hosp Clín*, jul, 51, 2, 25-33.
- Fescina R.H. (1983). Aumento de peso durante el embarazo. Método para su cálculo cuando se desconoce el peso habitual. *Rev Of Sanit Panam*; 9:156-62.
- Gueri M., Jutsum P., Sorhaindo B. (1982) Anthropometric assessment of nutritional status in pregnant women: a reference table of weight -for-height by week of pregnancy. *Amer J Clin Nutr* 35: 609-11.
- Hosmer D.W., Lemeshow S. (1989). *Applied logistic regression*. New York: Wiley.
- Johnson R.A., Wichern D.W. (1992) *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice-Hall International Inc.
- Mardones F., Rosso P. (2005). A weight gain chart for pregnant women designed in Chile. *Maternal and Child Nutrition*; 1 (2): 77-90.
- Montero M., Díaz M.E., Jiménez S., Wong I., Moreno V. (2012) Modelación de indicadores del estado nutricional de la embarazada desde un enfoque multinivel. *Revista Colombiana de Estadística Número especial en Bioestadística*. 35(2): 271 – 287
- Nutrition during pregnancy. Institute of Medicine (IOM). (1990). Washington, DC: National Academy Press.
- Pacora P., Buzzio Y., Ingar W., Santiviáñez A. (2005) El peso del recién nacido sano según edad gestacional en una población de Lima. *An Fac Med Lima* 66(2): 212-217.
- Puffer R., Serrano C. (1987) Patterns of birth weights. PAHO.; Scientific Publication 504.
- Rached-Paoli I., Henríquez-Pérez G. (2010). Efectividad del índice de masa corporal en el diagnóstico nutricional de las gestantes adolescentes. *ALAN*, 60(2):
- Report of a WHO Expert Committee. (1995). Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO Technical Report Series 854; pp: 5-35.
- Rode L., Hegaard HK., Kjaergaard H., Møller LF., Tabor A., Ottesen B. (2007). Association between maternal weight gain and birth weight. *Obstet Gynecol*; 109:1309-15.
- Rosso P. (1985). A new chart to monitor weight gain during pregnancy. *Amer J Clin Nutr* 41:544-52.

Tabla 1
Parámetros estimados en el modelo de regresión logística politómica

Variables (a)		β	EE	Wald	Sig.	Exp(β)	95% Intervalo de confianza para Exp(β)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Recién	Intercept	19.268	2.070	86.672	.000			
Nacidos	Talla materna	-.034	.007	21.962	.000	.967	.953	.980
< 3000 g	[IMC deficiente]	.554	.151	13.497	.000	1.741	1.295	2.339
	[IMC sobrepeso]	-.261	.149	3.063	.080	.770	.575	1.032
	[IMC obesa]	-.481	.185	6.749	.009	.618	.430	.889
	Ganancia de peso	-.075	.014	29.767	.000	.928	.903	.953
	Edad gestacional	-.373	.045	68.178	.000	.689	.630	.752
Recién	Intercept	-21.037	3.010	48.859	.000			
Nacidos	Talla materna	.012	.010	1.320	.251	1.012	.992	1.033
> 4000 g	[IMC deficiente]	-.613	.326	3.531	.060	.542	.286	1.027
	[IMC sobrepeso]	.994	.168	34.954	.000	2.702	1.944	3.757
	[IMC obesa]	1.153	.205	31.719	.000	3.168	2.121	4.732
	Ganancia de peso	.089	.017	26.373	.000	1.093	1.057	1.131
	Edad gestacional	.396	.064	38.290	.000	1.485	1.310	1.684

^a La categoría de referencia es el peso del recién nacido: 3000g – 4000g

Figura 1
Distribución del peso del recién nacido según rangos de estatura materna

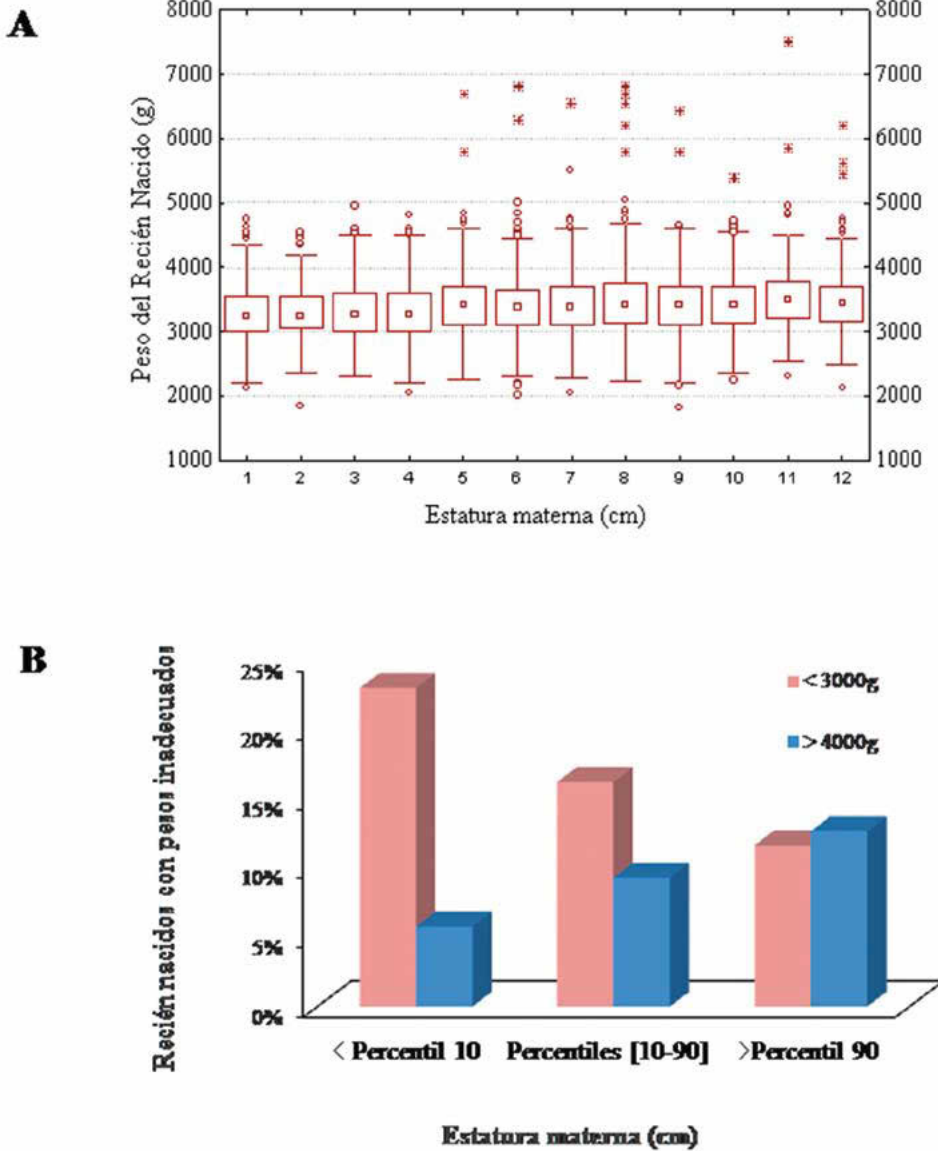


Figura 2
Porcentaje de recién nacidos con peso inadecuado según IMC materno

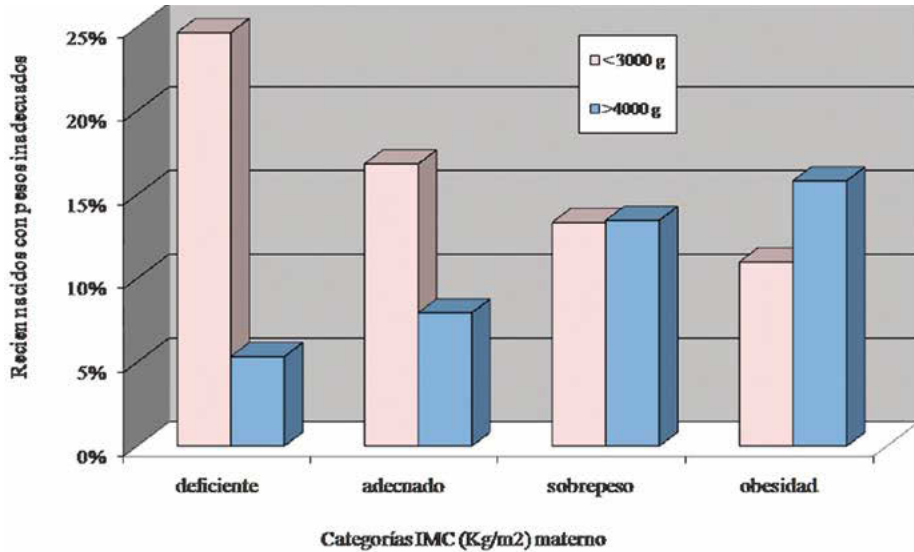


Figura 3
Porcentaje de recién nacidos bajo peso según IMC y ganancia de peso materno

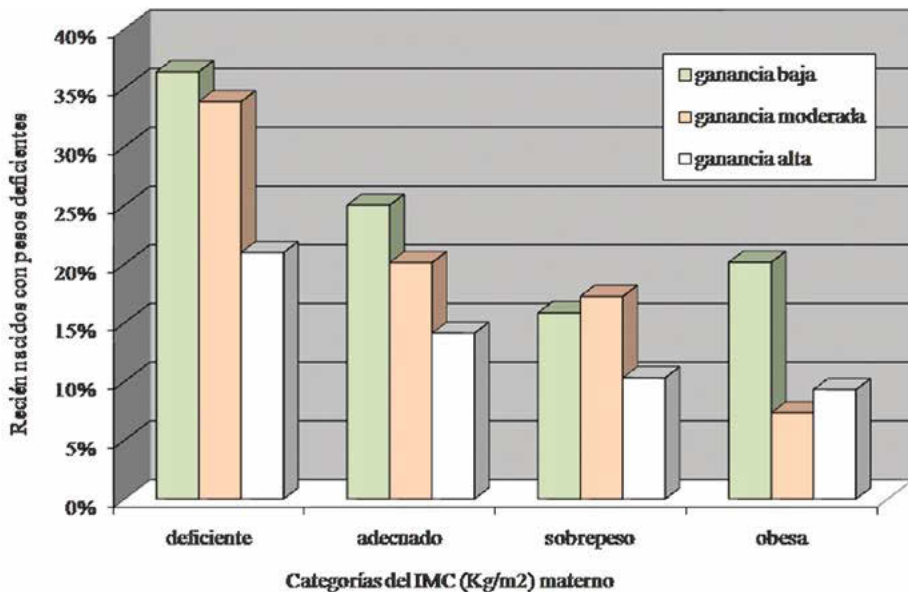


Figura 4
Porcentaje de recién nacidos macrosómicos según IMC y ganancia de peso materna

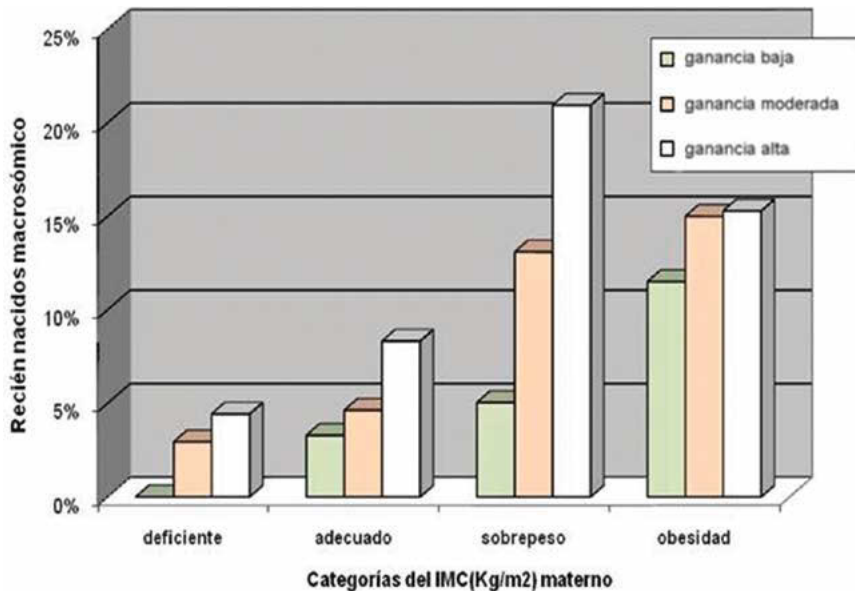


Figura 5
Porcentaje de recién nacidos con peso inadecuado según la ganancia de peso

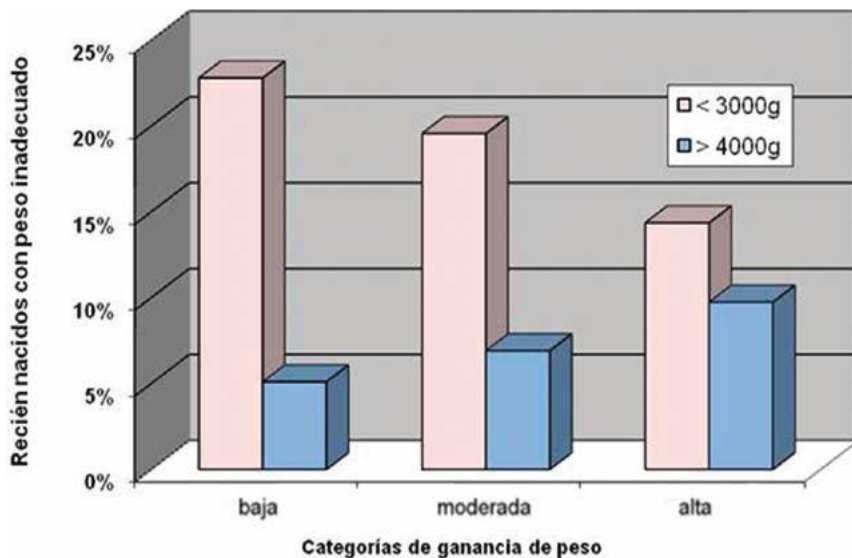
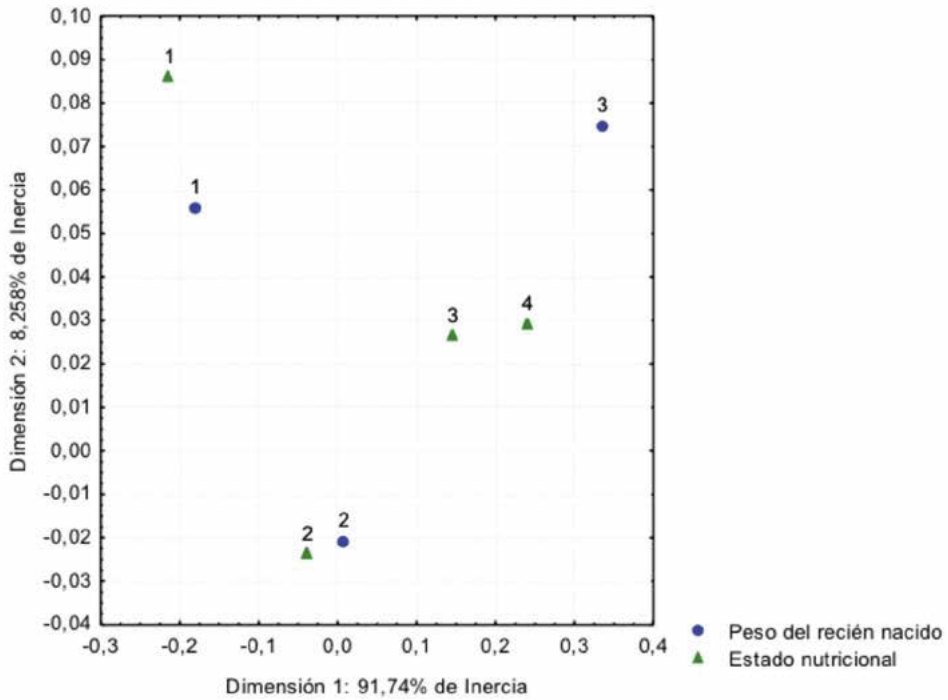


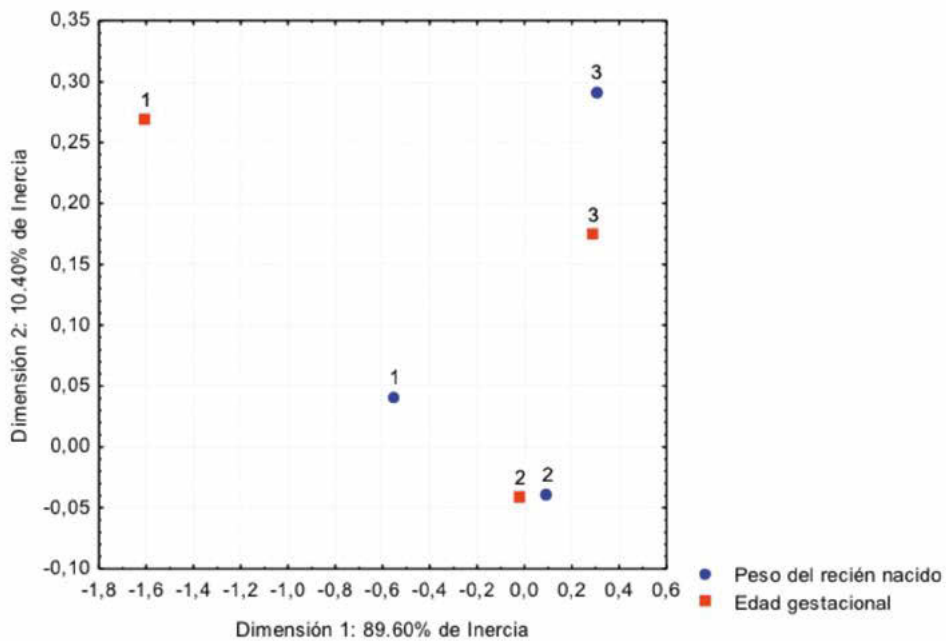
Figura 6
Análisis de Correspondencia entre el peso del recién nacido y el estado nutricional materno al inicio del embarazo



Peso del recién nacido: 1 (deficiente), 2 (normal) y 3 (macrosómico).

Estado nutricional materno: 1 (deficiente), 2 (adecuado), 3 (sobrepeso) y 4 (obeso).

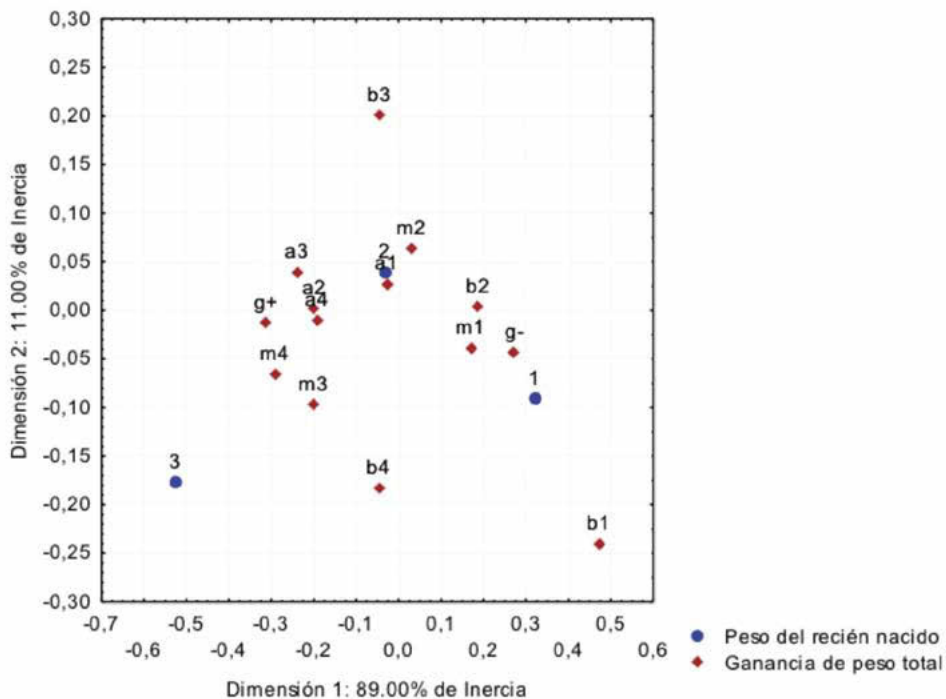
Figura 7
Análisis de Correspondencia entre el peso del recién nacido y la edad gestacional



Peso del recién nacido: 1 (deficiente), 2 (normal) y 3 (macrosómico).
Edad gestacional: 1 (<37 sem), 2 (37-40 sem) y 3 (40 sem).

Figura 8

Análisis de Correspondencias entre el peso de recién nacido y la ganancia de peso total según el estado nutricional



Peso del recién nacido: 1 (deficiente), 2 (normal) y 3 (macrosómico).

Ganancia de peso total baja según estado nutricional: deficiente (b1), adecuado (b2), sobrepeso (b3) y obeso (b4).

Ganancia de peso total moderada según estado nutricional: deficiente (m1), adecuado (m2), sobrepeso (m3) y obeso (m4).

Ganancia de peso total alta según estado nutricional: deficiente (a1), adecuado (a2), sobrepeso (a3) y obeso (a4).

Ganancia de peso muy alta para cualquier estado nutricional (g+).

Ganancia de peso muy baja para cualquier estado nutricional (g-).

**ESTUDIO CINEMÁTICO DE LA MARCHA EN UN GRUPO
DE NIÑAS DE 10 Y NIÑOS DE 11 AÑOS DE EDAD,
EN PROMEDIO**

**A KINEMATIC STUDY OF GAIT IN A GROUP
OF GIRLS OF 10 AND BOYS OF 11 YEARS OF AGE,
ON AVERAGE**

Espinosa, M.

Instituto de Investigaciones Antropológicas
Universidad Nacional Autónoma de México
Circuito Mario de la Cueva SN, Ciudad Universitaria del. Coyoacán
México, D.F. C.P. 04510
México

email: matilde@unam.mx, matilde.espinosa@gmail.com
tel. (52) 55 56224800, ext. # 45729

Resumen

Se tiene la hipótesis de que durante el periodo de crecimiento, en los individuos antes de los 13 años de edad, la marcha de mujeres y varones es similar. Se realizó un estudio transversal del ciclo de marcha con una muestra de 101 participantes: 57 mujeres y 44 varones, en una escuela primaria particular en la Ciudad de México de nivel socio económico considerado como medio. Para poder llevar a cabo el experimento se contó con el consentimiento informado de los padres o tutores de los menores. Se registró en vídeo la proyección sagital de la marcha de cada participante, caminando descalzos, en pantaloncillos cortos y a la velocidad preferida por cada quién. El ciclo de marcha fue dividido en 6 posiciones específicas que el cuerpo suele adoptar al caminar, tanto en el paso derecho como en el izquierdo, y que son identificables. Con la información obtenida de las imágenes del vídeo correspondientes a las posiciones del cuerpo y utilizando procedimientos que se derivan de la videogrametría, se hizo el cálculo de variables cinemáticas que caracterizan los ciclos de marcha de cada individuo como son el tiempo, la longitud, la velocidad y la frecuencia de pasos y de zancada. La aplicación de la prueba estadística de Shapiro-Wilk indica que los datos tienen una distribución normal, y la prueba ANOVA de un factor señala que sí hay diferencias significativas entre los ciclos de marcha de mujeres y varones en la muestra analizada.

Palabras clave: Cinemática de la marcha, niñas y niños, videogrametría.

Abstract

It is hypothesized that during the growth period, in individuals before the age of 13 years, the gait of women and men are similar. A cross-sectional study of gait cycle with a sample of 101 participants: 57 females and 44 males was performed, the children were students of a particular primary school in Mexico City with a socioeconomic level considered as medium. To carry out the experiment the informed consent of the parents or tutors of the children has been asked. The video of the sagittal projection of the gait of each participant was recorded, each walking barefoot, in shorts and with the preferred speed for each person. The gait cycle was divided into six specific positions that the body tends to take in walking, both sides right and left, and that are identifiable. With the information obtained from the video images corresponding to the positions of the body and using procedures that are derived from videogrammetry, kinematic variables that characterized the gait cycles of the individual were calculated, such as time, longitude, speed and frequency of steps and stride. The application of the statistical of Shapiro-Wilk test indicates that the data are normally distributed, and the ANOVA one factor test indicates that there are significant differences between the gait cycles of women and men in the analyzed sample.

Keywords: gait kinematics, boys and girls, videogrammetry.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se ubica dentro del ámbito del estudio de la locomoción humana, dentro del conocimiento del desarrollo motor y del desarrollo de la marcha durante el crecimiento. El desarrollo motor es el proceso por medio del cual un individuo adquiere los patrones de movimiento básicos como: saltar, lanzar, andar; y habilidades motrices como: la precisión y la economía del desempeño (Malina et al., 1991). Este desarrollo está caracterizado por una modificación continua basada en la interacción en la niña o en el niño, de: la formación neuromuscular, el crecimiento y las características de maduración, los efectos de las experiencias motrices previas, y las experiencias motrices nuevas (Malina et al., 1991). La marcha de individuos jóvenes no es posible caracterizarla como «normal» debido a la gran variabilidad (Onyshko *et al.*, 1980), pero conforme se gana edad, la variabilidad decrece y la simetría de los parámetros que caracterizan la marcha crece (Espinosa, 2010)(Espinosa, 2009)(Skinner, 1994). La marcha puede no madurar antes de la edad de 13 años (Lythgoa *et al.*, 2009), pero propiamente no hay diferencias en el andar entre las niñas y los niños hasta los 6 años de edad (Skinner, 1994).

La medición de parámetros cinemáticos de la marcha se caracteriza por dos propiedades fundamentales que son las distancias y los tiempos del recorrido de los miembros inferiores, y para esto es posible utilizar diversos instrumentos o siste-

mas de análisis del movimiento del cuerpo humano. La marcha es un movimiento repetitivo o cíclico de la vida cotidiana que ha sido y sigue siendo estudiado. Usualmente se selecciona en forma aleatoria un ciclo que inicie con el contacto del talón del pie derecho al piso. Se miden o se calculan los valores de los parámetros durante las fase de apoyo de un pie y de los dos pies en el piso o fase de soporte, y de los valores durante del avance del pie al frente sin tocar el piso o la fase de oscilación (Allard, 1995)(Inman, 1994)(Sutherland, 1994)(Vaughan et al, 1992).

Hipótesis

Se presume que durante el período de crecimiento de los individuos, después de los 6 años y antes de los 13 años de edad, el desarrollo de la marcha es similar entre mujeres y varones. Esto es, en promedio no debieran existir diferencias significativas en los valores de las variables cinemáticas que caracterizan los ciclos de marcha.

MATERIAL Y MÉTODO

Este es un estudio transversal realizado en una escuela de educación primaria en la Ciudad de México con una población estudiantil perteneciente a la capa socio económica considerada como media. La muestra está formada por 101 individuos (f:57, m:44) pre-adolescentes y adolescentes de acuerdo a los criterios expuestos por Tanner (1966) en el sentido de que el empujón máximo de crecimiento en estatura durante el periodo de la adolescencia, es para las mujeres entre los 12 y 13 años y para los varones entre los 14 y 15 años de edad; por Comas (1976) sobre los rangos de edad del inicio de la adolescencia: de 11 a 12 años las mujeres y de 12 a 13 los varones; y de Stang, *et al.* (2009) en relación a los rangos de edad en la maduración sexual como el inicio de la menarquia en las mujeres después de los 12 años en promedio, y el alargamiento testicular en los varones después de los 11 años en promedio, ver la Tabla 1 y la Figura 1. Los padres o tutores de las niñas y los niños fueron informados de las características y alcances del estudio y dieron su consentimiento para que éstos pudieran participar en el proyecto (Declaración de Helsinki, 2000).

Se solicitó a los niños que vistieran pantaloncillos cortos, con o sin camiseta, y que caminaran descalzos por un pasillo recto de 5m de longitud a una velocidad «normal», conocida como caminar libre, que significa que cada individuo pudo caminar a la velocidad preferida (Kerrigan *et al.*, 1998). Se ha estudiado que el caminar libre es menos variable que el caminar forzado a determinada velocidad (Sekiya *et al.*, 1997). La velocidad preferida se considera una variable no influyente (Røislien *et al.*, 2009). De cada participante se hizo el registro de la proyección

sagital de la marcha en vídeo. Adicionalmente se adquirió información complementaria como la fecha de nacimiento y se midió la estatura y la masa corporal,

Los procedimientos videogramétricos (Gruen, 1997) permiten hacer un análisis vídeo – computarizado. Se colocó una cámara convencional de vídeo (formato NTSC, 30 cuadros / segundo de grabación) marca Panasonic modelo AG-EZ30 DV con acercamiento y visión fijos, montada en un trípode a una distancia aproximada de 15m del objetivo. Con los programas de computadora Ulead® y Photoshop® para Windows XP®, se cortaron los vídeos, se separaron en cuadros, y para cada cuadro de la secuencia del registro se obtuvieron los valores de las coordenadas de los puntos que indican los apoyos de los talones y las puntas de los pies. Los cálculos se efectuaron considerando la grabación de una referencia de distancia conocida. Los valores de los tiempos se calcularon a partir del valor de 1/30 de segundo por cuadro de vídeo. De cada individuo se procuró elegir el ciclo de marcha que iniciara con el contacto del talón derecho en el piso.

Para este estudio el ciclo de la marcha fue dividido en 6 posiciones que el cuerpo adopta al andar, en un modelo de fases de soporte y oscilación como se muestran en la Figura 2 y Figura 3 (adaptado de Vaughan *et al.*, 1992):

- a) El talón derecho entra en contacto con el piso. En ese instante los dos pies están en contacto con el piso, hay doble soporte.
- b) Desprendimiento. En este instante el pie izquierdo se eleva y deja de hacer contacto con el piso, inicia de la fase de oscilación: el pie izquierdo inicia el vuelo hacia el frente.
- c) Soporte total medio. El pie derecho está plano en contacto con el piso, solo un pie está en contacto con el piso.
- d) El talón izquierdo entra en contacto con el piso. En ese instante los dos pies están en contacto con el piso, hay doble soporte.
- e) Desprendimiento. En este instante el pie derecho se eleva y deja el contacto con el piso, inicia de la oscilación: el pie derecho inicia el vuelo hacia el frente.
- f) Soporte total medio. El pie izquierdo está plano en contacto con el piso, solo un pie está en contacto con el piso.
- g) El talón derecho entra en contacto con el piso. En ese instante los dos pies están en contacto con el piso, hay doble soporte. Esta posición corresponde a la primera del ciclo.

En los cálculos estadísticos se utilizó el paquete ®SPSS para el sistema operativo ®Windows y las hojas de cálculo del ®Excel de Microsoft. En las pruebas estadísticas aplicadas se consideró un nivel de significancia = 0.05.

RESULTADOS

En la muestra analizada el rango de edad de las niñas es menor que el rango de los niños, de acuerdo a los criterios seguidos de maduración mencionados anteriormente, con lo que podría considerarse un nivel de desarrollo similar entre los dos grupos. Se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC, 2013) que muestra que el 50% de los participantes (27 mujeres y 23 varones), tenían sobrepeso o con riesgo de sobrepeso el día del registro de los datos. En el análisis visual de las secuencias de videos, se identificaron a un número importante de individuos (15 mujeres y 21 varones) que no desprenden en realidad el dedo gordo del pie del piso, sino que lo arrastran al frente por unos instantes antes de elevarlo. Se ha considerado para este estudio que el inicio de este arrastre es el inicio de la fase de oscilación. Por otro lado, hubo también varios individuos (8 mujeres y 7 varones) que no hicieron el contacto con el piso con el talón, sino con todo el pie de un solo golpe, en este caso se ha considerado la localización del talón como el punto de contacto.

Con el objeto de garantizar que los datos se distribuyen según la Ley Normal, a la muestra se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk obteniéndose un Sig. = 0.262 que es un valor por encima del nivel de significancia prefijado (0.05) por lo que la distribución de la muestra total es normal. Para el grupo de las mujeres se obtiene 0.205 y para el grupo de los varones 0.641, ambos > 0.05 que muestra normalidad en cada grupo.

La Tabla 2. presenta los valores promedio de los tiempos entre cada posición del cuerpo según el la ilustración de la Figura 2, el tiempo que se emplea en dar cada paso y el tiempo total empleado en ejecutar la zancada. Se observa simetría en los valores derechos e izquierdos, y se observa también que las mujeres ocupan menor tiempo en los recorridos. En la Tabla 3 se muestran los promedios de las distancias en los dobles soportes (de talón a punta de pie), las longitudes de los pasos, la longitud de la zancada, la velocidad del ciclo de marcha y la frecuencia. Los dobles soportes de las niñas son mayores por un par de centímetros a los de los niños. El paso derecho de las niñas es un poco más largo que los otros pasos, y la distancia recorrida de las mujeres en todo el ciclo o zancada es 2 centímetros mayor a la de los varones. En la velocidad de la zancada, las niñas resultan ser notoriamente más rápidas que los varones. En el caso de la cadencia, medida en ciclos de marcha ejecutados en un segundo (ciclos/s), las niñas tienen también mayor frecuencia.

En la Tabla 4 es posible apreciar de acuerdo a la división del ciclo de la marcha en dos fases, los porcentajes de los tiempos de las fases y los porcentajes de las distancias recorridas en éstas. Para ambos grupos los valores son análogos, y se encuentran dentro de los rangos de valores reportados ($\pm 62\%$ la fase de soporte y 38% la fase oscilatoria) (Vaughan et al, 1992). Las distancias recorridas durante las

fases, son también similares en ambos grupos. Los valores en esta tabla indican simetría en ambos grupos en la ejecución del ciclo de marcha.

Coefficiente de Variación. Con la intención de comparar la dispersión de dos conjuntos de datos: niñas y niños, se calculó el Coeficiente de Variación. Se tiene que el porcentaje de los niños en la edad es menor, un poco mayor en las niñas en la estatura y en la masa. En la longitud de la zancada de los varones es de mayor porcentaje, el tiempo de la zancada es casi igual para ambos grupos. Tanto el porcentaje de la velocidad como el de la cadencia, es un poco mayor para el grupo de las mujeres (ver Tabla 5).

Con el fin de comparar la ejecución de las mujeres con la de los varones se aplicó la prueba estadística ANOVA de un factor. En la corrida del programa SPSS se solicitó la prueba de homogeneidad de varianzas en los grupos, obteniéndose para todas las variables valores Sig.>0.05 que indican igualdad de varianzas cumpliéndose así el supuesto de homocedasticidad.

En los resultados del ANOVA los valores del cociente entre las dos estimaciones de la varianza poblacional: variación Inter. grupos / variación intra grupos (F), y los valores del nivel crítico (Sig.) que dicen de la probabilidad de igualdad de las medias si Sig. > 0.05, muestran que para los tiempos dt3 (F=12.624, Sig.=0.001), dt6 (F=9.396, Sig.=0.003) y dt de la zancada (F=8.534, Sig.=0.004) y los tiempos del paso derecho (F=8.667, Sig.=0.004) y del paso izquierdo (F=6.066, Sig.=0.016), hay diferencias significativas entre los ciclos de marcha de los dos grupos. Así mismo, en la velocidad de la marcha (F=6.194, Sig.=0.014) y la frecuencia de la marcha (F=9.260, Sig.=0.003). En todos los casos el valor crítico para F (1.45) es mucho menor al valor de F. Es así como el resultado de aplicar el ANOVA de un factor indica que la hipótesis de igualdad entre las variables cinemáticas que caracterizan los ciclos de marcha de mujeres y varones debe ser rechazada.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que en la muestra analizada, el desarrollo de la marcha en los individuos no es similar entre mujeres y varones. El análisis estadístico que lleva a rechazar la hipótesis de similitud en los ciclos de la marcha de mujeres y varones de 10 y 11 años de edad en promedio, indica que habría que hacer otros trabajos con diferentes criterios de inclusión a la muestra, no solo en relación a la edad, que deberá ser de individuos más jóvenes, sino que también, evitar que otras variables puedan ser un factor que influya en el desempeño de los participantes. Dentro de los dos grupos hubo individuos adolescentes quienes probablemente determinaron las diferencias. La inclusión de los individuos a la muestra por estar dentro del rango de edad sin considerar por ejemplo, el sobrepeso o casos de pie

plano de algunos participantes pudo, tal vez sesgar los resultados. Es simplemente esta duda la que motivaría a indagar si en los individuos más jóvenes a los analizados en esta muestra y mayores a 6 años, existe similitud en los ciclos de marcha.

La captura de los puntos en los cuadros o imágenes de video que representen el lugar preciso donde el talón del pie hace contacto con el piso, o la punta del pie o punta del dedo gordo del pie tiene el último contacto con el piso, no están lejos de ser fuente de error. La claridad o calidad de las imágenes no es tan buena, en algunas ocasiones, que permita sin dudas determinar el punto con precisión. Varias veces hubo necesidad de repetir una y otra vez la localización y estadísticamente decidir donde marcar el punto de contacto. También es importante decir que el tiempo de 1/30 de segundo para cada cuadro tal vez es mucho en estos niveles de cálculo.

Sin embargo la aproximación de los valores calculados puede considerarse aceptable ya que los valores de los parámetros cinemáticos medidos y calculados se encuentran dentro de los valores reportados para otras investigaciones.

El estudio de esta muestra podría confirmar que la variabilidad del caminar existe principalmente durante los primeros años del período de la adolescencia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los alumnos de la Escuela Primaria Teceltican por su entusiasmo y disposición, a las autoridades de la escuela Teceltican por las facilidades prestadas, y a los becarios Armando Durán Díaz, Alejandro López Haro, Luis Ramírez Ortiz por su valiosa colaboración en el registro de los datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allard, I., Stokes, J.P., and Blanche, J.P. (1995). *Three-dimensional analysis of human movement*. Human Kinetics.
- Comas, J. (1976). *Manual de antropología física*. Instituto de Investigaciones Antropológicas Publishers. Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Declaración de Helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos, Dr. Jorge Luis Manzini, Hospital Privado de Comunidad, Programa de Bioética de la Universidad Nacional, Mar del Plata, Argentina. *Acta Bioethica* 2000; año VI, n° 2, p.331
- Espinosa, M. (2010), Estudio de la marcha en individuos jóvenes durante el período de más rápido crecimiento, *Revista Española de Antropología Física*, Vol. 31, 2010. 39-50. Edita la Sociedad Española de Antropología Física. Barcelona, España. ISSN 1887-2042

- Espinosa Sánchez, M. (2009). The symmetry in gait kinematics of adolescents' case studies. *Scientific Proceedings of the 27th International Conference on Biomechanics in Sports*. Editors A J Harrison, R Anderson, I Kenny. University of Limerick. p. 673-930
- Gruen, A. (1997). Fundamentals of videogrammetry — A review. *Human Movement Science*, 16(2-3), 155–187.
- IMC (2013) Gráficos de los Índices de Masa Corporal en niños y adolescentes. <http://www.continents.com/diabetes35.htm>
- Inman, V.T., Ralston, H.J. And Todd, F. (1981). *Human Walking*. Baltimore: Williams ans Wilkins.
- Kerrigan, D.C., Todd, M.K., Della Croce, U., Lipsitz, L.A. & Collins, J.J. (1998). Biomechanical gait alternatives independent of Speedy in the healthy elderly: evidence for specific limiting impairments. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 79(3): 317-322
- Lythgoa, N., Wilsonb, C. & Galeaa, M. (2009). Basic gait and symmetry measures for primary school-aged children and young adults whilst walking barefoot and with shoes. *Gait & Posture*, Volume 30, Issue 4: 502-506
- Malina, R.M. and Bouchard, C. (1991). *Growth, Maturation and Physical Activity*. Human Kinetics
- Onyshko, S. & Winter, D.A. (1980). A mathematical model for the dynamics of human locomotion. *Journal of Biomechanics*, V:13:361-68.
- Røislien, J., Skareab, Ø., Gustavsen, M., Broch, N.L., Rennie, L. & Opheim, A. (2009). Simultaneous estimation of effects of gender, age and walking speed on kinematic gait data. *Gait & Posture*. Volume 30, Issue 4:441-445.
- SEkiya, N., Nagasaki, H., Ito, H. & Furuna, T. (1997). Optimal walking in terms of variability in step length. *J Orthop Sports Phys Ther*. 26:266–272
- Skinner, S. (1994). Development in gait. In *Human Walking*. Baltimore; Chapter 6:123-38. Williams & Willins.
- Stang, J. & Story, M. (2009). (Eds). Guidelines for Adolescent Nutrition Services http://www.epi.umn.edu/tet/pubs/adol_book.shtm, Chapter 1. Adolescent Growth and Development Regents of the University of Minnesota, marzo/2009.
- Sutherland, D., Kaufman, K. and Moitaza, J. (1994). *Kinematic of normal human walking*. En Hunam Walking, Baltimore: Williams ans Wilkins
- Tanner, J.M. (1966). *Educación y desarrollo físico*. Título original en inglés: «Education and Physical Growth». University of London Press, Ltd. Londres. Siglo XXI Editores, S.A. México.
- Vaughan, C.L., Davis, B.L. & O'Connor, J.C. (1992). *Dynamics of human gait*. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois.

Tabla 1
Características de la muestra de los individuos participantes

NIÑAS N= 57	EDAD [años]	ESTATURA [cm]	MASA [kg]	IMC
media	10.56	141.6	37.19	18.26
dev std	1.31	10.0	10.89	3.10
max	12.94	165.1	72.40	28.49
min	7.80	123.0	23.85	12.79
rango	5.14	42.1	48.55	15.71
NIÑOS N = 44	EDAD [años]	ESTATURA [cm]	MASA [kg]	IMC
media	11.31	145.6	40.50	18.81
dev std	1.24	10.7	111.64	3.45
max	13.96	171.0	82.50	28.21
min	8.85	124.4	24.00	14.10
rango	5.11	46.6	58.50	14.11

media = valor promedio

dev std = desviación estándar

max = valor máximo

min = valor mínimo

rango = valor máximo – valor mínimo

Tabla 2
**Características de los tiempos de los pasos derecho e izquierdo
 y de la zancada**

NIÑAS	Tiempos paso derecho				Tiempos paso izquierdo				Zancada
	dt1 [s]	dt2 [s]	dt3 [s]	dt [s]	dt4 [s]	dt5 [s]	dt6 [s]	dt [s]	dT [s]
media	0.10	0.16	0.22	0.48	0.10	0.16	0.22	0.48	0.95
dev std	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.05	0.09
max	0.17	0.23	0.30	0.57	0.20	0.20	0.27	0.63	1.20
min	0.07	0.10	0.17	0.37	0.03	0.10	0.17	0.37	0.77
rango	0.10	0.13	0.13	0.20	0.17	0.10	0.10	0.27	0.43
NIÑOS	Tiempos paso derecho				Tiempos paso izquierdo				Zancada
	dt1 [s]	dt2 [s]	dt3 [s]	dt [s]	dt4 [s]	dt5 [s]	dt6 [s]	dt [s]	dT [s]
media	0.11	0.16	0.24	0.50	0.11	0.16	0.23	0.50	1.00
dev std	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.02	0.03	0.05	0.09
max	0.17	0.27	0.33	0.63	0.17	0.20	0.30	0.67	1.30
min	0.07	0.10	0.17	0.43	0.07	0.13	0.17	0.40	0.83
rango	0.10	0.17	0.17	0.20	0.10	0.07	0.13	0.27	0.47

Tabla 3

Características de las distancias entre los puntos de soporte, longitud de la zancada y de los pasos derecho e izquierdo, la velocidad del ciclo de marcha y la frecuencia de paso

NIÑAS	Doble soporte			[m] (e) d pp d	zancada [m]	paso der [m]	paso izq [m]	velocidad [m/s]	frecuencia ciclos por s
	(a) c t d	(b) d pp i	(d) c t i						
media	0.41	0.42	0.42	0.43	1.26	0.64	0.62	1.34	1.06
dev std	0.07	0.07	0.07	0.07	0.14	0.08	0.08	0.20	0.10
max	0.58	0.60	0.63	0.59	1.69	0.85	0.85	1.92	1.30
min	0.24	0.28	0.29	0.28	1.03	0.51	0.45	0.87	0.83
rango	0.34	0.32	0.34	0.31	0.66	0.34	0.40	1.05	0.47
NIÑOS	Doble soporte			[m] (e) d pp d	zancada [m]	paso der [m]	paso izq [m]	velocidad [m/s]	frecuencia ciclos por s
	(a) c t d	(b) d pp i	(d) c t i						
media	0.39	0.39	0.41	0.41	1.24	0.62	0.63	1.24	1.00
dev std	0.06	0.06	0.07	0.08	0.15	0.08	0.07	0.18	0.09
max	0.52	0.52	0.58	0.55	1.58	0.79	0.80	1.60	1.20
min	0.29	0.26	0.26	0.25	0.94	0.41	0.49	0.86	0.77
rango	0.23	0.27	0.32	0.30	0.65	0.38	0.30	0.75	0.43

c t d = contacto del talón derecho

d pp i = desprendimiento de la punta del pie izquierdo

c t i = contacto del talón izquierdo

d pp d = desprendimiento de la punta del pie derecho

Tabla 4
Características de los tiempos, distancias y porcentajes de éstos en las fases de soporte y de oscilación del paso derecho, y de la zancada

NIÑAS	Tiempos				Distancias				Zancada	
	fase soporte		fase oscilación		fase soporte		fase oscilación		d	dt
	[s]	%	[s]	%	[m]	%	[m]	%	[m]	[s]
media	0.58	60.51	0.37	39.49	0.63	50.36	0.62	49.37	1.26	0.95
dev std	0.07	2.88	0.03	2.88	0.08	2.63	0.08	2.63	0.14	0.09
max	0.77	67.65	0.43	44.44	0.85	65.34	0.85	52.63	1.69	1.20
min	0.43	55.56	0.30	32.35	0.49	45.83	0.45	34.66	0.99	0.77
rango	0.33	12.09	0.13	12.09	0.36	19.51	0.40	17.97	0.70	0.43
NIÑOS	Tiempos				Distancias y % Distancias				Zancada	
	fase soporte		fase oscilación		fase soporte		fase oscilación			
	[s]	%	[s]	%	[m]	%	[m]	%	[m]	[s]
media	0.61	60.79	0.39	39.21	0.62	49.59	0.62	50.41	1.24	1.00
dev std	0.07	2.27	0.04	2.27	0.08	2.11	0.07	2.11	0.15	0.09
max	0.83	65.52	0.47	44.83	0.79	54.97	0.80	56.69	1.58	1.30
min	0.47	55.17	0.33	34.48	0.41	43.41	0.49	45.03	0.94	0.83
rango	0.37	10.34	0.13	10.34	0.38	11.66	0.30	11.66	0.65	0.47

Tabla 5
Coefficientes de variabilidad (CV*100)

%	edad [años]	estatura [m]	masa [kg]	zancada [m]	dt [s]	velocidad [m/s]	ciclos /[s]
NIÑAS	12.47	29.18	7.68	11.48	9.42	14.77	9.25
NIÑOS	10.92	28.74	7.34	12.26	9.40	14.26	8.87

Figura 1
Características de estatura y masa corporal de la muestra

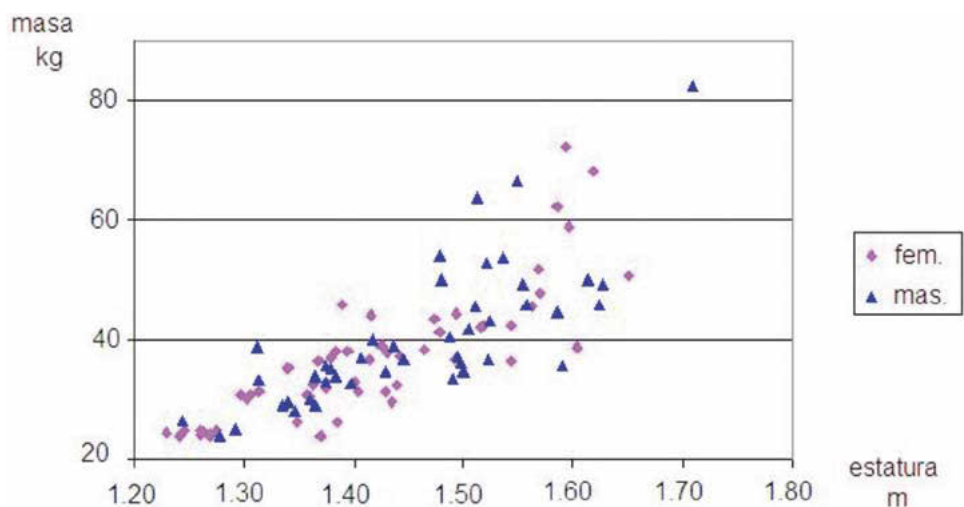


Figura 2
Modelo de fases del ciclo de marcha

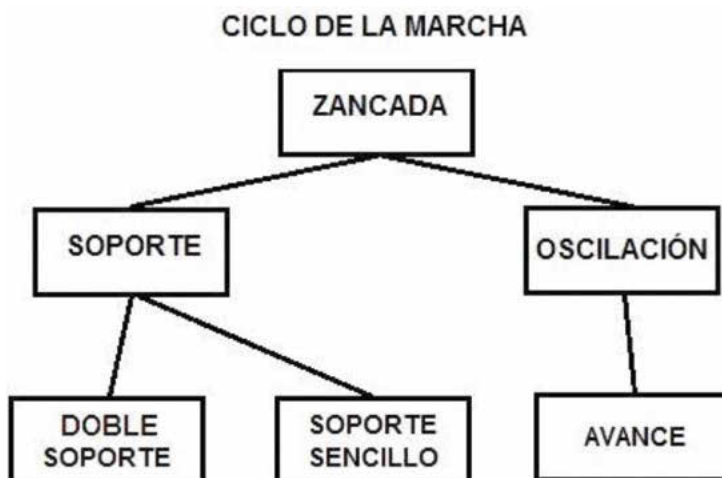
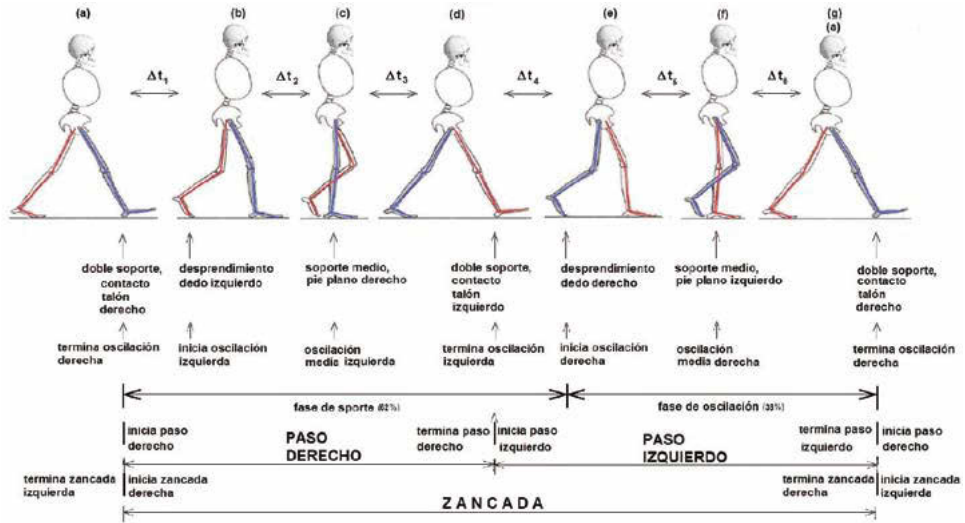


Figura 3
Ciclo de marcha, características de la zancada, los pasos, los tiempos y las fases.



DETECCIÓN DE LA ANDROPAUSIA EN POBLACIÓN MADRILEÑA MEDIANTE CUESTIONARIO «ADAM»

Higuero, A.; Benito, S.

Comisión Docente de Antropología Física, Departamento de Biología, C/Darwin 2,
Universidad Autónoma de Madrid, Madrid 28049

Antonio Higuero Pliego

higuero.antonio@gmail.com

Silvia Benito Santamaría

silvia.bensan@gmail.com

Resumen

La andropausia es el proceso de envejecimiento reproductor masculino con efectos sexuales (erecciones menos fuertes y disminución del libido), físicos (menor fuerza y resistencia, aumento grasa corporal, osteopenia, calvicie...) y psicológicos (cambios de humor, pérdida de concentración y memoria, desencanto por la vida...). El objetivo de este estudio es valorar la eficacia del cuestionario «ADAM» («Androgen Deficiency in the Aging Male», Morley et al., 2000) en el diagnóstico de este síndrome.

Se pasó dicho cuestionario a 113 varones residentes en Madrid y mayores de cuarenta años, etapa a la que se considera que aparecen los síntomas. Responder afirmativamente a las preguntas 1 (¿ha notado disminución del deseo sexual?), 7 (¿son sus erecciones menos fuertes?) o a 3 cualesquiera del cuestionario, indica una alta probabilidad de padecer este síndrome. Se obtuvo una nueva variable clasificando la edad en cuatro grupos (1: 40-49, 2: 50-59, 3: 60-69 y 4: mayores de 70 años). Se creó una base de datos que se analizó estadísticamente con el programa SPSS 19.0

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Un 74,3% de los encuestados obtuvieron valores correspondientes a andropausia, aumentando con la edad (53.8% en 40-49, 70.4% en 50-59, 76.9% en 60-69 y 100% en mayores de 70; p:0.003). Igualmente aumenta la proporción de hombres que sufren disminución de libido (11.5%, 37%, 46.2%

y 61.9% respectivamente; $p=.003$) y tienen erecciones menos fuertes (38.5%, 40.7%, 74.4% y 85.7% respectivamente; $p=.000$).

- La probabilidad de tener andropausia además se correlaciona significativamente con la dificultad para completar el acto sexual ($p=.000$), el aumento del cansancio ($p=.000$), disminución de la fuerza y/o resistencia ($p=.000$) y menor disfrute de la vida ($p=.018$).

En conclusión, la presencia de andropausia, obtenida a partir de ADAM, aumenta con la edad y los encuestados, sobretodo los de mayor edad, lo consideraban como algo normal.

Sin embargo, pensamos que el cuestionario ADAM podría enmascarar el efecto de otras variables psico-sociales (desencanto por la vida, tristeza o malhumor, pérdida de peso,...) o clínicas (diabetes, hipercolesterolemia, cáncer de próstata o de vejiga...) sobre los indicadores utilizados para definir andropausia y que para sacar conclusiones más claras convendría añadir otras preguntas que tengan en cuenta estos factores, sobre todo en los individuos más jóvenes.

Palabras clave: andropausia, envejecimiento masculino, cuestionario ADAM.

Abstract

Andropause is an aging process in the male reproductive system with sexual effects (weaker erections and decreased libido), physics effects (less strength and endurance, higher fat mass, baldness, ...) and psychological effects (mood swings, loss of concentration and memory, disenchantment with life,...). The aim of this work has been appraise the efficiency of «ADAM» questionnaire (Androgen Deficiency in the Aging Male, Morley et al., 2000) to diagnose this syndrome.

The questionnaire was taken by 113 males living in Madrid and over 40 years old, age suppose to appear the symptoms. Answer «yes» to question 1 (have you noticed a decrease in your sexual desire?), 7 (Are your erections weaker than before?) or 3 any, implies a high risk of developing this syndrome. A new variable was created by classifying the age in four groups (1: 40-49, 2: 50-59, 3: 60-69 and 4: over 70 years old). A database was used in order to analyse statistically the results using the program SPSS 19.0. The results obtained are the following:

- About 74,3% of the respondent males obtained levels corresponding to have andropause, this increased with age (53.8% between 40-49, 70.4% between 50-59, 76.9% between 60-69 and 100% en older 70 years old; $p=0.003$). Alike, the proportion of males with decreased libido increase with the age (11.5%, 37%, 46.2% y 61.9% respectively; $p= .003$) and weaker erections (38.5%, 40.7%, 74.4% y 85.7% respectively; $p=.000$).

– The risk of develop andropause correlates significantly with difficulty in complete sexual relationships ($p < .000$), increased fatigue ($p < .000$), less strength and endurance ($p = .000$) and disenchantment with life ($p = .018$).

In conclusion, presence of andropause obtained by ADAM questionnaire, increased with the age and is considered like something normal, specially between the oldest respondent.

However, we think that ADAM questionnaire could mask the effect of other variables, like the psycho-social ones or clinics (diabetes, high cholesterol, prostate or bladder cancer, ...), over the indicators used to define andropause. So, to have clearer conclusions this questionnaire should have other questions which take this into account, specially into the youngest males.

Keywords: andropause, aging male, ADAM questionnaire.

INTRODUCCIÓN

Una vida larga es sinónimo de buena salud. En 2011 la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó unos datos sobre envejecimiento anunciando que la población mundial mayor de 60 años era de 650 millones de personas, de los cuales 400 vivían en países en vías de desarrollo, y prediciendo que este número se triplicaría para 2050, año en el que se calcula que habrá 2000 millones de ancianos de los cuales 1700 millones vivirán en estos países no desarrollados.

Atendiendo a las previsiones demográficas mundiales del Departamento de Asuntos Económicos y sociales de la Organización de Naciones Unidas (ONU), se calcula que para el año 2050 seamos 12000 millones de personas en el mundo, casi el doble de los 7000 millones de ahora. Esto implicaría un incremento en la población anciana, que pasaría de suponer el 9,28% actual al 16,6%, es decir, dicho segmento poblacional casi duplicaría su peso en la población mundial.

Este envejecimiento de la población es causado por la disminución en las tasas de natalidad, sobretudo en países desarrollados, y por el éxito de las políticas sanitarias tales como las vacunaciones, la prevención o el diagnóstico precoz. Ahora bien, tendremos que comprender y estudiar los procesos, tanto estocásticos como deterministas, y cambios que acontecen en esta etapa del ciclo vital.

Esta etapa ha sido bastante estudiada en mujeres (y aún se sigue estudiando) por el proceso menopáusico, que indica el fin de la etapa reproductiva de una mujer y que puede tomarse como uno de los signos del envejecimiento femenino. Pero, ¿y en hombres?

En varones encontramos otro proceso conocido como andropausia. Ambos tienen en común la disminución de hormonas sexuales (testosterona en el caso

masculino y estrógenos en el femenino) pero las semejanzas no van más allá (aunque ambos procesos pueden presentar variabilidad debido a factores socioeconómicos, culturales o puramente biológicos). En mujeres se produce un cambio más abrupto (generalmente de 1 a 3 años) y que comporta un déficit hormonal total, mientras que en hombres dicha evolución se prolonga durante décadas, comenzando en la década de los 40, y la caída hormonal no es total, lo cual provoca un descenso hormonal en forma de «rampa».

Este síndrome, la andropausia se caracteriza por unas manifestaciones clínicas fácilmente reconocibles y que podemos englobar en 3 grupos:

- Sexuales: disminución del deseo sexual (conocido como libido), erecciones menos fuertes y duraderas y dificultad para completar el acto sexual
- Físicas: mayor cansancio, disminución de fuerza y resistencia provocadas por pérdida de masa corporal magra, aumento de la masa corporal grasa, disminución del vello y alteraciones de la piel, osteopenia que puede provocar osteoporosis por pérdida de mineralización ósea, sopor,...
- Mentales, incluyendo psicológicos: como cambios de humor, desencanto por la vida, pérdida de concentración y memoria, irritabilidad...

Hay que tener en cuenta que el comportamiento humano es muy complejo y una alteración en cualquiera de las 3 áreas antes mencionadas puede provocar cambios en otras áreas. Por ejemplo, un individuo diabético, con problemas de próstata y circulatorios que, sin tener disminución del deseo sexual, no pueda mantener una erección y esto le implique no completar el acto sexual. Otro ejemplo, un individuo que acaba de cumplir 40 años (y del cual nadie pensaría que puede tener este síndrome) que por la situación económica y laboral de España tenga un trastorno del estado de ánimo como puede ser la depresión y afecte a su vida sexual.

No debemos confundir síndromes, ya que no es igual una diabetes, que una depresión o que la andropausia. Al igual que no debemos igualar la andropausia con el hipogonadismo.

El hipogonadismo es un funcionamiento anormal del hipotálamo o de los órganos sexuales, presentándose en hombres y en mujeres. Se clasifica según el lugar del «fallo»: si el hipotálamo no libera suficiente GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), LH (hormona luteinizante) y FSH (hormona folículoestimulante) se considera hipogonadotrópico, si los testículos no secretan testosterona a pesar de que el hipotálamo esté funcional, se considera hipergonadotrópico. Habría otra condición que sería un retraso del crecimiento pero no se considera una patología. De hecho, a falta de conocer más sobre la andropausia, algunos autores proponen denominarla hipogonadismo tardío (Devoto y Aravena; 2004).

Así mismo hay 2 métodos para detectarla: el bioquímico y el que podríamos llamar «corporal». Respecto al primer método, que mide la testosterona, no existe consenso científico ni sobre el rango a partir del que se consideraría tener o no tener andropausia ni sobre el método para calcular dicho rango. Unos laboratorios trabajan con el nivel de testosterona total, otros con el de testosterona libre o con el de testosterona biodisponible. Algunos colocan el límite inferior para diagnosticar este síndrome en «la Media-2DE» (desviaciones estándar), lo cual no podemos aplicar a todas las poblaciones ya que dan valores diferentes por motivos de variabilidad biológica y/o socioeconómicos. Lo único en lo que parecen estar de acuerdo los investigadores que aplican este método es en que la testosterona disminuye unos 4ng/dl cada año, aunque hay quién dice que puedes ser hasta 11 ng/dl al año (Campusano et al; 2006).

El otro método que podemos llamar «corporal» se basa en realizar un cuestionario a varones sobre aspectos sexuales, físicos y psicológicos, encontrando el cuestionario AMS («Aging male symptoms») y el cuestionario ADAM (Androgen Deficiency in Aging Males).

El objetivo de este trabajo es caracterizar el síndrome andropáusico en la población masculina madrileña mayor de 40 años usando el cuestionario ADAM para estudiar su prevalencia en nuestra población.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Material

Se trabajó con el cuestionario ADAM («androgen deficiency in aging males», cuya traducción sería «deficiencia de andrógenos en ancianos») de la Universidad de Sant Louis, en Missouri (Morley et al; 2000), que plantea las siguientes preguntas:

1. ¿Ha notado una disminución en el deseo sexual (libido)?
2. ¿Se siente más cansado?
3. ¿Nota disminución en su fuerza física y /o resistencia?
4. ¿Ha perdido peso?
5. ¿Ha notado un menor «disfrute de la vida»? (menos ganas de hacer cosas, desencanto,...)
6. ¿Se nota a menudo triste o malhumorado?
7. ¿Son sus erecciones menos fuertes?
8. Durante el acto sexual, ¿ha notado dificultad en mantener la erección para completar el acto?
9. ¿Se queda dormido después de cenar? (leyendo, viendo la televisión,...)
10. ¿Ha notado deterioro en el desempeño de sus funciones laborales?

Según este cuestionario responder afirmativamente a las preguntas 1, 7 o a tres cualesquiera indica bajos niveles de testosterona y probablemente andropausia. Esta herramienta se ha revelado como útil aunque poco específica, ya que puede dar positivo a otros síndromes como depresión, diabetes o enfermedades vasculares.

2. Métodos

Se realizó el cuestionario a pie de calle y en centros de mayores a 113 individuos masculinos con edad superior a 40 años elegidos al azar en diferentes puntos de la provincia de Madrid (Centro de Madrid, Alcorcón, Alcobendas, San Sebastián de los Reyes y Leganés). La media de edad se sitúa en 59,3 años con una desviación típica de 11,03.

Los encuestados fueron divididos en cuatro grupos según la edad:

- De 40 a 49 años (Grupo 0) con 26 individuos (el 23% de la muestra).
- De 50 a 59 años (Grupo 1), formado por 27 individuos (23,9% del tamaño muestral)
- De 60 a 69 años (Grupo 2), compuesto por 39 individuos (34,5 % de la muestra).
- Mayores de 70 años (Grupo 4), 21 individuos (suponen el 18,6% restante).

De esta manera podemos analizar el aumento o disminución de frecuencias en cualquiera de las variables respecto a la edad.

Para el tratamiento estadístico de los datos se realizaron con el programa SPSS versión 17 los siguientes procedimientos:

- Análisis de frecuencia de las respuestas de cada variable para comprobar el porcentaje de cada una de ellas (si/ no)
- Matriz de correlación para observar si existe correlación entre cualesquiera variables.
- Estadísticos t-student y X² para comprobar la influencia de unas variables sobre otras.

RESULTADOS

Para analizar los resultados de la encuesta se han calculado las frecuencias de cada respuesta, obteniéndose los siguientes porcentajes para la respuesta «Sí»: disminución de libido 38.8% , aumento de cansancio 47.8%, disminución de fuerza y resistencia 50.4%, pérdida de peso 13.3%, menor disfrute de la vida 22.1%,

triste o malhumorado 22.1% , erecciones menos fuertes 34.5%, dificultad para completar el acto 60.2% , sopor 44.2% y posibilidad de andropausia 74.3%. Además las variables más significativas aumentan con la edad:

Variable/ Edad	40-49	50-59	60-69	+70
Andropausia	53.8%	70.4%	76.9%	100%
Disminución líbido	11.5%	37%	46.2%	61.9%
Erecciones menos fuertes	38.5%	40.7%	74.4%	85.7%

Así mismo la probabilidad de tener andropausia se correlaciona significativamente con la dificultad para completar el acto sexual ($p<0.000$), el aumento del cansancio ($p<0.000$), disminución de la fuerza y/o resistencia ($p<0.000$) y menos disfrute de la vida ($p<0.018$).

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Como hemos podido observar en los resultados, el 74'3% de los encuestados podrían padecer andropausia. Esto nos demuestra que no es un síndrome minoritario y que por lo tanto la mayoría de los hombres podrían llegar a padecer alguno de sus síntomas en algún momento de su vida.

La andropausia esta principalmente causa por un decaimiento del nivel de testosterona a medida que aumenta la edad. Algunos estudios (Zavala et al. 2008) sobre la caracterización de la andropausia en la ciudad de Siguatepeque han intentado explicar que malos hábitos como el tabaquismo o el alcoholismo pueden influir en una aceleración de los síntomas, pero estos resultados no fueron significativos. Otras variables que sí pueden influir en una temprana aparición pueden ser, por ejemplo, el estrés o la pérdida de deseo sexual hacia su pareja (que podría incrementarse con el cambio de pareja sexual).

Lo que claramente hemos podido observar, sobretodo a la hora de realizar el cuestionario es que los síntomas de la andropausia están mejor aceptados en edades avanzadas, siendo los grupos de edad más jóvenes (40-55 años aproximadamente) los que mostraron una mayor reticencia a reconocer ciertos síntomas. Es en estas edades en las que comienzan a aparecer los primeros síntomas del síndrome y por ello, los encuestados muestran más recelo a la hora de responder con sinceridad a las preguntas. Además a estas edades los hombres suelen encontrarse en el punto álgido de su carrera profesional y por lo tanto que puedan existir «debilidades» de tipo sexual todavía no esta socialmente reconocido principalmente por la población masculina.

Otra observación que realizamos es que en los grupos de edad más altos, los hombres reconocían los síntomas con total normalidad y sin ningún tipo de complejo, incluso en algunos «corros» que se formaron mientras realizábamos las encuestas, comentaban sus «achaques» personales.

Una crítica al cuestionario ADAM, que usamos para el estudio, ha mostrado un cierto nivel de imprecisión a la hora de representar el síndrome, ya que cualquier persona que tenga depresión, diabetes u otras enfermedades, puede ser caracterizado por el estudio como posible «andropáusico». Por ejemplo a la pregunta del cuestionario «¿Se siente más cansado?» o «¿Nota disminución en su fuerza física y/o resistencia?» cualquier persona que tenga un problema cardíaco, sea diabético o simplemente se encuentre deprimido, responderá casi con total seguridad afirmativamente a estas dos preguntas. Si responde a una tercera pregunta de forma afirmativa, se considerará que el individuo tiene el síndrome, y por lo tanto ese dato podría ser erróneo. Para solucionar este problema se tendrían que realizar preguntas más específicas, ya no solo de índole sexual, si no también de situación laboral o epidemiológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aszpis, S. et al. 2005. Encuesta sobre salud sexual masculina en población joven y de mediana edad. *RAEM* 42: 53-55.
- Castelo, B. 2010. Masculinidades, derechos, salud sexual y reproductiva en cooperación internacional para el desarrollo: una análisis de las de barreras y dificultades para la intervención. U.A.M. Máster en estudios interdisciplinarios de género.
- Campusano, M. et al. 2006. Comparación de distintos métodos para evaluar la función androgénica en el adulto mayor. *Rev Méd Chile* 134: 1123-1128.
- Corrales, J. y Burgo, R. 2004. Mitos y verdades de la andropausia. *Endocrinol Nutr* 51(3):90-94.
- Devoto, E. y Aravena, L. 2004. Hipogonadismo asociado a la senilidad en el varón (climaterio masculino – andropausia – ADAM) *Rev Chil Obset Ginecol*: 69(5): 392-398
- Montes, J. 2010. Andropausia o HIT -Diagnóstico y tratamiento del déficit de testosterona – Tendencias en medicina. 110-119.
- Morley, J. et al. 2000. Validation of a screening questionnaire for androgen deficiency in aging males. *Metabolism* 49: 1239 – 1242.
- Zavala, G. et al. 2008. Caracterización del Síndrome Andropausico en población masculina de 40 a 70 años en la ciudad de Siguatepeque, Departamento de Comayagua. *Rev. Fac. Cienc. Méd. UNAH* pg: 9-16.

«ENFOQUES BIOCULTURALES EN ANTROPOLOGÍA FÍSICA: ANTECEDENTES, DESARROLLOS Y POSIBILIDADES»

Tomás Cardoso, Rafael

Doctorando del Programa de Antropología Física. Dpto. Biología. Facultad de Ciencias.
Universidad Autónoma de Madrid
E-mail: rafa.antropo@gmail.com

Resumen

La inclusión de las dimensiones socioculturales en el ámbito de estudio de la Antropología Física presenta una situación variable a lo largo de su historia como disciplina, con distintos grados de presencia y relevancia de las dimensiones biológicas como núcleo de este campo de conocimiento. Partiendo de un modelo inicial de carácter generalista, en la Antropología clásica decimonónica, dirigido al estudio de la Historia Natural del Hombre, donde los aspectos socioculturales fueron incorporados al estudio positivista y naturalista de la especie humana y su variación, dentro de un ámbito específico de la disciplina, la Etnología (como descripción física, sociocultural y psicológica de los pueblos y razas humanas), diferenciado de la Antropología Física centrada en el estudio de los aspectos físicos (fundamentalmente, las características antropométricas y craneométricas) de la especie y su variabilidad. Posteriormente, la denominada como «Nueva Antropología Física», a partir de los años sesenta del pasado siglo, incorpora como parte del objeto de estudio de la Antropología Física el hombre como realidad biocultural. Si bien en la práctica, los aspectos socioculturales no pasaban de ser incorporados en la investigación como variables accesorias y complementarias dentro de los modelos explicativos de los procesos de adaptación y evolución de las poblaciones humanas. Sin embargo, en torno al cambio de siglo, han ido surgiendo innovadores desarrollos bioculturales por parte de antropólogos físicos, que han iniciado líneas de investigación auténticamente integradoras, capaces de incorporar metodologías múltiples y enfoques multidimensionales que consideran aspectos los biológicos, sociales y culturales, como el núcleo del estudio de los procesos adaptativos y evolutivos de poblaciones contemporáneas y del pasado.

Palabras clave: Enfoques bioculturales, Estudios Biosociales, Biología vs Cultura, Dimensiones Socioculturales, Antropología Biocultural.

Abstract

The inclusion of the socio-cultural dimensions in the Physical Anthropology show a variable situation along its history like discipline, with different level of presence and relevance regarding the study of the biological dimensions like the core of this field of knowledge. Leaving from initial generalist model of the nineteenth century classic Anthropology, this was defined like the study of the Man's Natural History, where the socio-cultural aspects was part of to the study positivist and naturalistic of the human species and their variation, inside a specific branch of the discipline, the Ethnology (like the physical, socio-cultural and psychological description of the peoples and human races), differentiated of the Physical Anthropology focused in the study of the physical aspects (fundamentally, the anthropometrical and craniometrical characteristics) of the species and their variability. In the sixties of last century, the trend designated as New Physical Anthropology include like a central part of the object of study of the Physical Anthropology, the man like a bio-cultural reality. Although in the practice, the socio-cultural aspects didn't pass of being incorporated in the anthropological research like a complementary variable inside the explanatory models of the processes of adaptation and evolution of the human populations. Around the new century change, we can see an arising innovative bio-cultural developments on part of physical anthropologists, that have begun a genuinely integrative research, including multiples methodologies and multidimensional focuses of biological, social and cultural aspects to the study of its object, applying this model to the study of the adaptive and evolutionary processes of contemporary and past populations.

Main words: Bio-cultural Approach, Biosocial Studies, Biology vs Culture, Socio-cultural Dimensions, Bio-cultural Anthropology.

MÉTODOS

Se realiza una revisión y metanálisis de la bibliografía y trabajos sobre la Historia y las Teorías Antropológicas, para realizar la interpretación sociohistórica y epistemológica de los enfoques más representativos en las principales etapas de desarrollo de la Antropología Física, así como los distintos planteamientos oscilantes entre la exclusión-integración de las dimensiones biológicas y socioculturales, en los distintos momentos históricos de la disciplina.

RESULTADOS

Etapa 1: Antecedentes (1859-1951)

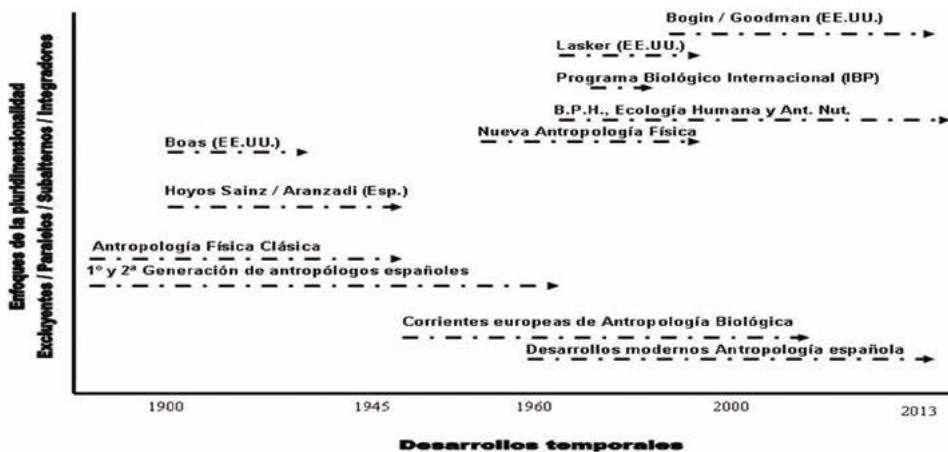
Durante la Antropología clásica de finales del siglo XIX y primera mitad del siglo XX, el interés por las dimensiones socioculturales se encuentra disociado en la división entre Etnología y Antropología Física. Desde la Etnología se aborda la

descripción de los pueblos, desde un enfoque naturalista y en el que frecuentemente se mezclan aspectos físicos, socioculturales y psicológicos, y se confunden conceptos como pueblo, lengua y raza, en su intento de delinear la diversidad étnica. En estos iniciales intentos paralelos de describir y explicar la diversidad física (Antropología Física) y cultural (Etnología), las dos disciplinas mostraban la misma mezcla (y confusión) entre los aspectos físicos y socioculturales de sus descripciones de pueblos y razas, donde frecuentemente, la diversidad sociocultural se interpreta como un epifenómeno de la variabilidad biológica (de las características raciales), y se entrecruzan biología y cultura como elementos relacionados en las descripciones etnográficas y explicaciones antropológicas.

Si bien, en la Antropología Física de este periodo se iniciaron trabajos en campos como los estudios sobre la talla, abordadas desde su enfoque clasificatorio, no se asociaba el crecimiento con variables sociales o ambientales, sino que consideraban la estatura como un rasgo descriptivo y clasificatorio de las distintas razas y subrazas humanas. A excepción de contados autores como el caso de Boas (1912), para quien los factores sociales constituirían un elemento fundamental en la conformación de la variabilidad humana observable (fenotípica), resaltando la plasticidad morfológica del cuerpo más allá de los condicionamientos constitucionales, y aportando un sólido argumento en contra del pensamiento tipológico de la época.

Figura 1

Desarrollos históricos de los enfoques integradores, paralelos y excluyentes de las dimensiones biológicas y socioculturales en la Antropología internacional y española



Etapa 2: Desarrollos Biosociales y Bioculturales en Antropología Física (1951-1998)

A mediados del siglo XX, como consolidación de los planteamientos integradores difundidos por la «Escuela Boasiana norteamericana» a lo largo de las décadas previas, surge la denominada como «Nueva Antropología Física» (Washburn, 1951), que plantea una revolución en el plano epistemológico y metodológico de la Antropología Física, con la renovación del objeto propio del estudio biológico de la especie humana planteado como realidad «biocultural», y la sustitución del pensamiento tipológico y clasificatorio de la Antropología Clásica por nuevos enfoques basados en el pensamiento estadístico-poblacional y la crítica científica del concepto de «raza» (Tomás, 2010). Por su parte, en la Antropología Biológica europea, aunque también se produce una sustitución de los enfoques descriptivos y clasificatorios (tipológicos) por las nuevas perspectivas estadístico-poblacionales y explicativas de corte evolucionista, no se completa la renovación epistemológica alcanzada en el modelo anglosajón, manteniendo su objeto de estudio dentro de un ámbito restringido a las dimensiones estrictamente biológicas (la variación temporal y espacial de la especie humana).

En el caso de la Antropología española, la disciplina siguió unos caminos similares a los de su contexto en la Antropología europea continental, con la particularidad del desfase temporal respecto de los desarrollos surgidos en su entorno, en los años siguientes a la II Guerra Mundial. Partiendo del modelo inicial decimonónico, donde la Etnología era un campo de estudio complementario para las primeras generaciones de antropólogos españoles (Aranzadi, Hoyos...) hasta mediados del siglo XX; a partir de la década de los años 1970s, se completa y consolida un modelo marcado por la escisión entre Antropología Biológica y Antropología Sociocultural, convergente con el panorama dominante dentro del modelo europeo continental, caracterizado por un marcado divorcio entre las distintas disciplinas antropológicas. Sin embargo, paralelamente a la escisión formal de disciplinas, coincidiendo con los años del tardofranquismo y la transición, surgen también algunos intentos integradores dentro de la Antropología española como el caso de la «Escuela de Antropología» con sede el Museo Nacional de Etnología, así como publicaciones tales como la revista «Ethnica» y la «Revista de Antropología Americana», y encuentros académicos como la I y II Reunión de antropólogos españoles y el I Congreso Español de Antropología, donde se repiten los intentos de hacer converger (o al menos coincidir) los trabajos e investigaciones que por estos años realizaban por separado antropólogos físicos y culturales, arqueólogos y prehistoriadores. Intentos de acercamiento que finalizarán con la década de los 70s, y con la consolidación de una escisión formal de las distintas «Antropologías» dentro del Estado español (Tomás, 2012).

En el ámbito anglosajón, durante la segunda mitad del siglo XX, un importante número de autores y corrientes de investigación irán incorporando, progresivamente, en mayor o menor medida las variables socioculturales dentro de sus investigaciones y su objeto de estudio. Y si bien, en la mayoría de los casos, las dimensiones socioculturales se incorporaron, inicialmente, como variables alternativas o complementarias a las explicaciones biológicas, los planteamientos de la Antropología de los años posteriores a la II Guerra Mundial fueron derivando en la consolidación de nuevas líneas de investigación, donde cobraron cada vez mayor relevancia las variables sociales y culturales, surgiendo un interés creciente entre los antropólogos anglosajones (Lasker, Harrison, Chagnon...) por los procesos biosociales y bioculturales de adaptación en las poblaciones y comunidades locales (Harrison y Morphy, 1998; Lasker, 1999; Watts, Lasker y Johnson, 1975). Y como difusión de estas corrientes en los ámbitos internacionales de influencia, también surgirá una revalorización de las variables sociales en corrientes europeas como los estudios biodemográficos y sobre dinámicas poblacionales de la Antropología francesa (Olivier, Marquer, Jacquard) e italiana (Cavalli-Sforza, Chiarelli). Esta inclusión de las perspectivas integradoras en la investigación antropológica irá incrementándose a lo largo de las últimas décadas del siglo XX, hacía una creciente presencia de las dimensiones socioculturales en corrientes y líneas de investigación emergentes en la Antropología Física, a escala internacional, tales como:

- La Biología de Poblaciones Humanas (Harrison, Baker, Little, Haas).
- La Antropología Nutricional y los Estudios sobre Crecimiento (Goodman, Peltó, Tanner).
- La Bioarqueología (Buikstra, Cohen, Grauer, Armelagos, Ubelaker) .
- La Historia Antropométrica (Komlos, Steckel).

A raíz del desarrollo de las nuevas corrientes en el seno de la Antropología Física, las clásicas perspectivas raciales y clasificatorias que dominaron la Antropología hasta mediados del siglo XX, fueron siendo sustituidas por planteamientos y explicaciones que incluían las perspectivas evolucionista y biocultural como eje principal para el estudio de la variación humana. De manera que, los nuevos enfoques y aproximaciones integradoras del objeto de estudio antropológico, se plasmaron en el desarrollo y consolidación de nuevas líneas de trabajo tales como:

- La Biología de Poblaciones Humanas, como disciplina multidisciplinar para el estudio de las dinámicas y adaptaciones en poblaciones humanas (Little y Haas, 1989; Harrison y Boyce, 1972).

- Los estudios sobre Ecología Humana y Adaptabilidad biocultural en poblaciones y grupos locales (Cronk, Chagnon y Irons, 1999; Schutkowski, 2006; Mascie-Taylor y Bogin, 1995; Ulijaszek y Huss-Ashmore, 1997; Thomas, Winterhalder y McRae, 1979).
- La Antropología Nutricional y los modernos estudios sobre Crecimiento y Desarrollo, incorporando enfoques multicausales a la investigación sobre alimentación, nutrición y crecimiento (Messer, Pelto y Pelto, 1989; Dufour, Goodman y Pelto, 2012).
- La Antropología Médica (Biocultural), integrando aspectos ecológico-evolutivos, biomédicos y culturales en el estudio de los procesos de salud-enfermedad-cuidados (Wiley y Allen, 2009).
- La Bioarqueología, como nuevo campo interdisciplinar que incorpora marcos teóricos y de interpretación de los restos humanos encuadrados en sus contextos socioculturales (Larsen, 1999).

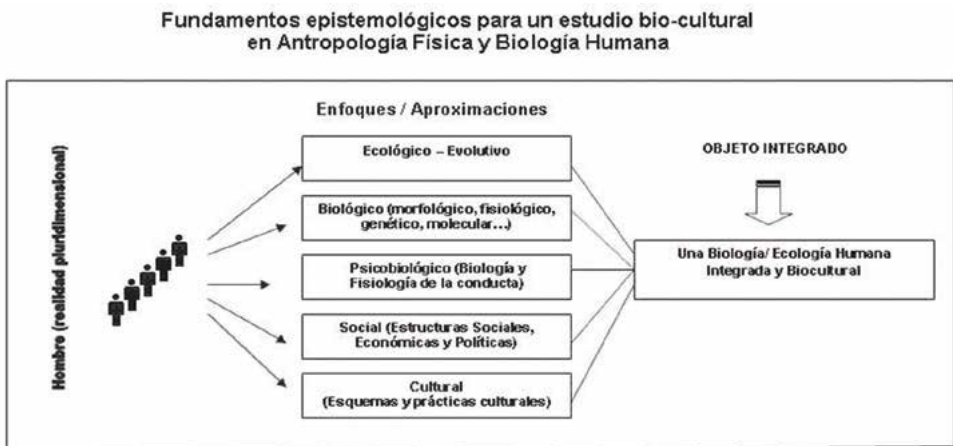
Un importante motor para el desarrollo y expansión de las nuevas corrientes en la investigación en Antropología Física, fue la renovación en la investigación antropológica promovida a través del «Programa Biológico Internacional» (1964-1974), y más específicamente, de su Sección de «Adaptabilidad Humana» coordinada por Baker y Weiner (Collins y Weiner, 1977; Worthington, 1975), a través de su proyecto internacional para la recopilación de la máxima información posible sobre la diversidad biológica y adaptabilidad de las poblaciones humanas, articulando con tal finalidad una red a escala mundial de colaboración entre centros de investigación de numerosos países, definiendo y estandarizando técnicas de investigación entre los distintos grupos y unidades de investigadores, y promoviendo el trabajo interdisciplinar (de biólogos humanos, fisiólogos, médicos, antropólogos físicos y científicos sociales) en los proyectos concretos de estudio sobre la diversidad y adaptabilidad humana. Todo lo cual, supuso la promoción y difusión a escala internacional de nuevos modelos y formas de investigar e interpretar la variación y evolución humana (Weiner y Louri 1969 y 1981; Baker y Weiner, 1966; Harrison y Boyce, 1972; Harrison, Weiner, Tanner y Barnicot, 1964; Harrison, Tanner, Pilbeam y Baker, 1988). Alentados por estas corrientes de investigación internacional, irá lográndose y consolidándose una mayor presencia, a lo largo de las últimas décadas del siglo XX, en las Antropologías locales (incluida la investigación antropológica en el Estado español) de los enfoques y técnicas modernas, desde las que abordar temáticas multidimensionales relacionadas con las dinámicas biológicas de las poblaciones humanas tales como Crecimiento y Desarrollo, la Biodemografía, la Biología de Poblaciones Humanas o la Antropología Nutricional (Mesa, Marrodán y Fuster, 2002; Marrodán, González y Prado, 1995).

Etapa 3: Avances y posibilidades de los enfoques Bioculturales en Antropología Física (1998-2013)

Durante el periodo del cambio de siglo, los avances hacia perspectivas bioculturales en la investigación antropológica han venido a cristalizar en enfoques auténticamente integradores (que incorporan el carácter biocultural tanto en sus técnicas, como en su objeto y método de investigación), entre los que cabe destacar los trabajos de Bogin (Bogin, 2001 y 2001b; Bogin y Loucky, 1997), Goodman (Goodman y Leatherman, 1998) o Boyden (Boyden, 1990). Partiendo de líneas de trabajo progresivamente inclusivas de las dimensiones socioculturales en la investigación bioantropológica, autores como Goodman, Bogin o Ellison han logrado definir métodos y procedimientos operativos para abordar los procesos bioculturales de adaptación en poblaciones humanas considerando la complejidad de las interacciones multidimensionales bio-socio-culturales (Goodman y Leatherman, 1998, Bogin, 2001 y 2001b; Bogin y Loucky, 1997; Stinton, Bogin, Huss-Ashmore y O'Rourke, 2000; Ellison, 2006; Khongsdier, 2007). En una línea similar, los enfoques integradores de la Ecología Humana practicada por equipos de antropólogos físicos mejicanos formados en la tradición boasiana de la Escuela Nacional de Antropología e Historia (Daltabuit, 1988; Dickinson, 2005; Artas, 2012), o por antropólogos europeos de orientación ecológica (Bernis, 2003; Varea, 2012) están conformando nuevos modelos integradores de abordaje de la biología y adaptabilidad humana.

Figura 2

Esquema de propuesta para una aproximación integrada a la realidad pluridimensional del objeto de la Antropología Física y la Biología Humana



DISCUSIÓN

Definiendo lo que entendemos como enfoque integrador: «Un modelo de investigación basado en una interpretación ecológica y evolucionista de los procesos bioculturales de adaptación de las poblaciones humanas (mediados por la organización social, la cultura y la tecnología), y sus efectos sobre la biología de las poblaciones y los individuos miembros de los grupos (en las distintas etapas de su ciclo vital), a través de las interacciones de las poblaciones y grupos con su entorno, expresadas en dinámicas de adaptabilidad, salud-enfermedad y calidad de vida».

Figura 3

Modelo de metodologías múltiples aplicado a los enfoques integradores



Las posibilidades que cabe apuntar como contribución de los enfoques integradores al desarrollo de la Antropología Física del siglo XXI, en tanto que interpretaciones eco-evolucionistas de los procesos bioculturales de adaptación y sus efectos sobre la biología de las poblaciones y los individuos, estarían relacionadas con la aportación de estrategias metodológicas innovadoras que permitan abordar con una mayor amplitud la complejidad y multidimensionalidad de fenómenos como la adaptabilidad, la salud-enfermedad o la calidad de vida de las poblaciones humanas, desde el empleo de modelos, técnicas e indicadores biosociales diversos y complementarios:

- Haciendo uso de modelos multicausales y pluridimensionales, para la integración de las múltiples dimensiones que definen la realidad humana, y mejorar la interpretación multicausal de los fenómenos estudiados en poblaciones contemporáneas o del pasado.

- Empleando metodologías múltiples y combinadas, mediante la triangulación de métodos y técnicas cuantitativas y cualitativas para el estudio de variables ecológicas, poblacionales, biológicas, sociales y culturales, como fuentes complementarias de datos e información relevante.

BIBLIOGRAFÍA

- Artas, J.M. (2012) *El Estrés en las sociedades humanas: Una perspectiva de Ecología Humana*. Madrid: Editorial Académica Española.
- Baker, P.T. y Weiner, J.S. (1966) *The Biology of Human Adaptability*. Oxford: Clarendon Press.
- Bernis, C. (2003). *Ecología Humana*. En Rebato E., Susanne C. y Chiarelli, B. (Eds.). *Para Comprender la Antropología Biológica: Evolución y Biología Humana*: 643-654. EVD, Pamplona.
- Boas, F. (1912) *Changes in Bodily Form of Descendants of Immigrants*. New York: Columbia University Press.
- Bogin, B. y Loucky, J. (1997) *Plasticity, Political Economy, and Physical Growth Status of Guatemala Maya Children Living in the United States*. *American Journal of Physical Anthropology*, 102: 17-32.
- Bogin, B. (2001) *El hombre de maíz y la plasticidad humana*. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 3 (1): 137-141.
- Bogin, B. (2001) *The Growth of Humanity*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Boyden, S. (1990) *Western Civilization in Biological Perspective: Patterns in Biohistory*. New York: Oxford University Press,.
- Collins, K.J. y Weiner, J.S. (1977) *Human Adaptability: A history and compendium of research in the International Biological Programme*. London: Taylor & Francis Ltd..
- Cronk, L., Chagnon, N. y Irons, W. (1999) *Adaptation and Human Behavior: An Anthropological Perspective*. New York: Aldine de Gruyter,.
- Daltabuit, M. (1988) *Ecología Humana en una Comunidad de Morelos*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Instituto de Investigaciones Antropológicas..
- Dickinson, F.H. (2005) *La Antropología Física como una vía de acceso a la Ecología Humana: Experiencias en CINVESTAV-Unidad Mérida*. *Estudios de Antropología Biológica XII*: 381-397.
- Dufour, D.L., Goodman, A.H. y Pelto, G.H. (2012) *Nutritional Anthropology: Biocultural Perspectives on Food and Nutrition*. Oxford: Oxford University Press.

- Ellison, P.T. (2006) *En Tierra Fértil: Historia Natural de la Reproducción Humana*. Madrid: F.C.E.
- Goodman, A.H. y Leatherman, F.L. (1998) *Building a New Biocultural Synthesis: Political-economic perspectives on Human Biology*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Harrison, G.A, Weiner, J.S., Tanner, J.M. y Barnicot, N.A. (1964) *Human Biology: An introduction to Human Evolution, Variation and Growth*. Oxford: Clarendon Press.
- Harrison, G.A. y Boyce, A.J. (Eds) (1972) *The structure of Human Populations*. Oxford: Clarendon Press.
- Harrison, G.A., Tanner, J.M., Pilbeam, D.R. y Baker, P.T. (1988) *Human Biology. An Introduction to Human Evolution, Variation, Growth, and Adaptability*. Oxford: Oxford University Press.
- Harrison, G.A. y Morphy, H. (1998) *Human Adaptation*. Oxford: Berg.
- Khongsdier, R. (2007) *Bio-cultural Approach: The essence of Anthropological Study in the 21st Century*. In Bhasin, V. y Bhasin, M.K. (Ed.) *Anthropology today: Trends, Scope and Applications*: 39-50. Kamla-Raj Enterprises. *Anthropologist, Special Volume N° 3*.
- Larsen, C.S. (1999). *Bioarchaeology. Interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Lasker, G.W. (1999) *Happenings and Hearsay: Experiences of an biological anthropologist*. , Detroit: Savoyard Books.
- Little, M.A. y Haas, J.D. (1989) *Human Population Biology: A Transdisciplinary Science*. New York: Oxford University Press.
- Little, A.L. (2010) *History of the study of human biology*. In Muehlenbein, M.P. «*Human Evolutionary Biology*: 29-47. Cambridge University Press. Cambridge.
- Marrodán, M. D., González, M. y Prado, C. (1995). *Antropología de la Nutrición. Técnicas, métodos y aplicaciones*. Madrid: Noesis.
- Mascie-Taylor, C.G.N. y Bogin, B. (Eds.) (1995). *Human variability and plasticity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mesa, M.S., Marrodán, M.D. y Fuster, V. (2002) *Transformación socioeconómica en España y su impacto sobre el crecimiento infantil y juvenil*. Madrid: Ed. Complutense.
- Messer, E., Pelto, G.H. y Pelto, P.J. (1989) *Research Methods in Nutritional Anthropology*. Tokyo: United Nations University Press.
- Schutkowski, H. (2006). *Human Ecology: Biocultural Adaptation in Human Communities*. Berlin: Ed. Springer.
- Stinson, S., Bogin, B., Huss-Ashmore, R. y O'Rourke, D. (Eds.) (2000). *Human Biology: An Evolutionary and Biocultural Approach*. New York: Wiley-Liss.

- Thomas, R.B., Winterhalder, B. y McRae, S.D. (1979). An anthropological approach to Human Ecology and Adaptive Dynamics. *Yearbook of Physical Anthropology*. Vol. 22.: 1-46.
- Tomás, R. (2010). El Desarrollo de la Antropología Física en el contexto de la Ciencia Occidental: Etapas, escuelas y corrientes en su construcción como disciplina científica. En Gutiérrez-Redomero E., Sánchez-Andrés A. y Galera V. (Coord.). *Diversidad Humana y Antropología Aplicada: 707-718*. SEAF.- Universidad de Alcalá de Henares. Alcalá de Henares.
- Tomás, R. (2012) Historia reciente, situación actual y tendencias de la Antropología Física en España (1939-2011). En Turbón D, Fañanás L., Rissech C. y Rosa A. (Eds.) *Biodiversidad Humana y Evolución: 112-118*. SEAF. - Universidad de Barcelona. Barcelona.
- Ulijaszek, S.J. y Huss-Ashmore, R.A. (eds.). (1997). *Human adaptability. Past, Present, and Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Varea, C. (2012). Nuestra historia de vida: La mejor herencia. *eVOLUCION 7 (esp): 15-24*.
- Washburn, S.L. (1951) The new physical anthropology. *Transactions of the New York Academy of Science 13 (2d ser.):298-304*.
- Watts, E., Lasker, G.W. y Johnson, F.E. (1975). *Biosocial interrelations in population adaptation*. Chicago: Aldine Publishing Company.
- Weiner, J.S. y Louri, J.A. (1981). *Practical Human Biology*. London: Academic Press.
- Weiner, J.S. y Louri, J.A. (1969) *Human Biology. A guide to field methods*. London: Blackwell Scientific Publications.
- Wiley, A.S. y Allen, J.S. (2009). *Medical Anthropology. A Biocultural Approach*. New York: Oxford University Press.
- Worthington, E.B. (Ed.) (1975). *The evolution of IBP (International Biological Programme)*. Cambridge: Cambridge University Press.

**PERFIL MATERNO Y DURACIÓN DEL PARTO
CON Y SIN ADMINISTRACIÓN DE EPIDURAL**

**MATERNAL CHARACTERISTICS AND DURATION OF
DELIVERY WITH AND WITHOUT EPIDURAL ADMINISTRATION**

Varea, C.¹; Bernis, C.¹; González-González, A.²

¹ CD de Antropología Física, Dpto. de Biología, Facultad de Ciencias
Universidad Autónoma de Madrid

² Hospital Materno-Infantil «La Paz», Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Madrid.

Dirección postal:

C. Varea
CD Antropología Física, Dpto. de Biología
Edificio de Biología, c/ Darwin, 3
Universidad Autónoma de Madrid
28049 Madrid
carlos.varea@uam.es / fax: 497.83.44

Resumen

La medicalización extensiva está modificando aspectos sustanciales de la biosociología del parto como el patrón nocturno y su duración. En el presente trabajo se analizan los datos correspondientes a 1.027 partos vaginales simples efectuados en el Hospital Materno-Infantil «La Paz» de Madrid entre 2006 y 2008 con dos objetivos: a) estimar la duración del parto para el conjunto de las mujeres en función de la paridad y de si reciben o no analgesia epidural, y b) identificar qué características maternas y del parto definen los perfiles de las mujeres que reciben y no epidural. Los resultados muestran que la administración de epidural prolonga el parto tanto en primíparas como en multíparas. Mientras que algunos de estos componentes del perfil de las mujeres a las que se les administra epidural corresponden estrictamente con el seguimiento de las pautas obstétricas (el estado al ingresar), otros (la paridad y el origen) parecen ser el resultado de la interacción entre la mujer y el personal sanitario, de tal manera que se administra significativamente más epidural a primíparas y menos a las emigrantes.

Palabras claves: epidural, duración del parto, perfil materno, medicalización del parto.

Abstract

Extensive medicalization is modifying substantial aspects of the sociobiology of childbirth as the nocturnal pattern of delivery and its duration. This paper analyzes data from 1,027 simple vaginal labors carried out in the Hospital Materno-Infantil «La Paz» of Madrid (Spain) between 2006 and 2008, with two objectives: a) to estimate the duration of labor receiving or not analgesia epidural, and b) to identify maternal and delivery process characteristics defining the profiles of the women who receive and not receive epidural. The results confirm that the administration of epidural prolongs labor both in primiparous and multiparous women. Some of these components of the profile of the women who is given epidural strictly corresponds to the monitoring of obstetric guidelines (cervical dilatation), other (parity and ethnicity) seem to be the result of the interaction between women and obstetrical care providers, in such a way that epidural is significantly more administrated to primiparous and less to migrants women.

Key words: epidural, duration of labor, maternal characteristics, medicalization of delivery.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 40 años se ha transformado sustancialmente el protocolo y manejo del parto, aumentando el número de intervenciones, algunas de ellas diseñadas para reducir el riesgo materno-fetal, como la cesárea o la inducción del parto, mientras que otras están destinadas a reducir el dolor derivado de las contracciones del parto, como la analgesia epidural. La elevada prevalencia de éstas y otras intervenciones y su disparidad dentro de la propia Unión Europea sugieren que están siendo aplicadas sobre una creciente proporción de mujeres que no las requieren (Festin et al. 2003, WHO 2006, EURO-PERISTAT 2013). A pesar del reciente acuerdo entre autoridades sanitarias, colegios profesionales y asociaciones de mujeres para transformar los protocolos del parto con el objetivo de hacerlos más humanos, eliminar la medicalización innecesaria y, sobre todo, trasladar el protagonismo y la toma final de decisiones a las propias mujeres, España se mantiene como uno de los países europeos con partos más medicalizados (Ministerio de Sanidad y Consumo 2007, Bernis 2009, González-González 2009, EURO-PERISTAT 2013).

Evidencias previas a la medicalización extensiva del parto hospitalario demostraron que la paridad y la hora del parto se asocian significativamente con su duración, de manera que los partos de múltiparas y los que ocurren de noche son significativamente más cortos y de bajo riesgo (véase la revisión en Bernis y Varea 2012). En población española actual, aunque ya no hay un patrón nocturno de nacimientos, los partos nocturnos son predominantes vaginales y no intervenidos (Bernis y Varea 2012, Varea y Fernández-Cerezo, S., 2014). La reducción del tamaño familiar ha

aumentado proporcionalmente la contribución de las madres primíparas, lo que podría contribuir a que los partos sean más prolongados que hace 40 o 50 años (Burstein et al. 1999). Además, en los años noventa del siglo pasado se generalizó la administración de la analgesia epidural desde su primer uso obstétrico en 1946, de manera que en la actualidad más de la mitad de las mujeres de los países occidentales recibe epidural (Lieberman y O'Donoghue 2002, Gaiser 2005, Anim-Somuah et al. 2010). En 1972 se introduce en España el uso de la analgesia epidural y en 1998 el Ministerio de Sanidad implanta el acceso progresivo a este recurso en la sanidad pública para la totalidad de las mujeres que lo requieran. En la Guía de práctica clínica sobre atención al parto normal (Ministerio de Sanidad y Política Social, 2010, p. 30) se indica que se deben «satisfacer las expectativas de la mujer en relación con el alivio del dolor durante el parto». Hay sin embargo poca información sobre los porcentajes de administración de analgesia epidural en España (García-García et al. 2008, Jiménez-Puente et al. 2012, Bernis et al. 2013), una variable que no está recogida en el Sistema de Información Sanitaria español (Ministerio de Sanidad y Consumo 2007). En España la epidural es la analgesia utilizada con mayor frecuencia y se ha venido incentivando como objetivo deseable para alcanzar al 100% de los partos (Ministerio de Sanidad y Consumo 2007), mostrando un incremento semejante al observado en otros países desarrollados o probablemente más rápido, ya que, por ejemplo, en el Hospital Materno-Infantil «La Paz» de Madrid —de donde procede la muestra aquí analizada— el 83,4% de las mujeres recibió epidural frente al 61% de las estadounidenses (Osterman y Martin 2011), para el mismo período de tiempo considerado (2006/2008) y tipo de parto (simples y vaginales).

Las revisiones relativas a los efectos de la administración de epidural (Zhang et al. 1999 y 2001, Leighon y Halpern 2002, Lieberman y O'Donoghue 2002, Sharma et al. 2004, Gaiser 2005, Anin-Somuah et al. 2010) coinciden en que no incrementa el riesgo de cesárea, pero sí un mayor riesgo de uso de oxitocina y de partos instrumentales, particularmente en primíparas, sin duda como consecuencia de la evidencia bien constatada de que la epidural determina la prolongación del parto (Kilpatrick y Laros, 1989). La inhibición de la movilidad de la voluntaria esquelética que acompañarla expulsión del feto (Alexander et al. 1998) y quizás la reducción de producción de oxitocina por la pituitaria (Gaiser 2005) explican la prolongación o detención de la segunda fase del parto tras administrar epidural. Un trabajo del parto prolongado se asocia a una mayor mortalidad materno-fetal y al aumento de secuelas para la madre y su nacido (WHO 1994a). La administración de epidural determina el incremento hasta el doble del uso de oxitocina (Zhang et al. 1999) y puede dificultar la posibilidad de amamantar (Humenick 1995, Torvaldsen et al. 2006).

Además de la medicalización extensiva del parto, concretamente en España el perfil de las madres está cambiando, con un aumento de la primiparidad asociada a

una edad de maternidad cada vez más avanzada (EUROPERISTAT, 2013) y la contribución a la natalidad de mujeres extranjeras que mantienen su propio patrón reproductor (Varea 2010, Varea et al. 2012). Por ello, conocer la variabilidad que presenta la duración del parto según el perfil de las mujeres y de las intervenciones que reciben en sociedades contemporáneas tiene interés tanto desde un punto práctico, por sus aplicaciones epidemiológicas, como desde el punto de vista teórico, a fin de contrastar hipótesis en el marco de la Ecología evolutiva, dado que tanto la duración del parto como su patrón circadiano son características de especie (Varea y Bernis 2013, Varea y Fernández-Cerezo, S., 2014). Establecer datos de referencia de la duración del parto en mujeres con y sin administración de epidural permitiría además determinar si la duración del parto ha cambiado tras un período de tiempo y si también lo ha hecho el perfil de las mujeres y, consecuentemente, si deben adecuarse los protocolos obstétricos. Por ello, los objetivos que se plantea el presente trabajo son: a) estimar la duración del parto para el conjunto de las mujeres en función de la paridad y de si reciben o no analgesia epidural; y b) identificar qué características maternas y del parto definen los perfiles de las mujeres que reciben y no reciben epidural.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente trabajo se analizan los datos correspondientes a una muestra de 1.027 partos vaginales simples, provenientes de las historias clínicas y partogramas de mujeres que dieron a luz en el Hospital Materno-Infantil «La Paz» de Madrid entre 2006 y 2008, a las que además se les realizó una encuesta personal antes de abandonar el centro. Todas las participantes firmaron un consentimiento informado.

Se han establecido los siguientes periodos de tiempo con el fin de tener estimas que permitan comparar la duración del parto en mujeres que recibieron o no analgesia epidural: el tiempo transcurrido entre a) el ingreso y la primera exploración (la revisión obstétrica en la que se inicia la cumplimentación del partograma, considerado el inicio del parto o de la fase activa de dilatación: SEGO 2008, Ministerio de Sanidad y Política Social 2010); b) el ingreso y la administración de epidural; c) el ingreso y el nacimiento (la expulsión del feto); d) el ingreso y el alumbramiento (expulsión de placenta y membranas); e) la exploración y el nacimiento; f) la administración de epidural y el nacimiento; y, por último, g) el nacimiento y el alumbramiento. No hay un criterio único y claro para establecer el momento de inicio del parto (Friedman 1996). En este trabajo se ha optado por considerar la duración global del parto como el período comprendido entre el ingreso hospitalario y el nacimiento, dado que el traslado a la maternidad corresponde a la percepción materna de comienzo del proceso.

En primer lugar, se comparan las duraciones de estos períodos primero entre mujeres primíparas y multíparas, y segundo entre mujeres que recibieron o no epi-

dural. En segundo lugar, se procede a comparar 13 características biosociales y del parto en mujeres que recibieron y no recibieron epidural: origen, edad, nivel de estudios, paridad, preparación al parto y si la pareja estuvo presente durante la dilatación y el parto, dilatación al ingresar, estado de la bolsa al ingresar, tipo de rotura de la bolsa, si el parto fue o no inducido, si se administró o no oxitocina tras la expulsión del feto, la duración del parto (categorizada según los cuartiles) y la hora del parto (intervalos horarios de 0:00 a 5:59, de 6:00 a 11:59, de 12:00 a 18:59 y de 19:00 a 23:59 horas). En tercer lugar, se identifican los perfiles maternos mediante un análisis de correspondencias múltiples. Finalmente, se ha realizado un análisis de regresión logística sobre la variable analgesia epidural, incorporándose al modelo aquellas variables para las cuales se han encontrado diferencias significativas entre mujeres con y sin epidural (salvo la educación maternal y la asistencia de la pareja durante la dilatación, porque su inclusión reduce en un 75% el número de casos incluidos en el análisis). El programa estadístico utilizado ha sido el SPSS17.

RESULTADOS

Caracterización de la población estudiada

Las mujeres estudiadas tienen una edad media de 30,17 (+5,73) años y el 52,1% son primíparas. Son predominantes las españolas (el 56,1%), seguidas de las latinoamericanas (28,3%), europeas del Este (8,5%) y magrebíes (7%); el 38% tiene estudios superiores. Al ingresar, el 31,3% de las mujeres tenía la bolsa rota y el 18,1% no estaba de parto (el 33,1% se encontraba en preparto y el 48,8% en dilatación), el 22,6% tuvo un parto inducido (1,2% por inducción electiva de la madre) y al 62,8% le rompieron artificialmente la bolsa al inicio del partograma. Finalmente, el 83,4% de las madres recibió analgesia epidural y el 83,9% oxitocina tras la expulsión del feto.

Perfil materno y duración del parto en mujeres con y sin analgesia epidural

La Tabla 1 muestra para el conjunto de las mujeres y para primíparas y multíparas (hayan o no recibido epidural) la duración de los períodos del parto establecidos. Todos los períodos considerados son más prolongados en las mujeres primíparas, de casi cuatro horas entre el ingreso y el nacimiento y de algo más de dos entre la exploración y el nacimiento. Estas diferencias en función de la paridad se mantienen tras la administración de la epidural, sin que haya diferencias significativas en su prolongación entre ambos grupos (datos no incluidos). Por su parte, la Tabla 2 compara la duración del parto en mujeres con y sin administración de epidural para el conjunto de paridades. Todos los intervalos de tiempo considerados son significativamente mayores en las mujeres que recibieron epidural, salvo

el comprendido entre el nacimiento y el alumbramiento, que no varía. Las mujeres que no recibirán epidural son exploradas una hora antes que aquellas a las que se administrará analgesia, que tardarán mucho más en dar a luz. La diferencia en la duración media entre la exploración con la que se inicia el partograma y el nacimiento es de casi cuatro horas entre ambos grupos de mujeres; el tiempo total medio transcurrido entre el ingreso y el nacimiento es de cinco horas y media en las mujeres que no recibieron epidural, aumentando hasta más de 11 en aquellas a las que se administró epidural.

La Tabla 3 compara las características biosociales maternas y del parto en mujeres que recibieron y no recibieron analgesia epidural. Salvo el nivel de estudios y la asistencia del marido al parto, todas las restantes características maternas consideradas se asocian significativamente con la administración de epidural, de tal manera que las múltiparas, las emigrantes, las mujeres de edades medias (de 25 a 34 años), las que hicieron cursos de educación maternal y aquellas que no fueron acompañadas por su pareja recibieron significativamente menos analgesia epidural que las otras categorías de mujeres. Respecto a las características del parto, las mujeres que ingresaron en un estado menos avanzado del parto (medido por el estado de la bolsa y la dilatación del cuello) y las que tuvieron un parto inducido recibieron significativamente más epidural. Ni la modalidad de amniorexis ni la administración de oxitocina tras la expulsión se asocian significativamente con haber recibido o no analgesia epidural. Existe además una clara asociación entre la administración de epidural y la duración del parto, de tal manera que tan solo un 11% de los partos con epidural fueron cortos (de menos de cuatro horas), un porcentaje que asciende al 62% en partos sin analgesia. No hay diferencias significativas en la distribución horaria de los nacimientos en función de la administración de epidural, si bien roza el nivel de significación ($\chi^2= 7,2$, $gl= 3$, $p= ,06$): los partos en los que la mujer recibió epidural se distribuyen homogéneamente a lo largo del día, frente a un 60% de los partos sin epidural acontecidos en la madrugada y primeras horas de la mañana.

La Figura 1 resume los resultados del análisis de correspondencias múltiples. La varianza de los datos explicada conjuntamente por las dos primeras dimensiones es del 48%. Las variables que mejor caracterizan la dimensión 1 son la duración del parto y la dilatación del cuello al ingresar, seguidas de las variables inicio del parto (si fue espontáneo o inducido), paridad y administración de epidural; mucho más reducida es la medida de discriminación de la variable hora del parto. La dimensión 2 se configura nuevamente con la aportación de las variables dilatación al ingresar y duración del parto, con contribuciones menores de las variables inducción del parto, edad y administración de epidural. Las contribuciones de las variables origen materno, si hubo preparación al parto y si la pareja estuvo presente en la dilatación son muy reducidas en ambas dimensiones. Es así posible discriminar a lo largo de la dimensión 1 muy claramente a mujeres múltiparas, que in-

gresaron en fase muy avanzada del parto y que no recibieron analgesia epidural, y que dieron a luz muy rápidamente entre medianoche y primera hora de la mañana frente a mujeres primíparas que ingresaron no estando aún de parto o en preparto, cuyo parto fue inducido y muy prolongado, y que dieron a luz avanzada la tarde y en las primeras horas de la noche. A lo largo de la dimensión 2 es posible contraponer a mujeres con una dilatación al ingresar y una duración del parto moderadas frente a mujeres de partos muy rápidos —en este caso sin administración de epidural— o muy prolongados en función del grado de dilatación al ingresar.

Por último, la Tabla 4 muestra los resultados de la regresión logística llevada a cabo sobre la administración de epidural. Dos variables maternas (el origen y la paridad), dos variables relacionadas con el curso del parto (la dilatación del cuello al ingresar y sí es o no inducido) y la variable duración del parto explican el 49% de la variabilidad en la administración de analgesia epidural. Así, ser extranjera determina una reducción de la probabilidad de recibir epidural respecto a las madres españolas, que es máxima en las magrebíes (del 82,2%) y menor en las latinoamericanas (del 54,6%); igualmente, las madres multíparas reducen en un 71,8% la probabilidad de recibir epidural en comparación con las primíparas. En relación al desarrollo del parto, que sea inducido determina un incremento de 3,4 veces en el riesgo de administración de analgesia epidural, y solo las mujeres que accedieron a la maternidad en un estado muy avanzado del parto (dilatación superior a 5 centímetros) ven reducida en un 73,3% la probabilidad de recibir analgesia epidural. Finalmente, respecto a los partos de menor duración, la probabilidad de haber recibido epidural aumenta entre cinco y ocho veces en los partos más prolongados.

DISCUSIÓN

La administración sistemática de oxitocina y de analgesia epidural ha modificado la dinámica y duración del parto, de manera que en sociedades desarrolladas la medicalización del proceso está determinando que el denominado «parto fisiológico» (es decir, espontáneo y sin intervención) no sea ya el más frecuente sino todo lo contrario, incluida la población analizada en este trabajo (González-González 2010, Bernis y Varea 2012, Bernis et al. 2013). El presente trabajo caracteriza el perfil materno y tipo de parto de mujeres que dieron a luz en la maternidad «La Paz» de Madrid en función de si recibieron o no analgesia epidural. Una inmediata consideración es el claro seguimiento de las pautas obstétricas (en relación al grado de dilatación al ingresar) a la hora de recibir o no analgesia epidural, y la clara asociación entre inducción del parto y administración de epidural. Sin embargo, el efecto de la analgesia epidural en la prolongación del parto es independiente del estado al ingresar y de si el parto fue inducido o espontáneo, y afecta tanto a primíparas como multíparas. Finalmente, se ha demostrado además que la administración de epidural

se hace de manera diferencial en relación con otras características maternas, de tal manera que, controladas las variables señaladas, se administra significativamente más epidural a las primíparas y significativamente menos a las emigrantes.

La aplicación de epidural sigue unos criterios obstétricos relacionados con el estado del parto al ingresar (Ministerio de Sanidad y Política Social 2010), que se detectan claramente en los resultados presentados en este trabajo. La administración de epidural está contraindicada con una dilatación avanzada (SEGO 2008, Ministerio de Sanidad y Política Social 2010), de tal manera que las mujeres con más de 5 centímetros de dilatación cervical reciben significativamente menos epidural que aquellas con una dilatación inferior a 2 centímetros, mientras que la posibilidad de recibir epidural con una dilatación media no se reduce respecto a este grupo de referencia. Este resultado pudiera explicar la clara asociación descrita en este trabajo entre la administración de epidural y la prolongación del parto al sesgar los datos. Sin embargo, cuando se compara la duración del parto en mujeres que ingresaron con dilataciones medias según hayan recibido o no epidural, la administración de analgesia prolonga en tres horas el período entre el ingreso y el nacimiento en este grupo (resultados no incluidos).

En la población analizada, la duración del intervalo entre el ingreso y el nacimiento en el conjunto de las mujeres analizadas tiene un valor medio superior a las nueve horas con diferencias significativas entre primíparas y multíparas, al tener las primeras una velocidad de dilatación menor (WHO, 1994b). La administración de epidural prolongan todos los intervalos establecidos para evaluar la duración del parto (salvo el tiempo transcurrido entre el nacimiento y el alumbramiento), con un incremento medio de casi seis horas entre el ingreso y el nacimiento (de 05:29 a 11:03 horas), un resultado en consonancia con evaluaciones recientes (Alexander et al. 1997, Zhang et al. 1999 y 2001; Borders et al. 2013). Las mujeres a las que se les administrará epidural son exploradas 77 minutos después que aquellas que darán a luz sin analgesia, que lo harán casi cuatro horas antes, confirmación de su diferente estado al acudir al hospital. Aun cuando la asociación no es significativa estrictamente, los partos sin epidural y, por lo tanto, más rápidos son más frecuentes en la madrugada y a las primeras horas de la mañana. Alternativamente, partos más complicados y por ello más prolongados y dolorosos, requerirán la administración de epidural.

No hay diferencias significativas en la prolongación del parto en función de la paridad, como han mostrado otros estudios (Borders et al. 2013). Los protocolos españoles (SEGO 2008, Ministerio de Sanidad y Política Social 2010) establecen como normal un incremento de hasta una hora en la duración de la segunda etapa del parto con analgesia epidural en ambos grupos (en la fase expulsiva pasiva en multíparas y en la fase expulsiva activa en primíparas), siempre que exista un progreso continuo en el descenso de la presentación. En la población estudiada las

mujeres reciben el anestésico local combinado con un opiáceo (Levo 0.12% + fentanilo 2 μ g/ml), lo que permite reducir la dosis de anestésico y preservar mejor la movilidad materna.

Otra clara asociación obstétrica mostrada en el presente trabajo es la que se establece entre la inducción del parto y la administración de epidural. La inducción del parto tiene por objetivo desencadenar artificialmente el trabajo de parto con el fin de evitar riesgos fetales y de que pueda tener lugar por vía vaginal (González-Gonzalez 2009). El porcentaje de partos inducidos está aumentando en países occidentales, nutrido esencialmente por la inducción sistemática del parto 12 horas después de la rotura prematura de membranas en gestaciones superiores a 32-34 semanas, y por la inducción sistemática de los embarazos prolongados (de más de 42 semanas de gestación) (González-Gonzalez 2009). En la población analizada, casi una cuarta parte de los partos fueron inducidos y la probabilidad de que una mujer reciba analgesia epidural es tres veces mayor que si su parto es espontáneo, controlados otros factores.

Los resultados muestran que, además de los condicionantes clínicos indicados, la administración de epidural se efectúa de manera diferencial en relación a la paridad y el origen, de tal manera que se administra significativamente más analgesia a las primíparas y significativamente menos a las emigrantes. Una mayor edad materna (superior a 30 años) se ha asociado con una mayor prolongación del parto, sobre todo en primíparas (Albers 1999). En el presente trabajo, las diferencias en la administración de epidural en función de la edad materna desaparecen en los análisis multivariados realizados, probablemente como consecuencia de la paridad. Las mujeres primíparas son significativamente más jóvenes que las multíparas (28,6 y 31,8 años, respectivamente: $t=-9,326$, $gl=1,006$, $p<,01$) y si bien ambos grupos recibieron mayoritariamente analgesia epidural, entre las primeras el porcentaje alcanza al 93,2%, reduciéndose entre las que habían sido ya madres al 71,3%. La experiencia previa permite que mujeres que ya fueron madres decidan no recurrir a la analgesia epidural (Alexander et al. 1997). Al menos en mujeres primíparas, la demanda de administración de analgesia no necesariamente es el resultado exclusivo de un trabajo de parto doloroso, sino que puede deberse a una toma de decisión previa, quizás motivada por la falta de información y de apoyo psicológico previos. Las mujeres primíparas que ingresan en la maternidad con la decisión tomada de pedir epidural la reciben significativamente más y antes (con una dilatación de menos de cuatro centímetros) que aquellas que indicaron durante su embarazo su intención de evitar su uso (Goldberg et al. 1999). En la población aquí analizada no se dispone de esta variable, pero sí de si recibieron o no educación maternal y los resultados indican que aquellas mujeres que asistieron a clases de educación maternal recibieron significativamente menos epidural que las que no lo hicieron. Como señalan Eltzschig et al. (2003, p.330): «*Labor is a complex and*

highly individual process; not every woman wants or needs analgesic interventions for delivery. Prenatal education, whenever possible, is the best option for helping women to make an informed decision. The decision to receive any form of analgesia is personal and should be made by the patient in consultation with her obstetrical care provider and anesthesiologist». Por el contrario, la presencia de la pareja durante la dilatación se asocia con una mayor administración de analgesia epidural y no al revés, un resultado que se deriva del hecho de que las mujeres más jóvenes y de parto espontáneo tuvieron menor presencia de sus parejas y recibieron significativamente menos epidural (Tabla 3).

Las mujeres españolas reciben más analgesia epidural que las extranjeras, un resultado coincidente con otros trabajos en población española (García-García et al. 2008, Jiménez-Puente et al. 2012) y en otras poblaciones occidentales (Rosaeg et al. 2002, van Ryn 2002, Rust et al. 2004, Glance et al. 2007, Osterman y Martin 2011, Toledo et al. 2012), y que confirman resultados previos relativos a que el origen materno es un factor diferenciador del número y tipo de intervenciones recibidas durante el parto en nuestro país. Latinoamericanas, magrebíes y europeas orientales reciben menos analgesia que las españolas, y ello pese a sus evidentes diferencias culturales y al hecho de que al menos las que provienen de América Latina no tienen barreras idiomáticas para comunicarse con el personal sanitario que les atiende. Las disparidades en la administración de epidural por origen son independientes de las determinadas por la paridad y, a diferencia de otros trabajos (Stark 2003, Le Ray et al 2008, Liu et al. 2010, Toledo 2012), tampoco se han encontrado diferencias en la analgesia en función del nivel educativo materno. El origen y la tradición cultural de la madre determinan una comprensión diferente del proceso del parto, la expresión del dolor que conlleva y los requerimientos que pueda formular para aliviarlo, lo que a su vez puede influir en la percepción y actitud del personal sanitario que le atiende (Weber 1996). En sociedades que, como la española, han contemplado un incremento espectacular de los nacimientos de madres emigrantes se precisan estudios detallados que evalúen cómo están interactuando mujeres que están dando a luz y que provienen de contextos culturales muy diversos con el personal sanitario que les atiende, que debe proveerlas de una atención sensible a matices culturales y psicológicos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de Investigación: «Impacto de la migración sobre la salud materno infantil desde una perspectiva de género», Plan Nacional de I+D+I (2004-2007), Exp. 06/31 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

REFERENCIAS

- Albers, L.L. (1999). The duration of labor in healthy women. *J Perinatol* 192:114-119.
- Alexander, J.M., Lucas, M.J., Ramin, S.M., McIntire, D.D., Leveno, K.J. (1998). The course of labor with and without epidural analgesia. *Am J Obstet Gynecol* 178:516-520.
- Alexander, J.M., Sharma, S.K., McIntire, D.D., Leveno, K.J. (2002). Epidural analgesia lengthens the Friedman active. *Obstet Gynecol* 100: 46-50.
- Anim-Somuah, M., Smyth, R.M.D., Howell, C.J. (2005). Epidural versus non-epidural or no analgesia in labour. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 4. art. no.: CD000331. DOI: 10.1002/14651858.CD000331.pub2.
- Bernis, C. (2009). Determinantes biológicos y sociales del embarazo y el parto: estado nutricional, género y origen. En: C. Bernis R. López P. Montero (Ed.). *Determinantes biológicos, psicológicos y sociales de la maternidad en el S XXI. Mitos y realidades: 79-124*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- Bernis, C., Varea, C. (2012). Hour of birth and birth assistance: From a primate to a medicalized pattern? *Am J Hum Biol* 24: 14-21.
- Bernis, C., Varea C., Bogin B., González-González A. (2013). Labor management and mode of delivery among migrant and Spanish women: Does the variability reflect differences in obstetric decisions according to ethnic origin? *Matern Child Health J* 17: 918-927.
- Borders, N., Wendland, C., Haozous, E., Leeman, L. Rogers, R. (2013). Midwives' Verbal Support of Nulliparous Women in Second-Stage Labor. *JOGNN* 42: 311-320.
- Burnstein, R., Buckland, R. Pickett, J.A. (1999). A survey of epidural analgesia for labour in the United Kingdom. *Anaesthesia* 54: 634-640.
- Eltzschig, H.K., Lieberman, L.S., Camann, W.R. (2003). Regional anesthesia and analgesia for labor and delivery. *N Engl J Med* 348: 319-332.
- EURO-PERISTAT Project with SCPE and EUROCAT. 2013. European Perinatal Health Report. The health and care of pregnant women and babies in Europe in 2010. EURO-PERISTAT: www.europeristat.com.
- Festin, M.R., Lumbiganon, P., Tolosa, J.E., Finney, K.A., BaThike K., Chipato, T., Gaitán, H., Xu, L., Limpongsanurak, S., Mittal, S., Peedicayil, A., Pramono, N., Purwar, M., Shenoy, S., Daly, S. (2003). International survey on variations in practice of the management of the third stage of labour. *Bulletin of the World Health Organization* 81: 286-291.
- Friedman, E.A. (1996). The length of active labor in normal pregnancies. *Obstet Gynecol* 88: 319-320.
- Gaiser, R.R. (2005). Labor epidurals and outcome. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 19: 1-16.

- García-García J., Pardo-Serrano, C., Hernández-Martínez, A., Lorenzo-Díaz, M., Gil-González, D. (2008). Diferencias obstétricas y neonatales entre mujeres autóctonas e inmigrantes. *Prog Obstet Ginecol* 51:53-62.
- Glance, L.G., Wissler, R., Glantz, C., Osler, T.M., Mukamel, D.B., Dick, A.W. (2007). Racial differences in the use of epidural analgesia for labor. *Anesthesiology* 106: 19-25.
2002. Obstetric analgesia and anesthesia. *Obstet Gynecol* 100:177-191.
- Goldberg, A.B., Cohen, A., Lieberman, E. (1999). Nulliparas' preferences for epidural analgesia: their effects on actual use in labor. *Birth* 26:139-143.
- González-González, A. (2009). Riesgos del embarazo y el parto. En: Bernis C, López R y Montero P (eds) En: C. Bernis R. López P. Montero (Ed.). *Determinantes biológicos, psicológicos y sociales de la maternidad en el S XXI. Mitos y realidades: 297-316.* Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid..
- Humenick, S.S. (1995). The impact of epidurals on infant behavior and breastfeeding. *J Perinat Educ* 4: 65-67.
- Jiménez-Puente, A., Benítez-Parejo, N., Del Diego-Salas, J., Rivas-Ruiz, F., Maañón-Di Leo, C. (2012). Ethnic differences in the use of intrapartum epidural analgesia. *BMC Health Serv Res* 12: 207.
- Kilpatrick, S.J., Laros R.K. (1989). Characteristics of normal labor. *Obstet Gynecol* , 741:85-87.
- Le Ray, C., Goffinet, F., Palot M., Garel, M., Blondel, B. (2008). Factors associated with the choice of delivery without epidural analgesia in women at low risk in France. *Birth* 35:171-178.
- Leighton, B., Halpern, S.H. (2002). The effects of epidural analgesia on labor, maternal and neonatal outcomes: a systematic review. *Am J Obstet Gynecol* 186: s31-s60.
- Lieberman, E., O'Donoghue, C. (2002). Unintended effects of epidural analgesia during labor: a systematic review. *Am J Obstet Gynecol* 186: s69-s77
- Liu, N., Wen, S.W., Manual, D.G., Katherine, W., Bottomley, J., Walker, M.C. 2010. Social disparity and the use of intrapartum epidural analgesia in a publicly funded health care system. *Am J Obstet Gynecol* 202: 273.e1-8.
- Ministerio de Sanidad y Consumo. (2007). Estrategia de atención al parto normal en el sistema nacional de Salud. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid.
- Ministerio de Sanidad y Política Social. (2010). Guía de práctica clínica sobre la atención al parto normal. Ministerio de Sanidad y Política Social. Madrid.
- Osterman, M.J., Martin, J.A. (2011). Epidural and spinal anesthesia use during Labor: 27-State reporting area. *National Vital Statistics Report* 59: 1-16.
- Rosaeg, O.P., Campbell, N., Crossan, M.L. (2002). Epidural analgesia does not prolong the third stage of labour. *Can J Anesth* 49: 490-492.

- Rust, G., Nembhard, W., Nochols, M., Omole, F., Minor, P., Barosso, G., Mayberry, R. (2004). Racial and ethnic disparities in the provision of epidural analgesia to Georgia Medicaid beneficiaries during labor and delivery. *Am J Obstet Gynecol* 191: 456-62.
- SEGO (2008). Recomendaciones sobre la asistencia al parto de la SEGO. Sociedad Española de Obstetricia y Ginecología. www.sego.es.
- Sharma, S.K., McIntire, D.D., Wilwy, J., Leveno, K. (2004). Labor anesthesia and Cesarean delivery. *Anesthesiology* 100: 142-148.
- Stark, M.A. (2003). Exploring Women's Preferences for Labor Epidural Analgesia. *J Perinat Educ* 12: 16-21.
- Toledo, P., Sun, J., Grobman, W.A., Wong, C.A., Feinglass, J., Hasnain-Wynia, R. (2012). Racial and ethnic disparities in neuraxial labor analgesia. *Anesth Analg* 114:172-178.
- Torvaldsen, S., Roberts, C.L., Simpson, J.M., Thompson, J.F., Ellwood, D.A. (2006). Intrapartum epidural analgesia and breastfeeding: a prospective cohort study. *Int Breastfeed J* 11:1-24.
- Van Ryn, M. (2002). Research on the provider contribution to race/ethnicity disparities in medical care. *Med Care* 40 (suppl): I140-51.
- Varea, C. (2009) El debate sobre un nuevo patrón reproductor en España y la contribución del colectivo de mujeres emigrantes. En: C. Bernis R. López P. Montero (Ed.). *Determinantes biológicos, psicológicos y sociales de la maternidad en el S XXI. Mitos y realidades: 171-198*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- Varea, C., Bernis, C., González-González, A. (2012). Maternal characteristics and temporal trends in birth outcomes: comparison between Spanish and migrant mothers. *International Journal of Population Research*. 412680. doi:10.1155/2012/412680.
- Varea, C., Bernis, C. (2012). Encephalization, reproduction and life history. *Human Evolution*, 28: 1-16.
- Varea, C., Fernández-Cerezo, S. (2014). Revisiting the daily human birth pattern: Time of delivery at Casa de Maternidad in Madrid (1887–1892). *Am J Hum Biol* DOI: 10.1002/ajhb.2255.
- Weber, S.E. (1996). Cultural aspects of pain in childbearing women. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 25: 67-72.
- WHO. (1994a). Preventing prolonged labor: A practical guide I. WHO/FHE/MSH/93.8. World Health Organization. Geneva..
- WHO (1994b). The application of the WHO partograph in the management of labour. Report of a WHO multi-center study 1990-91. Maternal Health and Safe Motherhood Programme. WHO/FHE/MSM/94.4. World Health Organization. Geneva.
- WHO. (2006). Pregnancy, childbirth, postpartum and newborn care: A guide for essential practice (2nd Ed.). World Health Organization. Geneva.

- Zhang, J., Klebanoff, M.A., DerSimonian, R. (1999). Epidural analgesia in association with duration of labor and mode of delivery: A quantitative review. *Am J Obstet Gynecol* 180: 970-977.
- Zhang, J., Yancey, M.K., Klebanoff, M.A., Schwarz, J., Schweitzer, D. (2001). Does epidural analgesia prolong labor and increase risk of cesarean delivery? A natural experiment. *Am J Obstet Gynecol* 185: 128-134.

Tabla 1
Diferencias en la duración de los períodos del parto en el total de mujeres y según la paridad (Hospital Materno-Infantil «La Paz» de Madrid, 2006-2008, partos simples vaginales)

Tiempo transcurrido entre dos sucesos (horas:minutos)	Total	Primíparas	Múltiparas	Z p
	Mediana (p10, p90) Media (DS) n			
Ingreso/Exploración	01:41 (00:30, 15:01) 04:55 (06:35) 459	02:27 (00:45, 16:01) 05:47 (06:54) 236	01:25 (00:25, 12:38) 03:58 (06:05) 220	-4,02 <,001
Ingreso/Epidural	–	03:57 (1:30; 18:16) 07:24 (7:31) 382	2:42 (1:16; 17:45) 6:00 (8:10) 252	-4,03 <,001
Ingreso/Nacimiento	06:39 (01:53, 21:45) 09:27 (06:39) 918	8:50 (03:41, 22:54) 11:14 (08:50) 482	04:30 (01:35, 19:55) 07:28 (08:23) 443	-10,49 <,001
Ingreso/Alumbramiento	06:42 (02:04, 21:55) 09:34 (8:30) 808	09:00 (03:38, 23:39) 11:30 (08:28) 416	04:45 (01:35, 19:55) 07:32 (08:02) 389	-9,57 <,001
Exploración/Nacimiento	03:49 (00:45, 08:35) 04:19 (04:19) 495	05:21 (01:52, 09:32) 05:21 (04:13) 254	02:25 (00:25, 06:35) 03:12 (04:11) 233	-9,36 <,001
Epidural / Nacimiento	–	04:30 (2:06; 8:20) 05:00 (3:20) 401	2:10 (0:50; 6:10) 3:14 (4:13) 261	-10,86 <,001
Nacimiento/Alumbramiento	00:05 (00:24, 00:20) 00:16 (01:36) 857	00:05 (00:03, 00:02) 00:20 (01:38) 436	00:05 (00:05, 00:24) 00:11 (01:35) 412	ns

Tabla 2
Diferencias en la duración de los períodos del parto en mujeres con y sin analgesia epidural (Hospital Materno-Infantil «La Paz» de Madrid, 2006-2008, partos simples vaginales)

Tiempo transcurrido entre dos sucesos (horas:minutos)	Epidural No	Epidural Sí	Estadístico <i>Z p</i>
	Mediana (p10, p90) Media (DS) n		
Ingreso/Exploración	01:15 (00:10, 13:45) 04:01 (06:60) 67	01:55 (00:45, 16:03) 05:18 (06:52) 342	-3,026 <,01
Ingreso/Epidural	-	03:25 (01:25, 15:53) 06:56 (07:44) 610	-
Ingreso/Nacimiento	02:30 (00:39, 16:05) 05:29 (06:47) 127	07:58 (03:29, 23:52) 11:03 (01:16) 658	-10,384 <,001
Ingreso/Alumbramiento	02:45 (01:00, 16:12) 05:52 (07:01) 115	08:04 (03:35, 23:25) 11:06 (08:34) 577	-9,638 <,001
Exploración/Nacimiento	01:07 (00:10, 04:02) 01:36 (02:40) 70	04:45 (01:59, 09:10) 05:14 (04:09) 377	-11,176 <,001
Nacimiento/Alumbramiento	00:10 (00:05, 0:025) 00:28 (02:01) 124	00:05 (00:04, 00:20) 00:15 (01:16) 619	ns

Tabla 3
**Características maternas y del parto en mujeres con y sin analgesia epidural
(Hospital Materno-Infantil «La Paz» de Madrid,
2006-2008, partos simples vaginales)**

		Epidural No	Epidural Sí	Estadístico χ^2 (gl) <i>p</i>
		% (n)		
Origen	España	14,1 (50)	85,9 (304)	9,131 (3) <,05
	Latinoamérica	20,3 (36)	79,7 (141)	
	Magreb	29,8 (14)	70,2 (33)	
	E. del Este	21,1 (12)	78,9 (45)	
Edad	< 24 años	19,2 (30)	80,8 (126)	14,481 (3) <,01
	25-29 años	12,7 (27)	87,3 (186)	
	30-34 años	12,8 (38)	87,2 (258)	
	>34 años	24,0 (50)	76,0 (158)	
Estudios	Primarios incompletos o completos	24,0 (23)	76,0 (73)	ns
	Secundarios	14,1 (25)	85,9 (152)	
	Medios	12,6 (14)	87,4 (97)	
	Superiores	16,3 (38)	83,7 (195)	
Paridad	Nulípara	6,8 (32)	93,2 (440)	72,238 (1) <,001
	Múltipara	28,5 (113)	71,5 (282)	
Preparación al parto	Sí	22,4 (61)	77,6 (211)	12,173 (1) <,001
	No	11,4 (33)	88,6 (256)	
Estado bolsa al ingresar	Integra	18,7 (110)	81,3 (477)	7,671 (1) <,01
	Rota	11,1 (29)	88,9 (232)	
Dilatación al ingresar (cm cuello)	Menos de 2 cm.	6,5 (13)	93,5 (188)	149,598 (2) <,001
	De 2 a 4,9 cm.	12,6 (67)	87,4 (464)	
	5 cm. o más	60,2 (56)	39,8 (37)	
Tipo de rotura de la bolsa	Espontánea	13,5 (42)	86,5 (270)	ns
	Artificial	18,0 (98)	82,0 (445)	

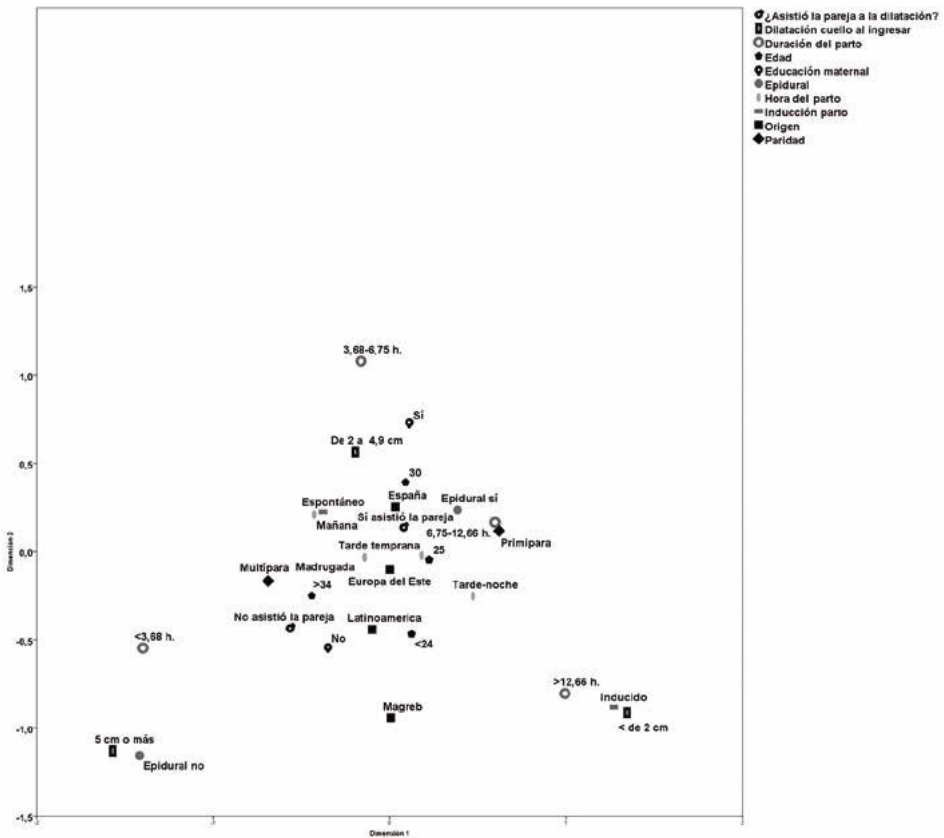
		Epidural No	Epidural Sí	Estadístico χ^2 (gl) <i>p</i>
		% (n)		
Inducción del parto	No	19.8 (134)	80.2 (542)	21.812 (1) <.001
	Sí	5.9 (12)	94.1 (191)	
Pareja durante la dilatación	Sí	12.7 (27)	87.3 (186)	10.592 (1) <.001
	No	34.3 (12)	65.7 (23)	
Oxitocina	No	22.2 (28)	98 (77.8)	ns
	Sí	17.1 (107)	82.9 (520)	
Duración del parto	<03:41 h	50.3 (79)	49.7 (78)	168.032 (3) <.001
	03:41-06:44 h	7.7 (17)	92.3 (203)	
	06:45-12:39 h	7.5 (15)	92.5 (184)	
	>12:39 h	7.7 (16)	92.3 (191)	
Hora de nacimiento	00:00-05:59 h	15.9 (37)	84.1 (195)	ns
	06:00-11:59 h	20.8 (47)	79.2 (179)	
	12:00-18:59 h	16.2 (30)	83.8 (188)	
	19:00-23:59 h	12.5 (27)	87.4 (189)	

Tabla 4
Resultados de la regresión logística binaria de las variables maternas y tipo de parto sobre la administración de epidural (Hospital Materno-Infantil «La Paz» de Madrid, 2006-2008, partos simples vaginales)

Variable (categoría de referencia)	Administración de epidural		
	Expo (B)	IC 95%	
		Límite inferior	Límite superior
Origen (España) **			
Magreb	,178**	,062	,514
Latinoamérica	,454*	,214	,965
Europa del Este	,336*	,116	,970
Edad (<25 años) ns			
25-29 años	1,283 ns	,519	3,175
20-34 años	2,361 ns	,899	6,203
>35 años	1,824 ns	,704	4,728
Paridad (primípara) **			
Múltipara	,292**	,140	,609
Dilatación del cuello (<2 cm.) ***			
2-4,9 cm.	1,959 ns	,755	5,083
>5cm.	,267*	,083	,858
Inducción (espontáneo) *			
Inducido	3,409*	1,044	11,134
Duración del parto (<03:41 horas) ***			
03:41-06:44 h	8,701***	3,413	22,186
06:45-12:39 h	5,041**	1,888	13,458
> 12:38 h	4,349**	1,656	11,421
Constante	2,633		

Categoría de referencia: administración de epidural no. para las variables independientes la categoría de referencia se muestra entre paréntesis. N=510; R² Nagelkerke= 49%; prueba de Hosmer y Lemeshow. ns; porcentaje global de casos correctos: 90.4% (56.5%. epidural no; 97.2%. epidural sí); * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; ns: no significativo.

Figura 1
Relación entre las categorías de las variables maternas y tipo de parto
incluidas en el análisis de correspondencias múltiples.
(Hospital Materno-Infantil “La Paz” de Madrid,
2006-2008, partos simples vaginales)



**PALEOANTROPOLOGÍA
Y PRIMATOLOGÍA**

RELACIÓN ENTRE EL DESGASTE DENTAL Y LA ECOLOGÍA EN BABUINOS Y MANDRILES

RELATIONSHIP BETWEEN TOOTH WEAR AND ECOLOGY IN BABOONS AND MANDRILLS

Mayo-Alesón, M.¹; Romero, A.²; Gamarra, B.¹; Willaume, E.³; Itsoma, F.;
Pérez-Pérez, A.¹; Kappeler, P.M.⁴; Charpentier, M.J.E.⁵; Galbany J.^{1,6}

¹Departament Biologia Animal, Universitat de Barcelona (España).

²Departamento Biotecnología, Universidad de Alicante (España).

³SODEPAL (Société du Parc d'Exploitation de la Lékédi)-COMILOG Society (Gabón).

⁴Behavioral Ecology & Sociobiology Unit – German Primate Center (DPZ) (Alemania).

⁵Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive UMR 5175, CNRS (Francia).

⁶Center for the Advanced Study of Hominid Paleobiology.

Department of Anthropology, The George Washington University
(Estados Unidos de América).

Correspondencia:

Mercedes Mayo Alesón

Departament Biologia Animal, Universitat de Barcelona

Av. Diagonal, 643.

08028 Barcelona, España

E-mail: mermayal@gmail.com

Resumen

Además de la dieta, otros factores ecológicos causan desgaste dental en primates, siendo necesario realizar estudios de variabilidad en poblaciones que ocupan nichos ecológicos distintos. En este estudio se midió el desgaste dental dependiente de la edad sobre réplicas de molares (M1 y M2) en mandriles (*Mandrillus sphinx*; n=37) del Parque Lékédi (Gabón) y babuinos (*Papio cynocephalus*; n=95) de Amboseli (Kenia). Asimismo, se recogieron sedimentos en ambos hábitats para medir la proporción de partículas extrínsecas abrasivas. A partir de imágenes digitales de las réplicas dentales se cuantificó el porcentaje de exposición de dentina (PED). Los test uni- y multivariantes ($p < 0,01$) revelaron que el desgaste dental correlaciona significativamente con la edad en ambas especies. Igualmente, se halló que los mandriles exhiben un PED significativamente superior a los babuinos de edad similar. Este resulta-

do sostiene la hipótesis de que las propiedades físicas y mecánicas de los alimentos y la composición del suelo causan diferencias en el desgaste dental. Mientras los babuinos se alimentan de geófitos, los mandriles comen frutas con exocarpos duros que obtienen de suelos con mayor proporción de partículas abrasivas. Este estudio confirma que el desgaste dental es un proceso acumulativo y establece modelos diferenciados en primates, directamente relacionados con las propiedades de los alimentos y los abrasivos ingeridos. Además, se propone que el deterioro acelerado de los dientes en mandriles, que produce molares más planos, podría representar una adaptación para procesar alimentos duros, aunque se debe analizar cómo las tasas elevadas de desgaste dental afectan al *fitness* de los individuos.

Palabras clave: desgaste dental, ecología dental, primates, *Mandrillus sphinx*, *Papio cynocephalus*.

Abstract

Besides diet, other ecological factors cause tooth wear in primates, being necessary to analyse the variability between species that occupy different ecological niches. In the present study, molar replicas (M1 and M2) of mandrills (*Mandrillus sphinx*; n=37) from Lékédi Park (Gabon) and baboons (*Papio cynocephalus*; n=95) from Amboseli (Kenya) were obtained to measure age-dependent tooth wear. Additionally, soil samples were collected in different locations of both habitats to quantify the amount of extrinsic abrasive particles. Percent of dentine exposure (PDE) was determined from occlusal digital images. Uni- and multivariate statistics ($p < 0,01$) revealed a high significant positive relationship between PDE and age in both species. Also, mandrills exhibited significantly higher PDE than baboons at a similar age. These results support that physical and mechanical food properties as well as soil composition cause differences in tooth wear. While baboons mainly consume underground storage organs, mandrills ingest fruits with hard exocarps which are found in a habitat that presents a higher proportion of abrasive minerals. These findings confirm that tooth wear is a cumulative process and establish different tooth wear models among primates, which are directly related with food properties and ingested abrasives. Moreover, this study proposes that the accelerated dental senescence in mandrills, resulting in flatter molars, may represent an adaptation to process hard food items, although it is needed to analyse how these high tooth wear rates affect the animal fitness.

Keywords: tooth wear, dental ecology, primates, *Mandrillus sphinx*, *Papio cynocephalus*.

INTRODUCCIÓN

El desgaste dental en los mamíferos se produce por la pérdida de esmalte a partir del contacto entre dientes (atrición) y a la interacción de estos con alimentos duros y abrasivos (abrasión) (Lucas 2004). Dado que el desgaste dental refleja la

relación de cada especie con su entorno y puede afectar al *fitness*, se considera un fenómeno funcionalmente significativo en el estudio de la ecología dental (Cuozzo Sauther 2012). El estudio de los dientes, incluido el análisis del desgaste dental es, por tanto, un buen indicador de la ecología trófica y el comportamiento de primates actuales y fósiles, incluyendo a los homínidos (Cuozzo Sauther 2012). Diferentes estudios en mamíferos revelaron, por ejemplo, que los corzos (*Capreolus capreolus*) con dientes más altos presentan una esperanza de vida mayor (Veiberg et al. 2007), mientras que los koalas (*Phascolarctos cinereus*) con mayores tasas de desgaste dental incrementan su tiempo de alimentación (Logan Sanson 2002). En este contexto, estudios en sifakas (*Propithecus edwardsi*), indicaron que la pérdida del esmalte asociada a la edad disminuye la capacidad de alimentación de esta especie, afectando a su supervivencia y reproducción. Sin embargo, existe escasa información acerca del impacto de la edad en el daño del esmalte a largo plazo en primates que ocupan distintos hábitats o se alimentan de recursos que difieren en sus propiedades físicas (Cuozzo Sauther 2012). Otros estudios en primates encontraron que la topografía del diente, cuando se analiza su inclinación, relieve o angularidad, se encuentra afectada por el desgaste y edad del individuo (Dennis et al. 2004; King et al. 2005; Bunn Ungar 2009; Klukkert et al. 2012; Glowacka et al. 2013). No obstante, la capacidad funcional de los molares en gorilas de montaña (*Gorilla beringei beringei*) así como en sifakas (*Propithecus edwardsi*) no se relaciona significativamente con la edad (King et al. 2005; Glowacka et al. 2013). Asimismo, cuando se comparó la topografía de los molares en colobinos y cercopitecinos, se observó que las especies folívoras presentan superficies más inclinadas y mayor relieve que las especies frugívoras (Bunn Ungar 2009), lo que indica su adaptación en el procesamiento de alimentos fibrosos.

Aunque hay muchos trabajos que sugieren que los fitolitos de sílice (ópalo) causan microdesgaste en el esmalte de los mamíferos, pocos estudios han confirmado que los fitolitos son, en efecto, más duros que el esmalte. Sanson et al. (2007) analizaron la dureza de los fitolitos de sílice de cuatro especies vegetales y observaron un menor efecto abrasivo del esperado en el esmalte, en contraste con el hallado en relación a otras partículas medioambientales como el polvo. Del mismo modo, recientes estudios de nanodesgaste (Lucas et al. 2013) encontraron un mayor grado de deformación y menor de abrasión en el esmalte por parte de fitolitos, mientras que las partículas de cuarzo fueron definidas como agentes no deformables y capaces en mayor grado de fracturar el esmalte a nivel microscópico.

Si bien los fitolitos han sido objeto de diferentes estudios, el análisis de las partículas extrínsecas encontradas en los sedimentos de la zona en la que habita una especie de primate y su efecto en el macro- y microdesgaste, no ha sido desarrollado con detalle. Una aproximación a este tipo de estudios se realizó con los babuinos de Amboseli (Galbany et al. 2011), donde el desgaste dental se predijo en

función del consumo de rizomas y sus características físicas y mecánicas en relación a abrasivos extrínsecos. Otros análisis (Ungar et al. 1995) realizados en Ketambe (Indonesia) y en Hacienda La Pacífica (Costa Rica), demostraron que las concentraciones de partículas de polvo (ceniza volcánica) se encuentran en hábitats diversos, incluidos los bosques, sin mostrar diferencias en altura.

Con el fin de determinar si es el entorno o la ecología trófica lo que determina la variabilidad en el desgaste dental, el presente trabajo examina la relación entre desgaste dental y edad en dos especies de papioninos africanos: mandriles de bosque (*Mandrillus sphinx*) y babuinos amarillos de sabana (*Papio cynocephalus*). Ambas especies son semiterrestres y similares en cuanto a sus características craneo dentales, incluyendo el grosor del esmalte (Kay 1981). Sin embargo, los mandriles comen alimentos protegidos por cáscaras que encuentran en el suelo (Lahm 1986), mientras que los babuinos comen muchos geófitos con abrasivos extrínsecos (Galbany et al. 2011; Scott et al. 2012). Junto a estos análisis, se analiza la composición del suelo de los dos hábitats con el objetivo de determinar la concentración de minerales abrasivos, especialmente cuarzo, y su relación con el desgaste entre especies.

MATERIAL Y MÉTODOS

Poblaciones de estudio

El presente estudio se ha realizado con dos especies de papioninos africanos, concretamente con mandriles y babuinos amarillos.

La población estudiada de mandriles (*Mandrillus sphinx*) habita en el «Parc de la Lékédi», que está localizado a 7 km al noreste de Bakoumba, en Haut-Ogooué (Gabón). El parque está compuesto por tres áreas acotadas de 650, 1750 y 11600 ha, que se encuentran emplazadas en bosque primario y secundario de marantáceas en mosaico con sabanas húmedas abiertas. Las precipitaciones anuales son de 1474 mm y la estación seca abarca de junio a septiembre (White et al. 2010). Aunque esta población se encontraba en sus inicios constituida por 65 individuos de ambos sexos y diferentes edades que permanecían cautivos en el CIRMF (*Centre International de Recherches Médicales de Franceville*) en Gabón, en los años 2002 y 2006 estos animales fueron puestos en libertad (ver Peignot et al. 2008) y, en el momento de este estudio (a lo largo del 2013), la población de mandriles está formada por unos 100 individuos, de los cuales aproximadamente dos terceras partes de ellos han nacido en libertad. Dado que estos animales forman parte también de estudios longitudinales (ver <http://www.cefe.cnrs.fr/mandrillus/presentation>), la población está habituada a la presencia humana. Todos los individuos se encuentran identificados y cuatro hembras adultas llevan puestos collares radiotransmisores (informa-

ción más detallada en Peignot et al. 2008) que facilitan su seguimiento. En el presente estudio se capturó una muestra compuesta por 37 mandriles de ambos sexos y con edades comprendidas entre 3 y 19,56 años, de los cuales 14 habían nacido en cautividad por lo que se conocían la edad exacta del individuo en el momento de la captura así como los años que el animal tenía cuando fue liberado. La edad de los 23 mandriles restantes, nacidos en libertad, se estableció mediante patrones de erupción dental (Setchell Wickings 2004) en los individuos infantiles y juveniles y, en los individuos adultos, se estimó a través de aspectos físicos como la condición del cuerpo, la piel y el pelaje. Además, la dieta de esta población también es conocida y responde a un consumo de hojas, tallos y cortezas, aunque el 75% de su dieta son semillas y frutas con exocarpos duros (White et al. 2010).

La población de babuinos amarillos (*Papio cynocephalus*) estudiada habita en Amboseli (Kenia) al noroeste del Monte Kilimanjaro. Esta zona de sabana semiárida es uno de los hábitats más secos de los babuinos, con unas precipitaciones anuales de tan solo 348 mm y una estación seca que abarca desde junio hasta octubre, en la que se reduce notablemente la cantidad de fruta y plantas herbáceas. Del mismo modo que sucede con los mandriles de Lékédi, los babuinos de Amboseli forman parte de estudios longitudinales, desde hace casi cuatro décadas (Alberts Altmann 2012; ver <http://amboselibaboons.nd.edu>). Los individuos están habitados a la observación y seguimiento por parte de los humanos, lo que ha permitido también su identificación. La muestra analizada en Galbany et al. (2011) está compuesta por 95 babuinos (54 hembras y 41 machos) de edades comprendidas entre 4,51 y 26,35 años, que se capturaron entre 2006 y 2008. Si bien en el caso de las hembras y algunos machos la edad se conoce con un margen de error de días, la de aquellos machos que inmigraron al grupo en etapa adulta tuvo que estimarse por patrones de crecimiento, maduración y cambios en las características físicas (Alberts et al. 2006), de forma similar a la que se siguió con los mandriles. En cuanto a su dieta, se sabe que está formada por plantas herbáceas, gramíneas, frutas y geófitos, constituyendo estos últimos hasta el 60% de la dieta durante la estación seca (Alberts et al. 2005).

Obtención de moldes dentales

Tanto en Amboseli como en Lékédi, los animales fueron sedados con dardos anestésicos propulsados por cerbatana (en el caso de los mandriles se usó una combinación de 400 mg de ketamina por 500 mg de xilacina, mientras que los babuinos fueron anestesiados con Telazol®) e inmovilizados durante aproximadamente media hora. Los mandriles fueron posteriormente despertados con atipamezol (Antisedan ND, 0,5 mg/ml), mientras que los babuinos se despertaron de forma natural. Después de obtener diferentes datos morfológicos y fisiológicos de cada individuo, se lavó la superficie de los dientes (de la maxila y mandíbula) con agua

presurizada, se frotó ligeramente con un cepillo para eliminar restos de comida y, tras el secado de la zona con una bomba de aire, se aplicó el material de impresión dental *Coltène® Speedex putty* directamente sobre las hemimandíbulas y hemimaxilas izquierdas. Cuando este material se secó se retiraron los moldes y se enviaron a la Universitat de Barcelona, donde se obtuvieron réplicas de alta resolución con poliuretano (Galbany et al. 2004, 2006).

Análisis del desgaste

Se tomaron fotografías digitales de la superficie oclusal de las réplicas y se analizaron con el programa ImageJ (Abramoff et al. 2004) para obtener el porcentaje de exposición de dentina (PED) de cada molar (M1 y M2) superior e inferior, a partir de la suma de las áreas de dentina expuesta con respecto al área de la corona (Galbany et al. 2011) (Figura 1). Los datos obtenidos corresponden al promedio por tipo de diente superior e inferior. En el caso de la ausencia o mal estado de un diente, el análisis se realizó a partir del diente disponible.

Análisis de los datos

La relación entre PDE y edad del individuo a nivel intraespecífico se realizó a partir de regresiones lineales y cuadráticas. Asimismo, se realizaron análisis multivariantes de la varianza (MANOVA) para detectar cambios en PDE en relación a la edad para cada molar en ambas especies. Finalmente, se realizaron pruebas independientes para analizar las diferencias entre sexos y orígenes (salvaje o cautivo) de los individuos, así como para hallar diferencias interespecíficas. Todos los análisis se realizaron con PAST (Hammer et al. 2001) y SMATR (Standardized Major Axis Tests and Routines) (Warton et al. 2006).

Análisis de sedimentos

A partir de las muestras de sedimentos recuperadas en Amboseli (n=9) y Lékédi (n=7), fue determinada la composición mineral a través de un análisis de fases minerales por difracción de rayos X (DRX) (difractómetro de geometría Bragg-Brentano PANalytical X'Pert PRO MPD alpha1), siguiendo el estándar del Powder Diffraction File del ICDD-JCPDS (International Centre for Diffraction Data – Joint Committee of Powder Diffraction Standards). Todos los análisis se llevaron a cabo en la Unidad DRX de los Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona.

RESULTADOS

Desgaste dental

Las regresiones lineales y cuadráticas revelaron una correlación alta positiva ($p < 0,001$ en todos los casos) para ambas especies (mandriles y babuinos) y para ambos dientes (M1 y M2) entre la edad y el PED (Figura 1 y Tabla 1). Un análisis MANOVA realizado conjuntamente reveló que el PED presentaba diferencias entre los molares considerados (M1 y M2) en mandriles ($R^2 = 0,784$; Wilks' $\lambda = 0,170$; $F_{2,29} = 70.82$; $p < 0,0001$) y babuinos ($R^2 = 0,736$; Wilks' $\lambda = 0,224$; $F_{2,90} = 156,4$; $p < 0,0001$) (Tabla 2).

Además, se encontraron diferencias significativas en la homogeneidad de las pendientes entre ambas especies para el M1 (SMATR Test = 23,229; $p = 0,001$) y el M2 (SMATR Test = 8,711; $p = 0,005$) entre el PED y la edad, indicando que el desgaste dental presenta un incremento mayor con la edad en los mandriles. Por ejemplo, para la regresión lineal del M1, el PED hallado en un babuino de 10 años se corresponde con el 31% del valor obtenido por un mandril de la misma edad (6,9% vs. 22,1%). Cuando hablamos de individuos de 15 años, los babuinos obtienen un 43% (16,4% vs. 37,7%) del valor hallado en los mandriles (Figura 1).

Por último, cuando se compararon las pendientes para determinar las diferencias en desgaste dental en relación al sexo en mandriles, hembras y machos no presentaron diferencias significativas en el M1 ($p = 0,634$) ni en el M2 ($p = 0,174$). Del mismo modo, tampoco se encontraron diferencias significativas en el PDE entre los mandriles nacidos en cautividad y aquellos nacidos en libertad para los dientes M1 ($p = 0,304$) y M2 ($p = 0,053$) analizados.

Sedimentos

El análisis de sedimentos mostró diferencias en la composición mineral de los suelos de Amboseli y Lékédi. Mientras que las muestras de Amboseli estaban formadas por calcita, dolomita, ankerita, arcilla (sepiolita), fase amorfa, feldespato y cuarzo, las de Lékédi presentan caolinita, fase amorfa, gibsitita, arcilla indeterminada y cuarzo. Cuando se realizó el análisis cuantitativo para el cuarzo, el único mineral de los hallados capaz de afectar al esmalte, se halló que los sedimentos de Amboseli contenían un valor medio de $1,49\% \pm 0,89$, mientras que los sedimentos de Lékédi presentaron un $7,87\% \pm 1,69$.

Discusión

Los resultados indicaron que, como ocurre en otros primates en estado salvaje (King et al. 2005; Dennis et al. 2004) o semicautivos (Kay Cant 1988), el desgaste

dental se acentúa con la edad en mandriles y babuinos. Las diferencias encontradas en el M1 y M2, similares en ambas especies, son producto del patrón de erupción dental (el M1 erupciona antes que el M2, por lo que muestra mayor desgaste dental) (Phillips-Conroy Jolly 1988; Setchell Wickings 2004). Entre especies, no se encontraron diferencias en desgaste dental entre sexos para ninguno de los dos molares. Tampoco se encontraron diferencias entre los mandriles de origen cautivo y los que nacieron en libertad. A pesar de que más de un tercio de la muestra de mandriles está representada por animales nacidos en cautividad, sólo dos de ellos fueron liberados siendo ya adultos (a los 9,55 y 9,59 años); el resto comenzó a vivir en Lékédi cuando eran juveniles y, además, todos los individuos vivían en una instalación naturalizada muy grande durante su estancia en el CIRMF, abasteciéndose de los mismos recursos que más tarde encontraron en la naturaleza (Peignot et al. 2008).

Cuando se analizó la variabilidad interespecífica se observó cómo los mandriles presentan una mayor tasa de desgaste con respecto a los babuinos en relación a la edad, lo que sugiere la existencia de diferencias en las propiedades físicas y en las partículas abrasivas de los alimentos consumidos por cada especie. Si bien ambos primates son omnívoros eclécticos, cada especie se alimenta de unos recursos diferenciados pudiendo afectar diferencialmente al desgaste del esmalte de los molares (Lucas et al. 2008). Además, cada especie vive en un hábitat distinto y está expuesta a distintos niveles de cuarzo, mineral que actúa como agente directo en la causa del desgaste dental. Los babuinos encuentran en los geófitos gran parte de su dieta (los rizomas que desentierran componen el 30% de su dieta, aunque este porcentaje aumenta hasta el 60% durante la estación seca; Alberts et al. 2005), por lo que ingieren gran cantidad de partículas abrasivas extrínsecas. Los mandriles, por su parte, se alimentan de una gran proporción (el 75% de la dieta anual; White et al. 2010) de frutos con cáscaras muy duras y semillas que encuentran en el suelo y que están, por tanto, cubiertas de sedimentos. Dado que la presencia de cuarzo en Lékédi es más de 5 veces superior que la de Amboseli, puede decirse que la dieta de los mandriles no sólo es más dura que la de los babuinos, sino que también es más abrasiva.

Asimismo, anatómicamente existen diferencias y similitudes entre ambas especies que afectan a la tasa de desgaste dental. Los mandriles presentan premolares extendidos (Fleagle McGraw 2002), arcadas dentales estrechas y paladares largos que, conjuntamente, proporcionan una gran fuerza aductora (Daegling McGraw 2007). Sin embargo, aunque deberían estar adaptados a procesar ítems grandes y con cubiertas duras (radio de 2 a 20 mm) como los que consumen (Rogers et al. 1996), la fuerza que estos alimentos requieren para ser partidos es mayor que 1kN. Esta fuerza que el animal aplica hace también que su esmalte se fracture en un mayor grado a escala microscópica en su interacción con partículas de cuarzo. En este sentido, a pesar de que podría esperarse que esta especie tuviera

ra un esmalte grueso, los mandriles presentan un esmalte de grosor similar al de los babuinos (Kay 1981). Por tanto, aunque las características del esmalte en primates se vinculen a la adaptación a tipos de dieta diferenciados en sus características de abrasividad y dureza (Lucas et al. 2013; Ungar et al. 1995), nuestros resultados demuestran que es posible encontrar variaciones ecológicas que afectan al desgaste dental.

La tasa de desgaste diferenciada que presentan los babuinos puede deberse al cuarzo extrínseco de los sedimentos y a la presencia de fitolitos en las plantas de las que estos animales se alimentan (Galbany et al. 2011). Estos dos factores, que se presentan en proporción más baja, unidos a que los babuinos se alimentan de ítems más blandos y pequeños (radio de 5 a 50 μm), implican que el desgaste dental se da más lentamente (Lucas et al. 2008) ya que estos abrasivos causan daños en el esmalte que se van acumulando a un ritmo menor que el efecto de fractura documentado en mandriles. Sin embargo, a pesar de que los mandriles presentan mayores tasas de desgaste con la edad con respecto a los babuinos, sus dientes se mantienen funcionales (Luke Lucas 1983) y no parece que el PDE impacte negativamente en su fitness en comparación con los babuinos. Algunos estudios indican que los dientes más planos son más eficientes al distribuir uniformemente la fuerza en el procesamiento del alimento (Kay 1981; Ungar 2005); otros, sin embargo, (Berthume et al. 2010) aluden a una eficiencia menor.

Los resultados del presente estudio permiten, no obstante, apoyar la hipótesis vinculada a que los dientes de primates se desgastan de tal manera que se mantienen mecánicamente eficientes para procesar alimentos específicos. Aunque unas tasas elevadas de desgaste dental no tienen por qué ser adaptativas *per se*, especialmente en los animales más jóvenes, es una respuesta al ambiente que parece permitir, por ejemplo en el caso de los mandriles, llegar a la etapa adulta.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la colaboración y apoyo en el desarrollo de esta investigación a Romain Cassaigne, Benoit Quintard, Sylvère Mboumba, Susan C. Alberts, Jeanne Altmann, Raphael Mututua, Serah Sayialel, Kinyua Warutere, Jenny Tung, Mercy Akinyi, Lacey Maryott, Katherine Fenn, Patrick O. Onyango, Xavier Alcobé y Núria Garriga.

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos CGL2011-22999 (MEC), Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, KA 1082-20-1), Station d'Etudes en Ecologie Globale (INEE-CNRS), US National Science Foundation (BCS-0323553 y BCS-0323596) y Princeton University Center for Health and Wellbeing (P30 AG024361).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramoff, M.D., Magelhaes, P.J., Ram, S.J. (2004) Image Processing with Image J. *Bio-photon Int* 11: 36-42.
- Alberts, S.C., Hollister-Smith, J., Mututua R.S., Sayialel, S.N., Muruthi, P.M., Warutere, J.K., Altmann, J. (2005) Seasonality and long-term change in a savannah environment. En: D.K. Brockman C.P. Van Schaik (Ed). *Seasonality in primates: studies of living and extinct human and non-human primates: 157-196*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Alberts, S.C., Buchan, J.C., Altmann, J. (2006) Sexual selection in wild baboons: from mating opportunities to paternity success. *Anim Behav* 72: 1177-1196.
- Alberts, S.C., Altmann, J. (2012) The Amboseli Baboon Research Project: 40 Years of continuity and change. En P.M. Kappeler D.P. Watts (Ed.) *Long-term field studies of primates: 261-287*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Berthume, M., Grosse, I.R., Patel, N.D., Strait, D.S., Wood, S., Richmond, B.G. (2010) The effect of early hominin occlusal morphology on the fracturing of hard food items. *Anat Rec* 293: 594-606.
- Bunn, J.M., Ungar, P.S. (2009) Dental topography and diets of four old world monkey species. *Am J Primatol* 71: 466-477.
- Cuozzo, F.P., Sauther, M.L. (2012) What is dental ecology? *Am J Phys Anthropol* 148: 163-170.
- Daegling, D.J., McGraw, W.S. (2007) Functional morphology of the mangabey mandibular corpus: relationship to dental specializations and feeding behavior. *Am J Phys Anthropol* 134: 50-62.
- Dennis, J.C., Ungar, P.S., Teaford, M.F., Glander, K.E. (2004) Dental topography and molar wear in *Alouatta palliata* from Costa Rica. *Am J Phys Anthropol* 125: 152-161.
- Fleagle, J.G., McGraw, W.S. (2002) Skeletal and dental morphology of African papionins: unmasking a cryptic clade. *J Hum Evol* 42: 267-292.
- Galbany, J., Martínez, L.M., Pérez-Pérez, A. (2004) Tooth replication techniques. SEM imaging and microwear analysis in primates: methodological obstacles. *Anthropologie* 42: 5-12.
- Galbany J., Estebanz, F., Martínez, L.M., Romero, A., De Juan Turbón, D., Pérez-Pérez, A. (2006) Comparative analysis of dental enamel polyvinylsiloxane impression and polyurethane casting methods for SEM research. *Microsc Res Tech* 69: 246-252.
- Galbany, J., Altmann, J., Pérez-Pérez, A., Alberts, S.C. (2011) Age and individual foraging behavior predict tooth wear in Amboseli baboons. *Am J Phys Anthropol* 144: 51-59.
- Glowacka, H., Catlett, K.K., Schwartz, G.T., Mudakikwa, A., Bromage, T.G., Cranfield, M.R., Fawcett, K.A., McFarlin, S.C. (2013). Abstract: Molar wear in a wild population

- of known-age mountain gorillas from Volcanoes National Park, Rwanda. *Am J of Phys Anthropol* 55: 131.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron* 4: 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Kay, R.F. (1981) *The nut-crackers: A new theory of the adaptations of the Ramapithecinae*. *Am J Phys Anthropol* 55: 141-151.
- Kay, R.F., Cant J.G.H. (1988) Age assessment using cementum annulus counts and tooth wear in a free-ranging population of *Macaca mulatta*. *Am J Primatol* 15: 1-15.
- King, S.J., Arrigo-Nelson, S.J., Pochron, S.T., Semperebon, G.M., Godfrey, L.R., Wright, P.C., Jernvall, J. (2005) Dental senescence in a long-lived primate links infant survival to rainfall. *Proc Natl Acad Sci U S A* 102: 16579-16583.
- Klukkert, Z.S., Teaford, M.F., Ungar, P.S. (2012) A dental topographic analysis of chimpanzees. *Am J Phys Anthropol* 148: 276-284.
- Lahm, S.A. (1986) Diet and habitat preferences of *Mandrillus sphinx* in Gabon: implications of foraging strategy. *Am J Primatol* 11: 9-26.
- Logan, M., Sanson, G.D. (2002) The effect of tooth wear on the feeding behaviour of free-ranging koalas (*Phascolarctos cinereus* Goldfuss). *Journal of Zoology (Lond)* 256: 63-69.
- Lucas, P.W. (2004) *Dental functional morphology: How teeth work*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lucas, P., Constantino, P., Wood, B., Lawn, B. (2008) Dental enamel as a dietary indicator in mammals. *BioEssays* 30: 374-385.
- Lucas, P.W., Omar, R., Al-Fadhlah, K., Almusallam, A.S., Henry, A.G., Michael, S., Thai, L.A., Watzke, J., Strait, D.S., Atkins, A.G. (2013) Mechanisms and causes of wear in tooth enamel: implications for hominin diets. *J R Soc Interface* 10: 20120923.
- Peignot, P., Charpentier, M.J.E, Bout, N., Bourry, O., Massima, U., Dosimont, O., Terramorsi, R., Wickings E.J. (2008) Learning from the first release project of captive-bred mandrills *Mandrillus sphinx* in Gabon. *Oryx* 42: 122-131.
- Phillips-Conroy, J.E., Jolly, C.J. (1988) Dental eruption schedules of wild and captive baboons. *Am J Primatol* 15: 17-29.
- Rogers, M.E., Abernethy, K.A., Fontaine, B., Wickings, E.J., White, L.J.T. (1996) Ten days in the life of a mandrill horde in the Lopé Reserve, Gabon. *Am J Primatol* 40: 297-313.
- Sanson, G.D., Kerr, S.A., Gross, K.A. (2007) Do silica phytoliths really wear mammalian teeth? *J Archaeol Sci* 34: 526-531.

- Scott, R.S., Teaford, M.F., Ungar, P.S. (2012) Dental microwear texture and anthropoid diets. *Am J Phys Anthropol* 147: 551-579.
- Setchell, J.M., Wickings, E.J. (2004) Sequences and timing of dental eruption in semi-free-ranging mandrills (*Mandrillus sphinx*). *Folia Primatol* 75: 121-132.
- Ungar, P.S., Teaford, M.F., Glander, K.E., Pastor, R.F. (1995) Dust accumulation in the canopy: A potential cause of dental microwear in primates. *Am J Phys Anthropol* 97: 93-99.
- Veiberg, V., Mysterud, A., Gaillard, J.M., Delorme, D., Van Laere, G., Klein, F. (2007) Bigger teeth for longer life? Longevity and molar height in two roe deer populations. *Biol Lett* 3: 268-270.
- Warton, D.I., Wright, J.J., Falster, D.S., Westoby, M. (2006) Bivariate line-fitting methods for allometry. *Biol Rev* 81: 259-291.
- White, E.C., Dikangadissi, J.T., Dimoto, E., Karesh, W.B., Kock, M.D., Abiaga, N.O., Starkey, R., Ukizintambara, T., White, L.J.T., Abemethy, K.A. (2010) Home-range use by a large horde of wild *Mandrillus sphinx*. *Int J Primatol* 31: 627-6.

Tabla 1
Regresiones cuadráticas (C) y lineales (L) entre PED y edad para M1 y M2

	Diente	n	R ²	F	p	Ecuación	
Mandriles	C	M1	37	0,849	95,703	<0,001	PED = -0,069*edad ² +4,521*edad-14,675
		M2	32	0,742	41,803	<0,001	PED = 0,032*edad ² +1,376*edad-6,902
	L	M1	37	0,839	182,004	<0,001	PED = 3,125*edad-9,189
		M2	32	0,738	84,482	<0,001	PED = 2,061*edad-9,941
Babuinos	C	M1	94	0,856	269,770	<0,001	PED = 0,123*edad ² -1,554*edad+8,557
		M2	94	0,769	151,093	<0,001	PED = 0,072*edad ² -0,591*edad+1,940
	L	M1	94	0,756	284,614	<0,001	PED = 1,904*edad-12,182
		M2	94	0,713	228,282	<0,001	PED = 1,446*edad-10,299

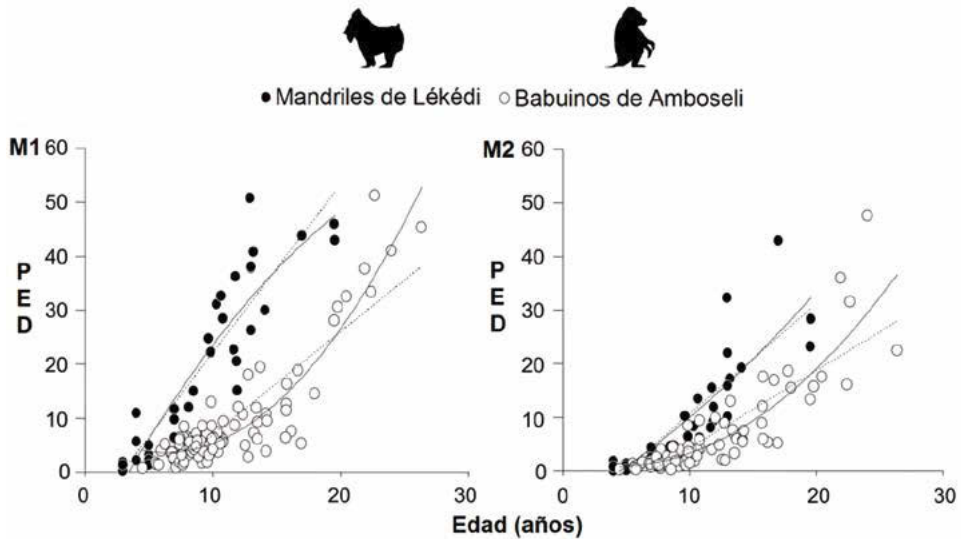
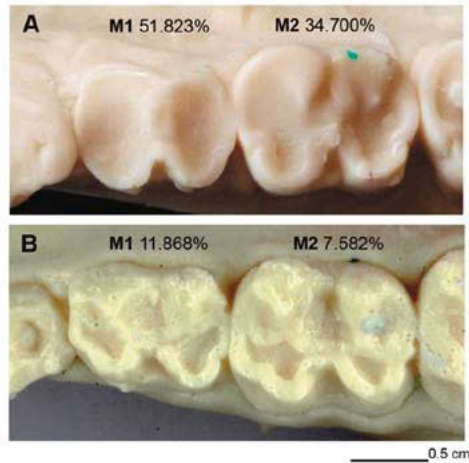
Tabla 2
Regresiones multivariantes para el PED en relación a la edad en mandriles y babuinos

Mandriles	Variable	Pendiente	Error	Intercepción	Error	R ²	P
	PDE M1	3,1553	0,28368	-9,5519	3,0259	0,805	<0,0001
	PDE M2	2,0606	0,22419	-9,941	2,3913	0,738	<0,0001
MANOVA	R²	MSE	Wilks' λ	df1	df2	F	P
	0,784	39,57	0,170	2	29	70,82	<0,0001
Babuinos	Variable	Pendiente	Error	Intercepción	Error	R ²	P
	PDE M1	1,9027	0,11392	-12,161	1,3573	0,754	<0,0001
	PDE M2	1,4348	0,097081	-10,206	1,1567	0,706	<0,0001
MANOVA	R²	MSE	Wilks' λ	df1	df2	F	P
	0,736	20,94	0,224	2	90	156,4	<0,0001

Figura 1

Arriba: Imagen de la superficie oclusal de molares inferiores, donde se muestra el PED de un mandril macho de 11 años (A) y un babuino macho de 12 años (B).

Abajo: Regresiones lineales y cuadráticas para PED y edad en babuinos y mandriles en M1 y M2.



**APORTACIONES DE LA PRIMATOLOGÍA
A LA ANTROPOLOGÍA FÍSICA**

**PRIMATOLOGY CONTRIBUTIONS
TO PHYSICAL ANTHROPOLOGY**

Galbany, J.^{1,2}

¹Center for the Advanced Study of Hominid Paleobiology. Department of Anthropology,
The George Washington University, 2114 G St., NW, Washington, DC 20052. USA

²Unitat d'Antropologia. Departament de Biologia Animal, Universitat de Barcelona. Av.
Diagonal, 643. 08028 Barcelona

Correspondencia:

Dr. Jordi Galbany

Center for the Advanced Study of Hominid Paleobiology
Department of Anthropology
The George Washington University
2110 G St., NW, Washington, DC 20052. USA.
jordigalbany@gmail.com

Resumen

Los inicios de la primatología, en el siglo XIX, se centraron en la recolección de especímenes para estudios de anatomía comparada y taxonomía. No fue hasta a principios del siglo XX cuando algunos naturalistas pioneros en Europa y los Estados Unidos empezaron a estudiar el comportamiento de diversos animales, incluyendo primates, y construyeron las bases de los estudios científicos conductuales en los años 30. Los primeros estudios realizados en primates estuvieron básicamente motivados por la obtención de modelos conductuales comparativos para informar sobre el proceso adaptativo y evolutivo humano. Posteriormente surgió el interés sobre la dinámica social de los primates, así como sus adaptaciones ecológicas. Ya en los años 60 empezaron los estudios a largo plazo motivados por cuestiones científicas más específicas, incluyendo aspectos de conservación a partir de los años 80. Actualmente la primatología de campo sigue siendo necesaria para obtener una medición realista de las estrategias conductuales y los eventos de su historia natural, que ocurren en un contexto ecológico en el cual una especie está adaptada y ha evolucionado. El estudio de los primates, incluyendo su morfología y anatomo-

mía, genética, comportamiento y estructura social, habilidades cognitivas, uso de herramientas o transmisión cultural, ha permitido aportar conocimiento sobre la biología de nuestra especie, así como de nuestro proceso evolutivo. Siendo particularmente importantes los estudios de primates Hominoideos africanos, dada su cercana relación filogenética con nuestra especie, así como su adaptabilidad a entornos ecológicos similares a los que habitaron los primeros homínidos.

Palabras clave: Primatología, Antropología Física, adaptación, morfología, comportamiento.

Abstract

The beginnings of primatology, in the nineteenth century, were focused on the collection of specimens for comparative anatomy and taxonomic studies. It was not until the early twentieth century when some pioneer naturalists in Europe and the United States began to study the behavior of several species, including primates, building the basis of behavioral scientific studies in the 30s. Early studies with primates were basically motivated to the obtaining comparative behavioral models to report on the human evolutionary adaptive process. Some year after came the interest on primate social dynamics and their ecological adaptations. In the 60s started the long-term studies motivated by more specific scientific issues, and also including conservation issues from the 80s. Field primatology is still necessary in order to obtain a realistic measure of behavioral strategies and natural history events that occur in an ecological context in which a species has evolved and is adapted. The study of primates, including their morphology, anatomy, genetics, behavior and social structure, cognitive abilities, tool use or cultural transmission, contributes to the knowledge of our species biology, as well as our evolutionary process. For this purpose, African hominoid primate studies are particularly important given its close phylogenetic relationship to our specie, as well as ecological adaptability to environments similar to those that inhabited early hominins.

Keywords: Primatology, Physical Anthropology, adaptation, morphology, behavior.

INICIOS Y EVOLUCIÓN DE LA PRIMATOLOGÍA

La fascinación que sentimos los humanos por el resto de primates se remonta a tiempos antiguos. Son numerosas las civilizaciones y sociedades que han mostrado interés por los primates, incluso en aquellos lugares donde eran especies exóticas. Los miembros de la alta sociedad Romana, por ejemplo, tenían primates como mascotas, especialmente macacos, pero también otros cercopitécidos (Olesti et al. 2013). Los inicios de la Primatología moderna, sin embargo, se remontan a finales del siglo XIX, cuando se realizaron observaciones accidentales por parte de aventureros, cazadores, exploradores o misioneros occidentales, algunos de ellos con

una gran vocación naturalista. A principios del siglo XX se extendió el trabajo de campo, aunque su interés no se centraba en el estudio de la conducta de los primates, ni de ningún otro animal, sino que consistía en la recolección de especímenes para estudios de anatomía comparada, así como abastecer a los museos de historia natural de diferentes especies. El equipo básico de estos naturalistas estaba formado por escopetas, conservantes y porteadores, siendo la tarea habitual la caza de especímenes para el estudio tanto de sus caracteres fisiológicos como anatómicos. A partir de los años 20 comenzó a existir un cambio de interés, así como de metodología y equipo básico: ahora los naturalistas utilizarían más el lápiz, la libreta de campo y la brújula. Algunos naturalistas pioneros de Europa central y Reino Unido empezaron a estudiar el comportamiento de los pájaros, junto con etólogos como Konrad Lorenz y Niko Tinbergen, que construyen las bases de los estudios científicos conductuales en los años 30, mediante una combinación de observaciones y experimentación. Paralelamente en los Estados Unidos, Robert Yerkes motivó a sus estudiantes para que realizaran los primeros estudios conductuales en primates en libertad (Kappeler et al. 2012). Entre ellos, Henry Nissen en 1929 realizó el primer estudio sistemático sobre alimentación y conducta social en chimpancés durante 9 semanas en la Guinea Francesa (Nissen 1931). Había empezado el primer paradigma de los estudios conductuales en primates en libertad.

Posteriormente, se estableció la tradición de trabajo de campo cuando Kinji Imanishi y dos de sus estudiantes, Jun'ichiro Itani y Shunzo Kawamura, fueron a la isla de Koshima en 1948 para estudiar macacos japoneses (*Macaca fuscata*). Se inauguraba así el «Proyecto Imanishi», basado en observaciones continuadas e individuos reconocidos individualmente por primera vez. Con este proyecto se establecía un nuevo estilo de estudiar primates en libertad mediante la habituación de los sujetos, la identificación individual y sus observaciones a largo término; siendo estas las bases de los estándar metodológicos de la primatología de campo actual. En este contexto de investigación, durante 7 años, aplicaron la misma metodología a otras 19 poblaciones de macacos japoneses; algunas de ellas se siguen estudiando hoy en día. Una década después del inicio del proyecto, en 1958, Imanishi e Itani realizaron una expedición a África central, facilitando el trabajo a otro equipo que posteriormente empezó a estudiar los chimpancés de Mahale y bonobos en la R.D.Congo (Nishida 1968, Matsuzawa McGrew 2008).

En los años 50 empezaron muchos otros estudios de primatología de campo, algunos de ellos siguen hasta la actualidad. Principalmente se llevaron a cabo por parte de investigadores de los Estados Unidos con formación antropológica, pero también zoólogos y etólogos europeos. En este nuevo periodo, la metodología empleada ya era más sistemática, se estudiaban grupos sociales más reducidos que permitía una mejor identificación de individuos y conocimiento de las dinámicas sociales. Sherwood Washburn y su estudiante Irven DeVore a finales de los 50,

empezaron a investigar babuinos en Amboseli (Kenya) y otros sitios del África oriental. Otro estudiante de Washburn, Phyllis Jay, inició estudios de langures (*Semnopithecus entellus*) en India y Charles Southwick, macacos (*Macaca mulatta*) también en India. George Schaller entre 1959-60, fue el primer investigador en realizar un estudio detallado de los gorilas de montaña (*Gorilla beringei beringei*) en las montañas Virunga, que fue la base de su tesis doctoral. Entre los científicos europeos, Kurt estudió babuinos (*Papio hamadryas*) en 1963, en Etiopía; Kortlandt chimpanzés del Congo en 1962; y Petter, ese mismo año, lémures en Madagascar (Kappeler et al. 2012).

En 1960, Jane Goodall gracias a una mejor tecnología y accesibilidad, inció su estudio de chimpanzés en *Gombe Stream Game Reserve* (Goodall 1963), y Stuart Altmann, su estudio sistemático pionero en grupos grandes de macacos en Cayo Santiago (Puerto Rico), mediante el reconocimiento individual con marcas (Altmann 1962). Fue en la década de los años 60 cuando empezaron un gran número de proyectos que han contribuido al conocimiento de la historia natural de los primates en libertad, ejecutados entre otros por Dian Fossey, Jordi Sabater Pi, Biruté Galdikas o Jeanne Altmann. Muchos de estos proyectos cotinúan en la actualidad, pasando por las preocupaciones conservacionistas a partir de los años 80 (Rodman 1999, Alberts Altmann 2012, Kappeler et al. 2012).

Finalmente, desde la década de los años 90 hasta la actualidad, existe una mejor tecnología y una capacidad de recogida de datos más sofisticados, como por ejemplo el radio-seguimiento, collares GPS, técnicas fotográficas o grabaciones de sonido. Además se ha ido intensificando la obtención de muestras para análisis genéticos posteriores, hormonas, tejidos, parásitos, o registros como la biometría *in vivo*, ecografías o moldes dentales. El conjunto de todas estas técnicas permiten el planteamiento de nuevas cuestiones, sobre las cuales los investigadores solamente podían especular 20 años atrás. De este modo, se abren un sinfín de nuevas posibilidades para el mejor conocimiento de la historia natural de las poblaciones de primates, si bien es cierto que desafortunadamente el estado de conservación y distribución de la especie no es el óptimo, ya que se han visto afectados por la destrucción acelerada de sus hábitats (Robbins 2010, Setchell Curtis 2011).

PRIMATOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA

Los primeros estudios modernos en primatología estaban básicamente contruidos como modelo conductual comparativo para infomar sobre el proceso evolutivo y adaptativo humano. Más adelante surgió también el interés sobre la dinámica social y las adaptaciones ecológicas en primates en libertad *per se*, estudio de la variabilidad adaptativa de los primates, su historia natural e incluso el *fitness*. Como se ha comentado, hoy en día existen numerosos estudios de campo que lle-

van activos décadas, inicialmente motivados por cuestiones científicas específicas y que se mantienen por intereses conservacionistas. De este modo, la primatología de campo permite reconocer los principios generales válidos para diversas especies, incluida la nuestra, aportando una visión más amplia y considerando múltiples aspectos. Por ejemplo, este tipo de estudios se han vuelto indispensables para comprender la biología evolutiva humana, ya que es la única manera de identificar los agentes selectivos que mantienen determinados rasgos en libertad. Permite además obtener una medición realista de las estrategias conductuales y los eventos de la historia natural que ocurren en un contexto ecológico determinado, en el cual están adaptados y han evolucionado los primates (Martin 2002).

Desde los inicios de esta disciplina, el número de tesis doctorales sobre primatología presentadas en los departamentos de antropología de la universidades de los Estados Unidos no han hecho más que aumentar (Gilmore 1981) (Figura 1). Respecto a la publicación y difusión de los resultados obtenidos, actualmente existen numerosos congresos nacionales e internacionales de primatología, así como revistas internacionales de impacto en primatología (p.e. *American Journal of Primatology*, *International Journal of Primatology*, *Primates* o *Folia Primatologica*), que publican artículos de numerosos aspectos, incluyendo cuestiones aplicables a la Antropología Física. Además, cada vez son más las publicaciones internacionales en Antropología, tanto física como evolutiva, que incluyen artículos sobre estudios en primates. Entre ellas cabe destacar *Evolutionary Anthropology* y *American Journal of Physical Anthropology* (Figura 2). En el marco de la Antropología Física española, la investigación en Primatología todavía está lejos de estas cifras. Si se consideran los trabajos publicados en las Actas de los congresos de la Sociedad Española de Antropología Física (<http://www.seaf.net>) (intervalo 1978 a 2005, n=1185), solamente se publicaron 7 de ellos relacionados con la primatología, representando un 0,6% del total (Vizcaíno et al. 2009). Adicionalmente, se debe destacar la existencia de la Asociación Primatológica Española (<http://www.uam.es/otros/ape>) desde 1993, que agrupa a aquellas personas interesadas en el estudio de los primates en cualquier sentido, y cuyos miembros organizan congresos ibéricos de primatología junto a la Associação Portuguesa de Primatologia (<http://apprimatologia.com>).

ESTUDIOS ACTUALES EN PRIMATOLOGÍA: DE LA ANÉCDOTA A LA VISIÓN INTEGRAL

Actualmente los estudios en primatología se realizan a muchísimos niveles, incluyendo taxonomía y filogenia, anatomía y adaptaciones morfológicas, comportamiento, ecología alimentaria y estrategias de búsqueda de recursos, relaciones grupales y evolución de los sistemas sociales, selección de parentesco y selección

sexual, locomoción, cerebro y lenguaje o genética. Además, son muchas las especies estudiadas, y muy variados los ecosistemas que estas ocupan, lo que ofrece una gran diversidad de resultados. A modo de ejemplos, a continuación se muestran algunos de ellos.

Un trabajo sobre los chimpancés de sabana (*Pan troglodytes verus*) de Fongoli en Senegal (Pruetz 2007) mostró como diversos individuos de esta población utilizaban cuevas como refugio. En primer lugar se pudo detectar esta conducta por pruebas indirectas, como restos de alimentación, heces y pelos obtenidos en el interior de una cueva, para luego comprobarlo con registros observacionales. Este nuevo comportamiento representa una novedad en el repertorio conductual de los chimpancés, y más allá de darle finalmente sentido a su nombre científico, representaría una evidencia de la adaptación a hábitats muy calurosos y con irradiación extrema. Se probó mediante la recopilación de datos sobre las temperaturas en el interior de las cuevas, y en diferentes hábitats usados por los chimpancés, como bosques y bosques de galería, que los chimpancés utilizan principalmente las cuevas como refugios durante las horas más calurosas, y que su interior es consistentemente y significativamente más fresco que los hábitats abiertos (Pruetz 2007). Es interesante destacar que esta misma población de chimpancés ha sido la primera sobre la que se ha descrito un comportamiento de caza mediante el uso de herramientas (Pruetz Bertolani 2007). Concretamente se observó numerosas veces como algunos individuos jóvenes y hembras utilizaban una rama, transformada en herramienta en forma de lanza, para cazar gálagos en el interior de las oquedades de los árboles, durante el día y mientras estos primates duermen. Esta nueva información tiene importantes implicaciones en el concepto de construcción y uso de herramientas de caza de los primeros homínidos, especialmente teniendo en cuenta que esta conducta es realizada principalmente por hembras e individuos inmaduros, pero en pocas ocasiones por machos adultos (Pruetz Bertolani 2007). Estos estudios, aunque a primera vista parezcan anecdóticos, en realidad aportan información muy valiosa al cuerpo de conocimiento existente, en ocasiones dogmático, y demuestran como distintas necesidades biológicas en una misma especie se resuelven con adaptaciones culturales diferentes. Así, el mejor conocimiento de la variabilidad del repertorio conductual de los chimpancés, en relación a su entorno ecológico, nos aporta una visión más amplia de la posible conducta de nuestros antepasados. Es gracias a la suma de muchos de estos registros a lo largo del tiempo y la geografía africana, que podemos finalmente crear un modelo conductual adaptativo de nuestros antepasados basado, en este caso, en los chimpancés (Stanford 2012).

El estudio de las adaptaciones alimentarias y la morfología dental de los primates también representa un buen ejemplo de investigación que puede aportar información muy valiosa al mejor conocimiento de nuestra especie y nuestros antepasados. Los estudios de los dientes han sido utilizados como indicador de la ecología de los primates, centrados en los vínculos entre la morfología dental, la dieta y el

comportamiento desde hace mucho tiempo, y han ido incorporando nuevos aspectos como el desgaste y microdesgaste dental, su microestructura, desarrollo, e incluso biogeoquímica. Estos estudios son un marco interpretativo que utiliza los dientes como un vehículo para la comprensión de la ecología de una población, y solo son posibles mediante la integración de varias disciplinas y conocimientos, incluyendo la morfología dental, ecología y comportamiento. Esta nueva disciplina denominada «ecología dental» estudia la interacción entre dientes, entorno y conducta, y es de gran importancia porque puede tener implicaciones sobre la historia natural o el fitness de los individuos (Cuzzo Sauther 2012). Un buen ejemplo es el estudio de los lémures de cola anillada (*Lemur catta*) de la reserva de Beza Mahafaly en Madagascar, que revelaron un patrón de desgaste dental inusualmente elevado, así como una gran frecuencia de pérdidas dentales como resultado de consumir un alimento concreto, frutos de tamarindo, y para los cuáles estos primates no están dentalmente adaptados (Cuzzo Sauther 2006).

Otro ejemplo de estudios de ecología dental en primates lo brindan los babuinos de Amboseli, que determinaron como cambia la morfología de los dientes con la edad en una población bien conocida, y al mismo tiempo permitió analizar las variables ecológicas y sociobiológicas que explican el patrón de desgaste dental. La población de estudio, los babuinos de Amboseli (Kenya), se viene estudiando desde 1971 por el *Amboseli Baboon Research Project* (<http://amboselibaboons.nd.edu/>), y dispone de información acerca de la demografía, ecología, comportamiento y fisiología de los individuos registrados (Altmann Alberts 2003, Alberts et al. 2005, Alberts Altmann 2012). A partir de animales inmovilizados se han obtenido en diferentes campañas moldes dentales (Figura 3), a partir de los cuáles se realizaron réplicas dentales en resina. El estudio del desgaste dental de estas réplicas demuestra como existe una reducción en el diámetro mesiodistal de los premolares y molares (especialmente M1) en función de la edad, directamente causada por las fuerzas compresivas laterales durante el proceso de masticación (Galbany et al. 2010). Además de este desgaste interproximal, los babuinos de Amboseli también presentan un desgaste oclusal causado por el tiempo y su uso funcional. Para determinar si había otras variables causantes de desgaste dental se realizó una regresión múltiple por pasos, en la que las variables predictivas fueron la edad, el % de tiempo dedicado a consumir rizomas subterráneos, el tiempo dedicado al cuidado y lactancia de crías dependientes y el rango de dominancia social, todas ellas variables obtenidas a lo largo de la vida de los sujetos, y susceptibles de presentar una incidencia en las tasas de desgaste dental. Éste análisis sólo se pudo realizar en hembras, pero fue definitivo para determinar que existen en efecto, otras variables ecológicas que explican las diferencias de desgaste dental entre los individuos, más allá de la edad. Concretamente, el % de tiempo que los sujetos se dedican a consumir rizomas subterráneos explica parte del desgaste dental para todos los molares. Esto implica que los sujetos de esta población, aunque

viven en el mismo hábitat, presentan diferencias en las preferencias alimentarias que tienen consecuencias en su desgaste dental (Altmann et al. 2010, Galbany et al. 2011). Para determinar si estos factores alimentarios afectan de la misma forma al desgaste dental en todas las especies y ecologías, o si bien existen diferencias, se deberían analizar nuevas especies de primates y nuevos hábitats en la medida de lo posible. En este contexto, existen ya un buen número de poblaciones de primates en libertad a las que se ha podido tener acceso a su morfología dental, y determinar las posibles causas y consecuencias del mismo. Un buen ejemplo son los mandriles del *Parc de la Lékédi*, en Gabón, cuyo análisis preliminar del desgaste dental muestra resultados interesantes en comparación con los babuinos de Amboseli (Galbany et al. 2014, Mayo-Alesón et al. presente volumen) (Ver <http://www.cefe.cnrs.fr/mandrillus/presentation> para más detalles del *Projet Mandrillus*).

Más allá de las investigaciones centradas en una temática determinada, existen verdaderos estudios integrales a largo término de poblaciones de primates en libertad durante varias décadas. Actualmente existen hasta 150 estudios a largo término (más de 10 años seguidos) en mamíferos y aves, y hasta un 30% de ellos se centran en los primates. Afortunadamente, muchos estudios con primates han llegado al punto de poder extender las observaciones individuales a lo largo de la vida de muchos sujetos de la misma población, lo que permite explorar un creciente número de cuestiones fundamentales en ecología, comportamiento y biología evolutiva. Estas investigaciones a largo término son necesarias porque muchos de los procesos ecológicos y evolutivos que afectan a las poblaciones ocurren en largos periodos de tiempo. Se calcula que se requieren observaciones continuadas durante 10 años para entender la ecología de una especie, entre 10 y 30 años para comprender su demografía, pero más de 30 años para llegar a entender las respuestas a los cambios ambientales a largo término.

Las bases de datos derivadas de todos estos estudios aportan información sobre la demografía de las poblaciones, su evolución, los factores que contribuyen a su dispersión, flujo génico, supervivencia, diferencias en el crecimiento, fecundidad o éxito reproductor y más recientemente han desempeñado un papel importante en la documentación de los efectos del cambio climático y sus consecuencias (Robbins 2010); un marco de referencia diverso para los estudios comparativos con nuestra especie y nuestro linaje evolutivo.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer la invitación de los organizadores del XVIII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Antropología Física, especialmente a la Dra. Esther Rebato, así como la inclusión de una sesión de primatología en el mismo. También agradece las correcciones del presente capítulo al Dr. Alejandro Romero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberts S.C., Altmann J. (2012) The Amboseli Baboon Research Project: 40 Years of continuity and change. En: P.M. Kappeler D.P. Watts (Eds.) Long-term field studies of primates: 261-287. Springer: Verlag Berlin Heidelberg.
- Alberts S.C., Hollister-Smith J., Mututua R.S., Sayialel S.N., Muruthi P.M., Warutere J.K., Altmann J. (2005) Seasonality and long-term change in a savannah environment. En: D.K. Brockman C.P. Van Schaik (Eds.) Seasonality in Primates: Studies of Living and Extinct Human and Non-Human Primates: 157-196. Cambridge: Cambridge University Press.
- Altmann J., Alberts S.C. (2003) Variability in reproductive success viewed from a life-history perspective in baboons. *Am J Phys Anthropol* 15: 401-409.
- Altmann J., Gesquiere L., Galbany J., Onyango P.O., Alberts S.C. (2010) The life history context of reproductive aging in a wild primate model. *Ann N Y Acad Sci* 1204: 127-138.
- Altmann S.A. (1962) A field study of the sociobiology of rhesus monkeys, *Macaca mulatta*. *Ann N Y Acad Sci* 102: 338-435.
- Clutton-Brock T. (2012) Long-term, individual-based field studies. En: P.M. Kappeler D.P. Watts (Eds.) Long-term field studies of primates: 437-449. Springer: Verlag Berlin Heidelberg.
- Cuozzo F.P., Sauther M.L. (2006) Severe wear and tooth loss in wild ring-tailed lemurs (*Lemur catta*): a function of feeding ecology, dental structure, and individual life history. *J Hum Evol* 51: 490-505.
- Cuozzo F.P., Sauther M.L. (2012) What is Dental Ecology? *Am J Phys Anthropol* 148: 163-170.
- Galbany J., Dotras L., Alberts S.C., Pérez-Pérez A. (2010) Tooth size variation related to age in Amboseli baboons. *Folia Primatol* 81: 348-359.
- Galbany J., Altmann J., Pérez-Pérez A., Alberts S.C. (2011) Age and individual foraging behavior predict tooth wear in Amboseli baboons. *Am J Phys Anthropol* 144: 51-59.
- Galbany J., Romero A., Mayo-Alesón M., Itsoma F., Gamarra B., Pérez-Pérez A., Willaume E., Kappeler P.M., Charpentier M.J.E. (2014) Age-related tooth wear differs between forest and savanna primates. *PLoS ONE* 9(4): e94938. doi:10.1371/journal.pone.0094938.
- Gilmore H.A. (1981) From Radcliffe-Brown to sociobiology: Some aspects of the rise of primatology within physical anthropology. *Am J Phys Anthropol* 56: 387-392.
- Goodall J. (1963) Feeding behaviour of wild chimpanzees: a preliminary report. *Symp Zool Soc Lond* 10: 39-47.

- Kappeler P.M., van Schaik C.P., Watts D.P. (2012) The values and challenges of long-term field studies. En: P.M. Kappeler D.P. Watts (Eds.) Long-term field studies of primates: 3-18. Springer: Verlag Berlin Heidelberg.
- Martin R.D. (2002) Primatology as an essential basis for biological anthropology. *Evol Anthropol*, Suppl 1: 3-6.
- Matsuzawa T., McGrew W.C. (2008) Kinji Imanishi and 60 years of Japanese primatology. *Curr Biol* 18: R587-R591.
- Mayo-Alesón M., Romero A., Gamarra B., Willaume E., Itsoma, F., Pérez-Pérez A., Kappeler P.M., Charpentier M.J.E., Galbany J. (presente volumen) Relación entre el desgaste dental y la ecología en babuinos y mandriles.
- Nishida T. (1968) The social group of wild chimpanzees in the Mahali Mountains. *Primates* 9: 167-224.
- Nissen H. (1931) A field study of the chimpanzee: observations of chimpanzee behavior and environment in western French Guinea. *Comp Psychol Monogr* 8: 1-122.
- Olesti O., Guàrdia J., Maragall M., Mercadal O., Galbany J., Nadal J. (2013) Controlling the Pyrenees. A macaque's burial from the late antiquity in Iulia Libica (Llívia, La Cerdanya, Spain). En: A. Sarantis N. Christie (Eds.) War and Warfare in Late Antiquity: Current Perspectives (Late Antique Archaeology 8.1-8.2 -2010-11): 703-731. Leiden.
- Pruetz J.D. (2007) Evidence of cave use by savanna chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) at Fongoli, Senegal: implications for thermoregulatory behavior. *Primates* 48: 316-319.
- Pruetz J.D., Bertolani P. (2007) Savanna chimpanzees, *Pan troglodytes verus*, hunt with tools. *Current Biol* 17: 412-417.
- Robbins M.M. (2010) Long-term field studies of primates: considering the past, present, and future. *Evol Anthropol* 19: 87-88.
- Rodman P.S. (1999) Whither primatology? The place of primates in contemporary anthropology. *Annu Rev Anthropol* 28: 311-339.
- Setchell J.M., Curtis D.J. (2011) Field and laboratory methods in primatology: A practical guide. Cambridge: Cambridge University Press.
- Standford C.B. (2012) Chimpanzees and the behavior of *Ardipithecus ramidus*. *Annu Rev Anthropol* 41: 139-149.
- Vizcaíno E., Monroy D., González A. (2009) La historia de la Sociedad Española de Antropología Física a través de sus publicaciones: Análisis de los trabajos recogidos en las actas de los Congresos de la SEAF (1978-2005). *Rev Esp Antrop Fís* 29: 33-40.

Figura 1
Número de Tesis Doctorales en Primatología defendidas en Departamentos de Antropología de los Estados Unidos (Gilmore, 1981)

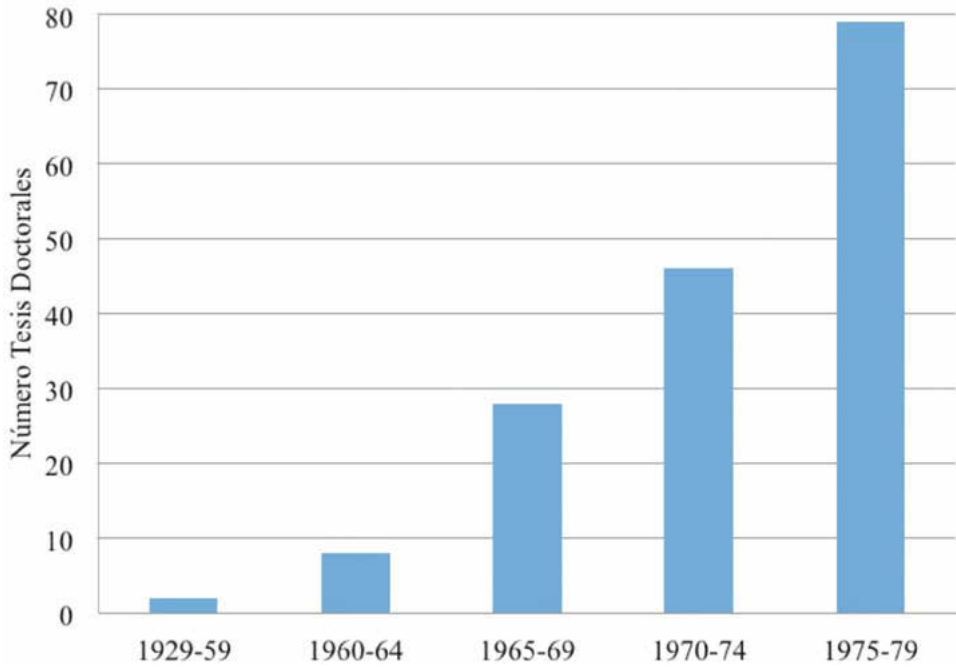


Figura 2

Porcentaje de artículos sobre primates (Si) y resto de artículos (No) en revistas de Antropología Física y afines (entre enero de 2013 y junio 2013; excepto el Journal of Anthropological Sciences - JASs, del que fueron considerados los volúmenes anuales de 2012 y 2013)

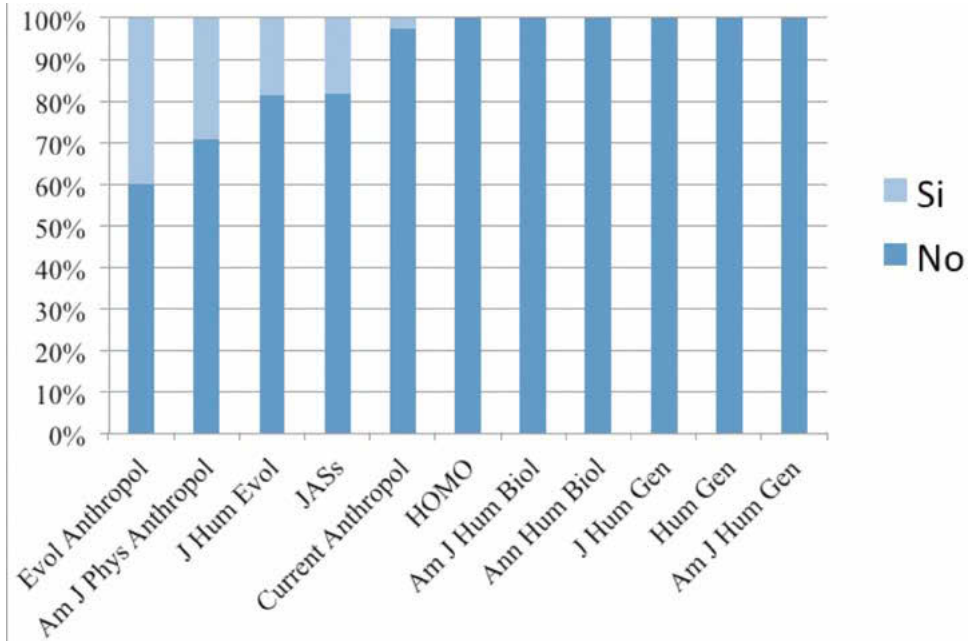


Figura 3
Babuinos de Amboseli en su hábitat (arriba), y obtención de muestras biológicas y moldes dentales en sujetos sedados (abajo).
(Fotos: Jordi Galbany)



**CRIANDO A UN NEANDERTAL
LA ENERGÍA DEL CRECIMIENTO EN NEANDERTALES
DE 1 A 6 AÑOS DE EDAD**

**REARING A NEANDERTAL
THE ENERGY OF GROWTH IN NEANDERTALS
BETWEEN 1 AND 6 YEARS OLD**

Goikoetxea, I.^{1*}; Mateos, A.¹; Leonard, W.R.²; Martín-González, J.A.³; Rodríguez-Gómez, G.¹; Rodríguez, J.¹

¹Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH)
Burgos, España

²Department of Anthropology, Northwestern University, Evanston, IL, U.S.A.

³Dpt. Matemáticas y Computación, Universidad de Burgos, Burgos, España
Temporalmente asignado al CENIEH

*** Datos de contacto:**

Idoia Goikoetxea Zabaleta

Euskal Herria 18-2, 5A. 20400 Ibarra (Gipuzkoa)
id.goikoetxea@gmail.com

Resumen

En las últimas décadas, el campo de la Paleobioenergía se ha orientado a responder a preguntas clave sobre la ecología y la eficacia energética de los Neandertales. Los trabajos realizados, centrados casi exclusivamente en los requerimientos energéticos de los adultos, han puesto de manifiesto los altos costes metabólicos que pudieron tener estos en comparación con los humanos actuales. Sin embargo, se ha prestado escasa atención a los requerimientos metabólicos de los inmaduros que, además, pueden aportar información clave para entender la historia biológica y el patrón de crecimiento y desarrollo de *Homo neanderthalensis*.

En este trabajo, estimamos la tasa metabólica basal, el gasto de energía total, la energía asociada al crecimiento y gasto energético diario en neandertales entre 1 y 6 años de edad. Para ello, hemos transformado el modelo de crecimiento en estatura para neandertales subadultos en un modelo de crecimiento en peso para un individuo promedio de la especie neandertal. Estos datos se

han combinado con datos de estatura y peso de diferentes poblaciones circumpolares actuales. Con los datos de peso obtenidos, se han calculado posteriormente las diferentes tasas metabólicas.

Contrariamente a lo propuesto para los neandertales adultos, los individuos entre 1 y 6 años de edad parecen tener menores requerimientos metabólicos diarios que sus congéneres actuales, siendo la diferencia mayor al aumentar la edad.

Palabras clave: *Homo neanderthalensis*, humanos actuales, tasa metabólica basal, gasto de energía total, energía del crecimiento, requerimientos energéticos diarios.

Abstract

During the last decades, the field of Paleoenergetics has been pointed to address key issues in Neandertal ecology and evolution. Previous works, that has focused exclusively on the energy requirements of adults, highlight the high energy requirements of these individuals compared to modern humans. Nevertheless, less attention has been paid to the energy requirements of immatures, even though this age group could provide clues for a better understanding of life history and growth and developmental patterns in *Homo neanderthalensis*.

In this work, the basal metabolic rate, the total energy expenditure, the energy of growth, and the daily energy requirements for Neandertals between 1 and 6 years of age have been estimated. To do this, we have transformed the height growth model for Neandertal subadults into a model of growth in weight for an average individual of the Neandertal species. These data have been combined with height and weight data from modern circumpolar populations. With the obtained weight data, different metabolic rates have been calculated later.

Contrary to what has been proposed for adult Neandertals, the individuals between 1 and 6 years old appear to have had lower daily energy requirements than their modern counterparts, with this difference increasing with age.

Keywords: *Homo neanderthalensis*, modern humans, basal metabolic rate, total energy expenditure, energy of growth, daily energy requirements.

INTRODUCCIÓN

La investigación en el campo de la Paleobiología ha empezado a centrarse en el balance energético de las diferentes especies del linaje humano (Aiello Key 2002, Aiello Wells 2002, Leonard Robertson 1997, Steudel-Numbers 2006). La especie *Homo neanderthalensis*, una de las mejor representadas en el registro fósil, es la que más atención ha acaparado. Con ella, se han utilizado aproximaciones que intentan estimar el balance energético para responder a preguntas sobre la tolerancia al frío (Aiello Wheeler 2003, Churchill 2006, Froehle Churchill 2009, Steeg-

mann et al. 2002), la locomoción (Weaver Steudel-Numbers 2005) y la eficiencia a la hora de buscar alimento (Sorensen Leonard 2001, Verpoorte 2006).

Todos estos trabajos, centrados en individuos adultos de *H. neanderthalensis*, han señalado que estos tenían unas tasas metabólicas elevadas: entre unas 3.500 y 5.000 kcal/día (Churchill 2006, Froehle Churchill 2009, Macdonald Roebroeks 2009, Snodgrass Leonard 2009, Sorensen Leonard 2001, Steegmann et al. 2002). A pesar de que estas estimaciones se encuentran dentro del rango de las obtenidas para algunas poblaciones circumpolares modernas (Shephard Rode 1996), en algunos casos sobrepasan en 2.000 kcal/día las observadas para un adulto típico sano con una actividad física moderada (FAO/WHO/UNU 2004, IOM 2005). Esta diferencia se ha tratado de explicar por distintos factores como la gran robustez ósea observada en los fósiles, las grandes masas corporales estimadas, la atribución de un nivel alto de actividad física, la exposición a bajas temperaturas y una dieta rica en proteínas (Snodgrass Leonard 2009).

Varios estudios apuntan que existen diferencias entre los patrones de crecimiento de neandertales y humanos actuales o, al menos, ponen de manifiesto cierta modularidad en el desarrollo de los diferentes sistemas corporales (Green et al. 2010, Gunz et al. 2012, Gunz et al. 2010, Martín-González et al. 2012, Smith et al. 2010). Sin embargo, a pesar de que los estudios sobre el gasto energético en individuos inmaduros pueden aportar información clave para entender la historia biológica y el patrón de crecimiento y desarrollo de *Homo neanderthalensis*, no se ha comenzado a trabajar en este campo hasta hace muy poco tiempo.

Un primer intento para estimar la tasa metabólica basal (BMR) y el gasto de energía total (TEE) en individuos neandertales de entre 0 y 5 años de edad, basado en datos recogidos de la literatura, fue llevado a cabo por Goikoetxea et al. (2012). Sin embargo, debido a la incertidumbre a la hora de estimar la edad de estos individuos (Martín-González et al. 2012), no fue posible estimar ni la ganancia de peso (gr/día), ni la energía asociada al crecimiento (E_g), ni los requerimientos energéticos diarios (DER).

En este trabajo, abordamos la problemática desde un punto de vista diferente y basamos el estudio en un modelo de crecimiento en peso para un individuo neandertal promedio de entre 0 y 6 años de edad obtenido a partir del modelo de crecimiento en estatura de Martín-González et al. (2012) y datos de estatura y peso de poblaciones circumpolares modernas. Con el fin de obtener datos comparables en las poblaciones actuales, los modelos de crecimiento en estatura de las poblaciones de humanos actuales de la muestra de referencia (Martín-González et al. 2012) se han convertido en modelos de crecimiento en peso, y las estimaciones de peso y aumento de peso obtenidas a partir de los mismos han sido utilizadas posteriormente para calcular las diferentes tasas metabólicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta que a edades tempranas no existen grandes diferencias entre el patrón de crecimiento de niños y niñas actuales (Ferrández 2005, Kuczmarski et al. 2002, Sobradillo et al. 2004, WHO 2004), que las tasas metabólicas tampoco presentan grandes diferencias entre ambos sexos (FAO/WHO/UNU 2004) y que resulta muy difícil discriminar el sexo en restos esqueléticos de inmaduros, se ha optado por un modelo promedio para subadultos de 1 a 6 años y la estimación de las tasas metabólicas promedio para cada sexo.

Estimación del peso y del aumento de peso

Utilizando los datos de peso y estatura recogidos de forma directa en las poblaciones de Beasain y Evenki y los datos de 6 poblaciones circumpolares modernas (consideradas poblaciones análogas de los Neandertales) recogidos de la literatura (Auger et al. 1980, Heller et al. 1967, Leonard et al. 1994) se ha obtenido la relación que existe entre el peso y la estatura en las diferentes poblaciones (Mateos et al. Enviado) utilizando MATLAB (versión 7.10.0).

Estas ecuaciones han sido utilizadas para transformar el modelo promedio de crecimiento en estatura de cada una de las poblaciones (Martín-González et al. 2012, Figura 3 pág. 145) en un modelo promedio de crecimiento en peso. Por último, el aumento de peso se ha obtenido restándole al peso a la edad t el peso a la edad $t-1$ y dividiéndolo entre 365 días (1 año).

Estimación de las tasas metabólicas

Debido a que existen ecuaciones y factores para cada uno de los sexos a la hora de estimar las tasas metabólicas, se han realizado los cálculos utilizando el peso promedio, obtenido con anterioridad, para cada uno de los sexos calculando luego la media para obtener el valor para un individuo promedio de cada población en cada una de las edades. Se han seguido las definiciones de la FAO/WHO/UNU (1985, 2004) para la tasa metabólica basal (BMR, *basal metabolic rate*), el gasto de energía total (TEE, *total energy expenditure*), la energía del crecimiento (E_g , *energy of growth*) y los requerimientos energéticos diarios (DER, *daily energy requirements*).

La tasa metabólica basal se ha estimado utilizando las ecuaciones para individuos entre 0-3 años y 3-10 años publicadas por la FAO/WHO/UNU (1985) y el gasto de energía total utilizando dos métodos diferentes:

- a) TEE1: multiplicando la tasa metabólica basal (BMR) por el nivel de actividad física (PAL: *physical activity level*), del mismo modo que se hizo en el caso de Neandertales adultos (Churchill 2006, Froehle Churchill 2009,

Macdonald Roebroeks 2009, Sorensen Leonard 2001). Los factores de PAL utilizados son los publicados por Butte et al. (2000) y Torun (2005).

- b) TEE 2: utilizando las ecuaciones que estiman este parámetro a partir del peso publicadas por la FAO/WHO/UNU (2004).

La energía del crecimiento se ha calculado multiplicando el aumento de peso (gr/día) por la energía necesaria para aumentar 1 gr de peso (kcal/gr) (FAO/WHO/UNU 2004). Se han utilizado los valores de la energía necesaria para aumentar 1 gr de peso publicados por la FAO/WHO/UNU (2004).

Los requerimientos energéticos diarios de los individuos en crecimiento se han estimado utilizando la siguiente ecuación:

$$DER = TEE + E_g \text{ (FAO/WHO/UNU 2004)}$$

En este trabajo, hemos calculado los DER teniendo en cuenta las estimaciones de la TEE obtenidas por ambos métodos (TEE1 y TEE2), dando como resultado las estimaciones de la DER1 (TEE1) y la DER2 (TEE2).

RESULTADOS

Estimación del peso y del aumento de peso

Los modelos de crecimiento en peso obtenidos para la población de Beasain, la población Evenki y la población Neandertal muestran diferencias notables. Los pesos estimados van desde los 9,93 kg con 1 año de edad hasta los 24,77 kg a los 6 años de edad en la población de Beasain; desde los 8,95 kg con 1 año de edad hasta los 22,17 kg a los 6 años en los Evenki y desde los 9,55 kg con 1 año de edad hasta los 16,20 kg a los 6 años de edad en los Neandertales. Mientras que el individuo promedio de Beasain es más pesado que los individuos promedio de las otras dos poblaciones durante todo el periodo, tanto Evenki como Neandertales tienen un peso parecido entre los 12 y los 24 meses de edad. A partir de este momento los Neandertales presentan un menor peso que los Evenki también. En la Figura 1 se observa el aumento de peso (gr/mes) en las tres poblaciones estudiadas. Mientras que en las dos poblaciones modernas el aumento de peso se mantiene casi constante durante todo el periodo de estudio, en el caso de los Neandertales encontramos valores más altos en los individuos más jóvenes, y estos decrecen con la edad.

Estimación de las tasas metabólicas

Una vez estimada la BMR, se detectan también algunas diferencias entre las dos poblaciones actuales (Beasain y Evenki) y los neandertales. Aquellas tienen

valores algo más elevados que la población neandertal y a medida que aumenta la edad estas diferencias se acentúan (los valores van desde las 553 kcal/día al año de edad hasta las 1057 kcal/día a los 6 años de edad en Beasain, desde las 493 kcal/día hasta las 998 kcal/día en los Evenki y desde las 530 kcal/día hasta las 863 kcal/día en los Neandertales).

La comparación entre las diferentes estimaciones de TEE realizadas (TEE1 y TEE2) en cada una de las poblaciones muestran patrones diferentes. En la población de Beasain el TEE1 y el TEE2 son prácticamente iguales entre los 12 y los 24 meses de edad (TEE1= 1067 kcal/día y TEE2= 1070 kcal/día), el TEE1 es más elevado que el TEE2 entre los 24 y los 36 meses (TEE1= 1301 kcal/día y TEE2= 1215 kcal/día) y a partir de esa edad TEE1 es menor que TEE2. Sin embargo, en el caso de los Evenki y los Neandertales el TEE1 es menor que el TEE2 entre los 12 y los 24 meses (Evenki: TEE1= 926 kcal/día y TEE2= 980 kcal/día; Neandertal: TEE1= 954 kcal/día y TEE2= 998 kcal/día) mientras que entre los 24 y los 72 meses de edad TEE2 es menor que TEE1. Las diferencias observadas podrían estar relacionadas con factores que también influyen en las tasas metabólicas y que no han sido incluidos en nuestros cálculos. Debemos referirnos al efecto de la termorregulación y al efecto térmico de la dieta en el cálculo de la TEE1. Por otro lado, podría deberse también a una subestimación (entre los 12 y 24 meses) o una sobreestimación (entre los 24 y los 72 meses) de la BMR, incluso a los valores seleccionados para cuantificar la actividad diaria o a errores intrínsecos asociados a cada uno de los métodos. La comparación de los resultados de la TEE entre las diferentes poblaciones deja de manifiesto que desde los 2 años de edad hasta los 6 años de edad los valores de TEE1 y TEE2 son más altos en la población de Beasain que en la población Neandertal. Comparados con los valores de los Evenki, que tienen valores menores que Beasain durante todo el periodo, los Neandertales tiene valores similares entre los 12 y los 24 meses pero menores a partir de esta edad y hasta los 6 años de edad. Las diferencias entre los valores de las distintas poblaciones son siempre mayores cuando la TEE ha sido estimada utilizando las ecuaciones de la FAO/WHO/UNU (2004) (TEE2).

Si las estimaciones para TEE2 son comparadas con las estimaciones publicadas por la FAO/WHO/UNU (2004), Beasain tiene valores más elevados durante todo el periodo (desde las 1070 kcal/día frente a las 893 kcal/día entre los 12 y los 24 meses hasta las 1660 kcal/día frente a las 1388 kcal/día a los 60-72 meses). Los Evenki tienen valores similares desde los 2 años y hasta los 5 años de edad, momento en el que parecen ser algo más elevados. Los Neandertales parecen tener valores similares entre los 24-36 meses, pero a partir de esa edad los valores de la FAO/WHO/UNU son más elevados que los de la población fósil. En todos los casos las diferencias se hacen mayores al aumentar la edad.

Las estimaciones para la energía asociada al crecimiento (E_g) para cada una de las poblaciones pueden verse en la Figura 2. Mientras que en las dos poblaciones actuales los valores se mantienen bastante estables durante todo el periodo, en el caso de los Neandertales los valores decrecen al aumentar la edad. Entre los 3 y los 6 años de edad la población de Beasain y la población Evenki tienen valores de E_g muy similares; los valores de los Neandertales son menores que los de Beasain desde los 2 años de edad y la diferencia entre la población fósil y las modernas aumentan al aumentar la edad. Al comparar estos valores con los valores publicados por la FAO/WHO/UNU (2004) se observa que Beasain presenta valores más elevados durante todo el periodo y los Evenki a partir de los 24 meses de edad. Los Neandertales presentan valores más bajos que los publicados desde los 24 meses de edad.

Los requerimientos energéticos diarios obtenidos pueden verse en la Figura 3. Beasain presenta mayores DER1 y DER2 que los Neandertales durante todo el periodo estudiado, siendo las diferencias mayores al aumentar la edad. Mientras que los Evenki presentan DER1 y DER2 menores que los de Beasain, presentan un patrón diferente al compararlos con los Neandertales. A partir de los 36 meses y hasta los 72 meses de edad presentan tanto DER1 como DER2 más elevados que la población fósil. Comparado con los datos de la FAO/WHO/UNU (2004) (Figura 3b) entre los 2 y los 6 años de edad tanto Beasain como Evenki tienen DER2 más elevados, a pesar de que a los 36 meses el valor Evenki es muy similar al publicado. Los valores de DER2 de los Neandertales son menores que los publicados desde los 36 meses de edad.

DISCUSIÓN

Los requerimientos energéticos diarios de los neandertales adultos parecen ser muy elevados comparados con los estándares actuales según los estudios llevados a cabo hasta el momento (Churchill 2006, Froehle Churchill 2009, Macdonald Roebroeks 2009, Snodgrass Leonard 2009, Sorensen Leonard 2001, Steegmann et al. 2002). A pesar de que se podría pensar que los individuos subadultos de esta especie también tendrían requerimientos energéticos diarios más elevados que los actuales, los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que los requerimientos energéticos diarios de los neandertales entre 1 y 6 años de edad eran menores que los de los individuos de la misma edad de una población moderna Europea (Beasain) y entre los 2 y los 6 años de edad comparados con una población circumpolar actual (Evenki). Debido a la imposibilidad de cuantificar la influencia sobre el metabolismo de ciertos parámetros fisiológicos en las poblaciones fósiles, hasta la fecha no se pueden tener en cuenta los efectos de la tasa de crecimiento cerebral, la exposición a temperaturas extremas, la composición corporal y el efecto térmico de la comida. Este hecho hace que nuestras estimaciones de los requerimientos

metabólicos tanto en los Neandertales y los Evenki (y tal vez en los individuos de Beasain) subestimen los valores reales. En el caso de que estas variables pudiesen ser incluidas, los DER aumentarían tanto en el caso de los Neandertales como en el caso de los Evenki (y tal vez en menor medida en los individuos de Beasain). Aunque estos incrementos podrían hacer menores las diferencias entre las distintas poblaciones, no creemos que cambiasen sustancialmente los resultados obtenidos en este trabajo.

Llegados a este punto y teniendo en cuenta que la aparición de las características adultas de los neandertales durante el desarrollo muestran heterocronía (Tillier 1995, Tillier 2000), una pregunta se hace patente: ¿en qué momento de la ontogenia neandertal se pasa de tener unos requerimientos metabólicos bajos a tener unos requerimientos altos? Algunos autores (Nelson Thompson 2002) afirman que la robustez ósea aumenta de forma espectacular en el momento en el que los neandertales alcanzan el tamaño y las proporciones corporales definitivas. En esta misma línea se encuentran los resultados obtenidos por Cowgill (2010). A la luz de estos datos se podría hipotetizar que el «cambio metabólico» no ocurriría antes de que los neandertales inmaduros alcanzasen el tamaño y las proporciones corporales adultas. Esto implicaría aumentar de peso de forma muy rápida una vez completado el crecimiento en estatura, un evento muy costoso a nivel metabólico. Si esto sucediera así, tendría lugar a una edad en la que los individuos ya podrían considerarse autosuficientes en la adquisición de alimentos.

Las diferencias observadas en la demanda energética de los neandertales entre 1 y 6 años de edad, junto a la menor velocidad de crecimiento en estatura (Martín-González et al. 2012), también tienen importantes implicaciones en la biología nutricional y reproductiva de las madres neandertales. El final del proceso de destete en los neandertales ocurría entre los 2 y los 4 años de edad, a juzgar por el alto número de hipoplasias del esmalte en ese rango de edad (Ogilvie et al. 1989, Rosas et al. 2011, Skinner 1996) o incluso antes, entre los 2,3-2,5 y los 2,6-2,8 años (Stinespring et al. 2012) o a los 1,2 años de edad (Austin et al. 2013). Sin embargo, parece que a partir de los 7,5 meses de edad se comenzaban a introducir alimentos complementarios a la lactancia materna, al menos en el individuo analizado por (Austin et al. 2013). Si se asume que los resultados obtenidos en este trabajo son correctos, las madres neandertales tendrían niños con un gasto energético diario menor que las madres sapiens. Sin embargo, tal y como se ha mencionado con anterioridad, el hecho de que la tasa de crecimiento pudiera ser más elevada, el hecho de que las poblaciones que habitan en zonas frías tengan la BMR más alta y el papel que el tejido adiposo marrón tiene en individuos expuestos a bajas temperaturas, hacen pensar en requerimientos metabólicos más elevados. Teniendo en cuenta estos factores, el coste energético del final del periodo de lactancia de las hembras neandertales no sería menor que la de sus congéneres circumpolares actuales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Xabier Mujika su ayuda con los permisos para el acceso a los datos de crecimiento y al Dr. José Ignacio Zudaire el acceso a sus registros clínicos (ambos del Centro de Salud de Beasain). Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto MINECO CGL2012-38434-C03-02. Guillermo Rodríguez-Gómez es beneficiario de una beca FPI del MICINN.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiello, L.C., Key, C.A. (2002) Energetic consequences of being a *Homo erectus* female. *Am J Hum Biol* 14: 551-565.
- Aiello, L.C., Wells, J.C.K. (2002) Energetics and the evolution of the genus *Homo*. *Annu Rev Anthropol* 31: 323-338.
- Aiello, L.C., Wheeler, P. (2003) Neanderthal thermoregulation and the glacial climate. En: T.H. van Andel, W. Davies (Ed.). *Neanderthals and Modern Humans in the European Landscape of the Last Glaciation: Archaeological Results of the Stage 3 Project*: 147-166. *McDonald Institute for Archaeological Research. Cambridge*.
- Auger, F., Jamison, P.L., Balslev-Jørgensen, J., Lewin, T., de Peña, J.F., Skrobak-Kaczynski, J. (1980) Anthropometry of circumpolar populations. En: F.A. Milan (Ed.). *The Human Biology of Circumpolar Populations*: 213-255. *Cambridge University Press. Cambridge*.
- Austin, C., Smith, T.M., Bradman, A., Hinde, K., Joannes-Boyau R., Bishop, D., Hare, D.J., Doble, P., Eskenazi, B., Arora, M. (2013) Barium distributions in teeth reveal early-life dietary transitions in primates. *Nature* 498: 216-219.
- Butte, N.F., Wong, W.W., Hopkinson, J.M., Heinz, C.J., Mehta, N.R., Smith, E.O. (2000) Energy requirements derived from total energy expenditure and energy deposition during the first two years of life. *Am J Clin Nutr* 72: 1558-1569.
- Cowgill, L.W. (2010) The ontogeny of Holocene and Late Pleistocene human postcranial strength. *Am J Phys Anthropol* 141: 16-37.
- Churchill, S.E. (2006) Bioenergetic perspective on Neanderthal thermoregulatory and activity budgets. En: K. Havarti, T. Harrison (Ed.). *Neanderthals Revisited: New Approaches and Perspectives*: 113-133. *Springer. Dordrecht*.
- FAO/WHO/UNU (1985) *Energy and Protein Requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*. Geneva: WHO.
- FAO/WHO/UNU (2004) *Human Energy Requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*. Rome: FAO.

- Ferrández, Á. (2005) *Estudio Longitudinal de Niños Españoles Normales Desde el Nacimiento Hasta la Edad Adulta. Datos Antropométricos, Puberales, Radiológicos e Intelectuales*. Zaragoza: Fundación Andrea Prader.
- Froehle, A.W., Churchill, S.E. (2009) Energetic competition between Neandertals and anatomically modern humans. *PaleoAnthropology* 2009: 96-116.
- Goikoetxea, I., Leonard, W.R., Mateos, A., Martín-González, J.A., Rodríguez-Gómez, G., Rodríguez, J. (2012) Energy demands of growth in Neanderthal children. *Am J Phys Anthropol* 147 (Suppl. 54): 152 (resumen).
- Mateos, A., Goikoetxea, I., Leonard, W.R., Martín-González, J.A., Rodríguez-Gómez, G., Rodríguez, J. (Enviado) Neandertal growth: what are the costs? *J Hum Evol*
- Green, R.E., Krause, J., Briggs, A.W., Maricic, T., Stenzel, U., Kircher, M., Patterson, N., Li, H., Zhai, W., Fritz, M.H.Y., Hansen, N.F., Durand, E.Y., Malaspinas, A.S., Jensen, J.D., Marques-Bonet, T., Alkan, C., Prüfer, K., Meyer, M., Burbano, H.A., Good, J.M., Schultz, R., Aximu-Petri, A., Butthof, A., Höber, B., Höffner, B., Siegemund, M., Weihmann, A., Nusbaum, C., Lander, E.S., Russ, C., Novod, N., Affourtit, J., Egholm, M., Verna, C., Rudan, P., Brajkovic, D., Kucan, Ž., Gušić, I., Doronichev, V.B., Golovanova, L.V., Lalueza-Fox, C., de la Rasilla, M., Fortea, J., Rosas, A., Schmitz, R.W., Johnson, P.L.F., Eichler, E.E., Falush, D., Birney, E., Mullikin, J.C., Slatkin, M., Nielsen, R., Kelso, J., Lachmann, M., Reich, D., Pääbo, S. (2010) A draft sequence of the Neandertal genome. *Science* 328: 710-722.
- Gunz, P., Neubauer, S., Golovanova, L., Doronichev, V., Maureille, B., Hublin, J.-J. (2012) A uniquely modern human pattern of endocranial development. Insights from a new cranial reconstruction of the Neandertal newborn from Mezmaiskaya. *J Hum Evol* 62: 300-313.
- Gunz, P., Neubauer, S., Maureille, B., Hublin, J.-J. (2010) Brain development after birth differs between Neanderthals and modern humans. *Curr Biol* 20: R921-R922.
- Heller, C.A., Scott, E.M., Hammes, L.M. (1967) Height, weight, and growth of Alaskan eskimos. *Arch Pediatr Adolesc Med* 113: 338-344.
- IOM (2005) *Dietary Reference Intakes: Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. Washington, DC: National Academy Press.
- Kuczmariski, R.J., Ogden, C.L., Guo, S.S., et al. (2002) 2000 CDC Growth Charts for the United States: Methods and Development. National Center for Health Statistics. *Vital Health Stat* 11 (246):
- Leonard, W.R., Katzmarzyk, P.T., Comuzzie, A.G., Crawford, M.H., Sukernik, R.I. (1994) Growth and nutritional status of the Evenki reindeer herders of Siberia. *Am J Hum Biol* 6: 339-350.
- Leonard, W.R., Robertson, M.L. (1997) Comparative primate energetics and hominid evolution. *Am J Phys Anthropol* 102: 265-281.

- Macdonald, K., Roebroeks, W. (2009) An energetics perspective on the Neanderthal record. En: J.-J. Hublin, M.P. Richards (Ed.). *The Evolution of Hominin Diets: Integrating Approaches to the Study of Palaeolithic Subsistence*: 211-220. *Springer Dordrecht*.
- Martín-González, J.A., Mateos, A., Goikoetxea, I., Leonard, W.R., Rodríguez, J. (2012) Differences between Neandertal and modern human infant and child growth models. *J Hum Evol* 63: 140-149.
- Nelson, A.J., Thompson, J.L. (2002) Adolescent postcranial growth in *Homo neanderthalensis*. En: N. Minugh-Purvis, K.J. McNamara (Ed.). *Human Evolution through Developmental Change*: 442-463. *The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London*.
- Ogilvie, M.D., Curran, B.K., Trinkaus, E. (1989) Incidence and patterning of dental enamel hypoplasia among the Neandertals. *Am J Phys Anthropol* 79: 25-41.
- Rosas, A., Estalrich, A., García-Vargas, A., García-Tabernero, A., Bastir, M., Huguet, R., Peña-Melián, A. (2011) Los fósiles Neandertales de la Cueva de El Sidrón. En: M. De la Rasilla, A. Rosas, J.C. Cañaveras, C. Lalueza-Fox (Ed.). *La Cueva de El Sidrón (Borines, Piloña, Asturias). Investigación Interdisciplinaria de un Grupo Neandertal*: 81-116. *Principado de Asturias Consejería de Cultura y Turismo*.
- Shephard, R.J., Rode, A. (1996) *The Health Consequences of «Modernization». Evidence from Circumpolar Peoples*. Cambridge, New York:
- Skinner, M. (1996) Developmental stress in immature hominines from Late Pleistocene Eurasia: evidence from enamel hypoplasia. *J Archaeol Sci* 23: 833-852.
- Smith, T.M., Tafforeau, P., Reid, D., Pouech, J., Lazzari, V., Zermeno, J.P., Guatelli-Steinberg, D., Olejniczak, A.J., Hoffman, A., Radovic, J., Makaremi, M., Toussaint, M., Stringer, C.B., Hublin, J.J. (2010) Dental evidence for ontogenetic differences between modern humans and Neanderthals. *Proc Natl Acad Sci USA* 107: 20923-20928.
- Snodgrass, J.J., Leonard, W.R. (2009) Neandertal energetics revisited: insights into population dynamics and life history evolution. *PaleoAnthropology* 2009: 220-237.
- Sobradillo, B., Aguirre, A., Aresti, U., Bilbao, A., Fernández-Ramos, C., Lizárraga, A., Lorenzo, H., Madariaga, L., Rica, I., Sánchez González, E., Santamaría, C., Serrano, J.M., Zurimendi, B., Hernández, M.M. (2004) *Curvas y Tablas de Crecimiento (Estudios Longitudinal y Transversal)*. Bilbao: Fundación Faustino Orbegoza Eizaguirre.
- Sorensen, M.V., Leonard, W.R. (2001) Neandertal energetics and foraging efficiency. *J Hum Evol* 40: 483-495.
- Stegmann, A.T., Cerny, F.J., Holliday, T.W. (2002) Neandertal cold adaptation: physiological and energetics factors. *Am J Hum Biol* 14: 566-583.
- Studel-Numbers, K.L. (2006) Energetics in *Homo erectus* and other early hominids: the consequences of increased in lower-limb length. *J Hum Evol* 51: 445-453.

- Stinespring, A.E., Guatelli-Steinberg, D., Reid, D.J., Larsen, C.S., Hutchinson, D., Smith, T.M. (2012) A method to estimate the timing of linear enamel hypoplasia for Neanderthals. *Am J Phys Anthropol* 147: 278.
- Tillier, A.-M. (1995) Neanderthal ontogeny: a new source for critical analysis. *Anthropologie* 33: 63-68.
- Tillier, A.-M. (2000) Palaeoanthropology applied to Neanderthals. Similarities and contrasts between Neanderthal and modern human children. *Anthropologie Paris* 28: 109-120.
- Torun, B. (2005) Energy requirements of children and adolescents. *Public Health Nutr* 8: 968-993.
- Verpoorte, A. (2006) Neanderthal energetics and spatial behaviour. *Before Farming* 2006/3: article 2.
- Weaver, T.D., Steudel-Numbers, K.L. (2005) Does climate or mobility explain the differences in body proportions between Neanderthals and their Upper Paleolithic successors? *Evol Anthropol* 14: 218-223.
- WHO (2004) The WHO Child Growth Standards. <http://www.who.int/childgrowth/standards/en/>

Figura 1
Aumento de peso promedio (gr/mes) en subadultos de Beasain, Evenki y Neandertales hasta los 6 años de edad

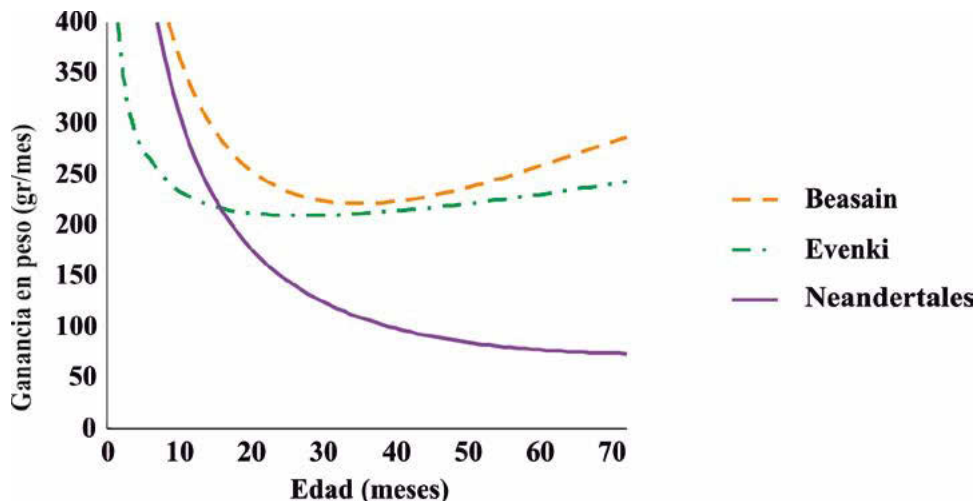


Figura 2
Valores de la energía del crecimiento (E_g) para Beasain (círculo naranja), Evenki (círculo verde), Neandertales (triángulo morado) y los datos de la FAO/WHO/UNU (2004) (cuadrado gris)

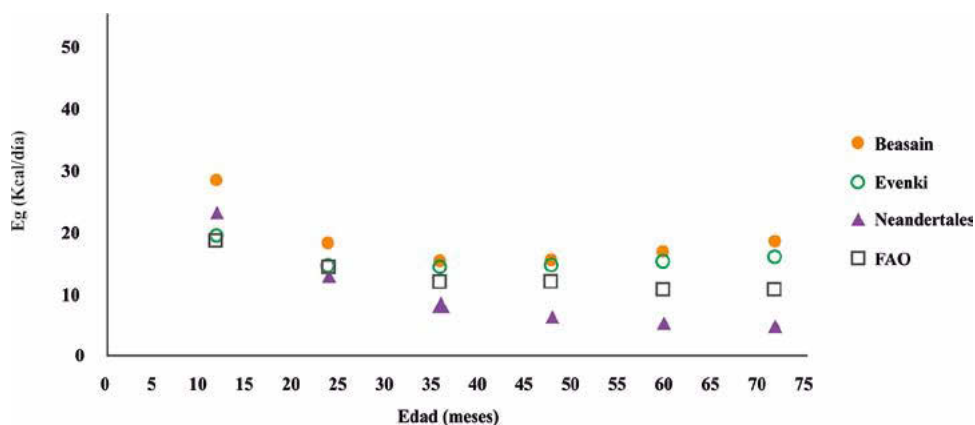
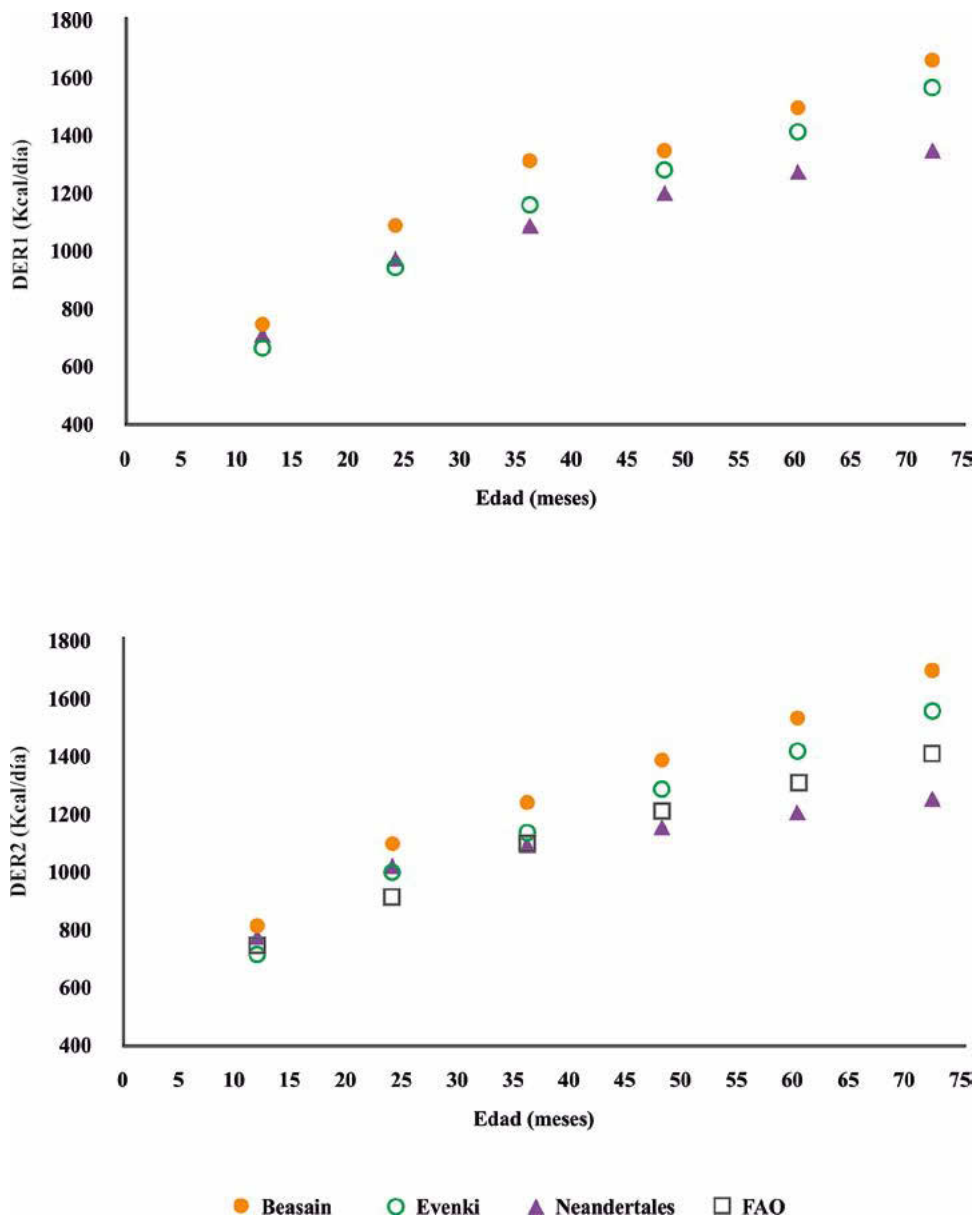


Figura 3

Valores de los requerimientos energéticos diarios (DER) para Beasain (círculo naranja), Evenki (círculo verde), Neandertales (triángulo morado) y los datos de la FAO/WHO/UNU (2004) (cuadrado gris). A) DER1 utilizando TEE1 y B) DER2 utilizando TEE2



EL YACIMIENTO IBÉRICO DE CASTELLVELL DE OLIUS (LLEIDA, SOLSONÉS). ESTUDIO BIOANTROPOLÓGICO DE DOS INDIVIDUOS INFANTILES

Merino, M.; Rissech, C.; Turbón, D.

Unidad de Antropología Física. Departamento de Biología Animal. Facultad de Biología.
Universidad de Barcelona

Corresponding author:

Marta Merino

Unidad de Antropología Física
Departamento de Biología Animal
Facultad de Biología.
Universidad de Barcelona
Avd. Diagonal, 643
08028- Barcelona
Telf.: 687491134
Fax: 934035740
e-mail: martamerinop87@gmail.com

Resumen

El yacimiento ibérico de Castellvell (Lleida, Solsonès), se encuentra dentro del proyecto de investigación «Estratègies d'ocupació del territori i la seva evolució a la comarca del Solsonès des de la Protohistòria fins a l'Època Medieval», promovido desde el Centre d'Estudis Lacetans. En la campaña de excavación de 2008 se empezó a excavar el hábitat correspondiente a Época Ibero-Romana (s. II-I aC.). Para esta fase aparecieron cinco recintos articulados alrededor de un gran espacio abierto y más de una treintena de estructuras de almacenaje y un enlosado. Debajo de los pavimentos, correspondientes a los recintos 101 y 102, se hallaron dos individuos infantiles, inhumados en fosa simple. El estudio antropológico aporta información sobre su morfología además de intentar aportar información sobre el posible ritual funerario por el cual fueron enterrados estos dos individuos.

Palabras clave: Cataluña, Ibérico, enterramiento, pavimento, infantiles.

Abstract

The Iberian archaeological site of Castellvell (Lleida, Solsonés, Catalonia), is included in the research project «Estratègies d'ocupació del territori i la seva evolució a la comarca del Solsonès des de la Protohistòria fins a l'Època Medieval» promoted by the Centre d'Estudis Lacetans. In 2008, the excavation of the Iberian- Roman habitat (II to I centuries BC) was started the five articulated enclosures along a great open place, more than thirty storage structures and a flagstone pavement were found. Two infants buried in simple graves were found under the 101 and 102 areas' pavements. The paleoanthropological study brings us. (1) morphological information of the individuals and information on the possible funerary ritual in which the individuals were inhumed.

Keywords: Catalonia, Iberic, burial, pavement, child.

INTRODUCCIÓN

El yacimiento de Castellvell se encuentra en el término municipal de Olius (Solsonés, Lleida, Cataluña) en un lugar privilegiado dentro del propio territorio. El yacimiento ocupa un territorio de 8.000 m², en forma de plataforma elevada, desde la que es visible todo el llano del Solsonés (Figura 1). En dicha plataforma se han documentado estructuras de época moderna (una torre del telégrafo), una masía y una torre de vigilancia medievales, estructuras de Época Ibérica (*Opidum*) y diversas estructuras de Época del Hierro (silos).

A principios del siglo XX se realizaron las primeras excavaciones arqueológicas, a cargo de monseñor Serra Vilaró. Fueron en estas primeras campañas cuando se documentaron las primeras estructuras, correspondientes a las fases ibéricas y medievales, y se realizaron las primeras descripciones del lugar (Cardona et al. 2012).

No fue hasta el año 2007 que no se reemprendieron las actividades arqueológicas en el yacimiento a cargo del Centre d'Estudis Lacetans (CEL), dentro de un proyecto para estudiar el poblamiento de la comarca del Solsonés. Desde 2007 hasta la actualidad, se han realizado excavaciones periódicas en diferentes campañas, que han permitido documentar nuevas estructuras y estudiar el material obtenido.

Durante la campaña de 2008 se excavaron los recintos de Época Ibérica (Periodo Ibero-romano, s. II-I aC), que permitió documentar cinco recintos. Estos recintos se encontraban articulados alrededor de un espacio abierto con más de una treintena de estructuras de almacenaje, relacionadas con una gran actividad cerealista, y un enlosado (Figura 2). Al inicio de la excavación de los dos primeros recintos, situados al nordeste del poblado y cercanos a la muralla, surgieron los primeros restos humanos infantiles, que se encontraban enterrados bajo sus pavimentos (A y B de la figura 2), donde, se cree, que podría habitar una estructura familiar dentro del propio poblado.

El objetivo de este trabajo es el estudio bioantropológico de los restos humanos infantiles encontrados en la fase Ibero-Romana de Castellvell de Olius (Solsonés) y, la aproximación al ritual funerario por el cual fueron enterrados.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material de este estudio procede de la intervención arqueológica del año 2008 en los recintos A y B, de la fase Ibero-romana de Castellvell, término municipal de Olius (Solsonés). Durante el trabajo de campo, se localizaron dos inhumaciones infantiles, correspondientes a las UEs 72 y 76. Estos restos llegaron al laboratorio de Osteología de la Unidad de Antropología Física de la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona individualizados en cajas. Su estudio antropológico se inició con la limpieza, identificación y reconstrucción de los individuos.

Todos los elementos óseos de un mismo individuo fueron registrados con el código de la UE correspondiente, del nombre del yacimiento y del año de la campaña de excavación. Además, se les atribuyó un número de individuo según su llegada al laboratorio.

El estudio antropológico, propiamente dicho, consistió en el cálculo del grado de conservación, la estimación de la edad y el sexo, así como el análisis morfométrico y paleopatológico.

Para el análisis de los restos se calculó el grado de preservación de los esqueletos individualizados. Es importante el cálculo de este índice, pues permite conocer la cantidad y, aún más importante, la calidad de la información que se podrá determinar de los restos. Para ello se utilizó el índice (Figura 3) propuesto por Walker et al. (1988) y modificado por Alesan et al. (1990). Este índice tiene en cuenta tres agrupaciones óseas determinadas: (1) huesos largos (IP_1); (2) huesos largos más la cintura pélvica y la escapular (IP_2); y (3) un índice global (IP_3), que incluye todos los huesos anteriores y los del cráneo. No obstante, es necesario recordar que estos índices solo hacen referencia al número de huesos conservados y no al estado de conservación de los mismos.

El ritual funerario y la relación espacial de los individuos han sido descritos teniendo en cuenta los datos arqueológicos y fotográficos extraídos durante la excavación, así como del estudio antropológico.

En cuanto a la estimación de la edad, un individuo se considera subadulto cuando todavía está en periodo de crecimiento. En este trabajo, y con la intención de tener una estimación más fiable, se utilizaron todos los elementos esqueléticos posibles que permitían el diagnóstico, priorizando aquellos criterios más fiables,

según las características de la etapa de desarrollo en la cual se encontraba el individuo en el momento de su defunción. Al tratarse de individuos subadultos, se han considerado cinco posibles categorías de edad: perinatales (36-40 semanas de gestación), recién nacidos (1-12 semanas), infantil I (1-6 años), Infantil II (7-12 años) y juvenil (13-20 años).

Los criterios utilizados fueron los recomendados por Farembach et al. (1980) y por Krogman e Iscan (1986) para individuos subadultos. Concretamente, en infantiles de hasta 12 años, se ha priorizado el criterio de desarrollo dental: erupción de las piezas y el grado de maduración de la dentición, siguiendo los esquemas de Crétot (1978) y de Ubelaker (1989). Como criterios de edad secundarios se siguieron: la longitud diafisaria máxima de los huesos largos, el crecimiento del coxal, de la escápula (Alduc-Le Bagouse 1988; Stloukal y Hanáková 1978; Rissech et al. 2003, 2008; Rissech y Malgosa 2005, 2007; Rissech y Black 2007; Rissech et al. 2013a, 2013b; López-Costas et al. 2013) y el desarrollo de la placa timpánica del hueso temporal (Weaver 1979).

En los esqueletos pertenecientes a la etapa juvenil (edad superior a los 12 años) se ha dado preferencia al criterio esquelético basado en el grado de osificación y de unión epifisaria de los huesos largos (Brothwell 1987; Ferembach et al. 1980; Krogman e Iscan 1986), pero también la longitud diafisaria máxima de los huesos largos, el crecimiento el hueso coxal y de la escápula citados anteriormente.

En lo que atañe a la determinación sexual, se consideraron como criterios principales las características morfológicas subadultas de la mandíbula y del hueso coxal (Ferembach et al. 1980; Schutkowski 1993), los cuales son parecidos a los que se usan en los individuos adultos. En los restos infantiles, el diagnóstico sexual es de poca fiabilidad, aún y así, se ha asignado el sexo más probable.

Para el análisis antropométrico se han utilizado las medidas clásicas de individuos subadultos definidas por Fazekas y Kósa (1978), Stloukal y Hanáková (1978), Buikstra y Ubelaker (1994), Rissech et al. (2003, 2008, 2013a, 2013b), Rissech y Malgosa (2005, 2007), Rissech y Black (2007), López-Costas et al (2012).

Como punto final, el análisis paleopatológico se realizó mediante la observación macroscópica de los restos, teniendo en cuenta las indicaciones de Lewis (2007) y Ortoner (2003). Especialmente se consideraron las patologías que con más frecuencia afectan a los individuos subadultos, como son las lesiones poróticas.

RESULTADOS

Al ser solo dos los individuos analizados, los resultados serán dados individualmente.

Individuo 1 (UE 72)

Se trata de un individuo de 38 a 40 semanas de gestación, el cual no fue posible determinar el sexo por falta de información y tampoco se observó patología alguna. Este individuo se encuentra en mal estado de conservación, expresado por la IP_3 del 0,27% (Figura 4), debiéndose, en parte, a la presencia de una zanja medieval que afecta directamente a la fosa donde se encontraba el individuo inhumado.

Se trata de una inhumación primaria individual (UE 72), que por la estratigrafía se infiere que estaba enterrado por debajo del pavimento del recinto A (Figura 5). Debido a los procesos postdeposicionales y a la destrucción producida por una zanja medieval, no fue posible documentar la posición general en la que estaba colocado el individuo; pero en el momento de la extracción se podía intuir que estaba colocado de forma lateral sobre la parte derecha. En la tabla 1 se detallan las medidas craneales y postcraneales de este individuo.

Individuo 2 (UE 76)

Se trata de un individuo, posiblemente femenino de aproximadamente 40 semanas de gestación. Este individuo se documentó en muy buen estado de conservación, con una IP_3 igual al 93% (Figura 6). No se observó patología alguna.

Esta inhumación corresponde a una de tipo primaria individual (UE 76) en posición fetal sobre el lateral izquierdo, con una orientación norte-sur (Figura 7). Por la documentación estratigráfica obtenida durante la excavación, se infiere que estaba inhumado por debajo del pavimento del recinto B (Figura 7). En la tabla 2 se detallan las medidas craneales y postcraneales de este individuo.

DISCUSIÓN

El presente estudio muestra dos recién nacidos de una edad comprendida entre las 38 semanas de gestación y el momento del nacimiento, uno probablemente femenino y el otro de sexo indeterminado por la falta de datos, los cuales se encontraban bajo los pavimentos de los recintos A y B de la zona de Época Ibérica del yacimiento de Castellvell de Olius (Solsonés). El hecho de que se hayan encontrado dos recién nacidos en los recintos que han sido excavados con mayor intensidad, puede indicar la probabilidad de encontrar más inhumaciones subadultas en los siguientes recintos a excavar, a no ser que estén muy afectados por fases posteriores.

Las inhumaciones encontradas en Castellvell presentan características comunes con la mayor parte de inhumaciones infantiles localizadas en contextos domésticos del Mundo Ibérico catalán. Los individuos se encontraban inhumados por

debajo del pavimento del hábitat, en posición fetal, sin signos de violencia ni patología observable en los restos.

A diferencia de los individuos adultos de Época Ibérica, los perinatales e infantiles son inhumados dentro de poblado, en el interior de los hábitats. Las fuentes antiguas, como Plinio, indican que la inhumación era la práctica funeraria realizada a los niños que habían fallecido antes de cumplir los siete meses (Muriel et al. 2006), hito que marcaba el momento de la erupción dental. Los niños a los cuales no les habían erupcionado los dientes eran enterrados en casa y, a los que les habían empezado a erupcionar los primeros dientes recibían el mismo tratamiento que el resto de la población, se practicaba la cremación. Hay quien relaciona la inhumación infantil en el ámbito doméstico del Mundo Ibérico con el concepto Madre-Tierra, capaz de engendrar un nuevo ser vivo a partir del retorno íntegro de una persona muerta prematuramente, creencia que se observa en algunas tribus africanas (Vincent 1982). De hecho, la posición fetal, en la cual se encuentran los individuos perinatales e infantiles de Época Ibérica, se puede relacionar con la condición del embrión en el cuerpo materno (Eliade 1991).

Este tipo de ritual fue el más generalizado en la zona del nordeste de la Península Ibérica, a pesar que hay un número muy reducido de restos humanos para este periodo (Chapa-Brunet, 2003; Sanmartí y Santacana, 2005), especialmente en excavaciones antiguas, donde la metodología no se encontraba tan desarrollada como en la actualidad. En las Tierras del Poniente catalán, hoy por hoy, se encuentra documentado la presencia de este tipo de enterramientos en yacimientos como Molí d'Espígol de Tornabous (siglo IV – III aC), los Estinclells de Verdú (siglo III aC) y en Els Vilars de Arbeca (siglo III aC), durante el Ibérico Antiguo, así como en contextos preibéricos del mismo Els Vilars y en yacimientos como Pedrera Vallfogona de Balaguer, el Tossal de les Tenalles de Sidamon, Carretelà, Aitona y Azafranales de Fraga (Agustí et al. 2000; Muriel et al. 2006). Dentro de este contexto se situaría Castellvell, estudio que servirá para ampliar el conocimiento que se tiene de los individuos subadultos del Mundo Ibérico, y en especial los de las Tierras del Poniente Catalán.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer la oportunidad de realizar estudio del material cedido por el equipo de dirección del yacimiento y proyecto (David Asensio, Francisco José Cantero, Ramón Cardona, Conxita Ferrer, Borja Gil, Jordi Morer, Josep Pou y Laro Sánchez), así como por todo el asesoramiento histórico y arqueológico.

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, B., Alonso N., Garcés, I., Junyent, E., Lafuente, A., López, J.B. (2000). Una inhumación múltiple de perinatales en la fortaleza de Els Vilars (Arbeca, Lleida) y las prácticas de enterramiento en hábitat durante la primera Edad del Hierro en el valle del Segre (Catalunya). *Archéologie de la Mort, Archéologie de la Tombe au Premier Âge du Fer, Actes du XXI^e Colloque International de l'Association Française pour l'Étude de l'Âge du Fer. Conques – Montrozier, 8-11 mai 1997, MAM, 5, 305–324.*
- Alduc-le Bagouse, A. (1988). Estimation de l'âge des non-adultes: maturation dentaire et croissance osseuse. Données comparatives pour deux nécropoles médiévales bas-normandes. *Actes des 3^{èmes} Journées Anthropologiques. Notes et Monographies Techniques n. 24, Éditions du CNRS, Paris, 81-103.*
- Alesan, A. (1990). Estudi d'una població subadulta de l'Edat del Ferro: demografia, antropometria i creixement. Memòria del treball de recerca del Mestratge d'Especialització Professional en Biologia Humana, UAB.
- Brothwell, D.R. (1987). *Desenterrando huesos. México: Fondo de cultura económica.*
- Buikstra, J.E. y Ubelaker, D.H. (1994). Standards for data collection from human skeletal remains. *Arkansas Archeological Survey Research Series. Arkansas.*
- Cardona, R., Asensio, A., Morer, J., Pou Vallès, J. (2012). El poblat ibèric del Castellvell (Olius, Solsonès): reexcavació noranta-tres anys després. *Oppidum 10:5-19.*
- Chapa Brunet, T. (2003). La percepción de la infancia en el mundo ibérico. *Trabajos Prehist 60:115-138.*
- Crétot, M. (1978). *L'arcade dentaire humaine (Morphologie). Paris: Julien Prélat Ed.*
- Eliade, M. (1991). *Mitos, sueños y misterios. Col. Paraisos Perdidos. Madrid: Grupo Libro 88.*
- Fazekas, I.G., Kósa, F. (1978). *Forensic foetal osteology. Budapest:Académiai Kiadó.*
- Ferembach, D., Schwidetzky, I., Stloukal, M. (1980). Recommendations for age and sex diagnoses of Skeletons. *J Hum Evol 9: 517-549.*
- Krogman, W.M., Iscan, Y.M. (1986). *The humans Skeleton in Forensic Medicine. Springfield, Illinois: Ch. C. Thomas Ed.*
- Lewis, M. (2007). *The Bioarchaeology of children. Perspectives from biological and forensic anthropology. Cambridge: Cambridge University Press.*
- López-Costas, O., Rissech, C., Tranco, G., Turbón, D. (2012) Postnatal growth of the tibia. Implications for age and sex estimation. *Forensic Sci Int 214: 207.e1-207.e11*
- Muriel Ortiz, S., Asensio, Vilaró, D., Cardona, Colell, R., Ferrer, Àlvarez, C., Morer de Llorens, J., Pou Vallès, J., Saula Briansó, O., Garcia Dalmau, C. (2006). Un Enterrament infantil al jaciment ibèric dels Estinclells(Verdú, Urgell). *URTX 19: 41-67.*

- Ortoner, D.J. (2003). *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. Second edition. London: Academic Press.
- Rissech, C., Black, S. (2007). Scapular development from neonatal period to skeletal maturity. A preliminary study. *Int J Osteoarchaeol* 17:451-464.
- Rissech, C., Garcia, M., Malgosa, A. (2003). Sex and age diagnosis by ischium morphometric analysis. *Foresnsic Sci Int* 153:188-196.
- Rissech, C., López-Costas, O., Turbón, D. (2013a). Humeral development from neonatal period to skeletal maturity- application in age and sex assessment. *Int J Legal Med* 127:201-212.
- Rissech, C., Malgosa, A. (2005). Ilium growth study: applicability in sexual and age diagnostic. *Foresnsic Sci Int* 147:165-174.
- Rissech, C., Malgosa, A. (2007). Pubic growth study: applicability in sexual and age diagnostic. *Foresnsic Sci Int* 173:137-145.
- Rissech, C., Marquez-Grant, N., Turbón, D. (2013b). A collation of recent published Western European formulae for age estimation of subadult skeletal remains: recommendations for forensic anthropology and osteoarchaeology. *J Forensic Sci* 58:163- 168.
- Rissech, C., Schaefer, M., Malgosa, A. (2008). Development of the femur - Implications for age and sex determination. *Forensic Sci Int* 180:1-9.
- Sanmartí, J., Santacana, J. (2005). *Els Ibers del nord*. Ed. T.G.A. Barcelona.
- Schutkowski, H. (1993). Sex determination of infant and juvenile skeletons. I. Morphog-
nostic features. *Am J Phys Anthropol* 90:199-205.
- Stloukal, M., Hanáková, H. (1978). Die Länge der Längsknochen altslawischer Bevölkerung, unter besonderer Berücksichtigung von wachstumsfragen. *Homo* 29:53-69.
- Ubelaker, D.H. (1989). *Human skeletal remains. Excavation, analysis, interpretation*. 2nd ed. Washington: Taraxacum.
- Vincent, L.T. (1982). *La mort africaine. Idéologie funéraire en Afrique noire*. Paris:Payot.
- Walker, P.L., Johnson, J.R., Lambert, P.M. 1988. Age and sex biases in the preservation of human skeletal remains. *Am J Phys Anthropol* 76: 183-188.
- Weaver, D.S. (1979). Application of the likelihood ratio test to age estimation using the infant and child temporal bone. *Am J Phys Anthropol* 50: 263-270.

Tabla 1
Medidas craneales y postcraneales del individuo 1 (UE72)

	Derecha	Izquierda
Pars basilaris occipital		
Long. Máx.	12	
Anchura	15	
Pars lateralis occipital		
Longitud	21	–
Anchura	25	–
Clavícula		
Perímetro a la mitad	12	–
Radio		
Longitud diáfisis	50	–
Perímetro mín.	11	–
Ø máx. en el PM	4	–
Ø mín. en el PM	3	–
Anch. Máx. Epif. Prox.	5	–
Anch. Máx. Epif. Distal	8	–
Perímetro en la tuberosidad	13	–
Mandíbula		
Anchura del arco	14	–
Escapula		
Longitud	34	34
Anchura	27	–
Longitud de la espina	30	–
Cúbito		
Anch. Máx. Epif distal	7	–
Anch. Mín. Epif distal	5	–

Tabla 2
Medidas craneales y postcraneales del individuo 2 (UE76)

	Derecha	Izquierda
Pars basiliaris occipital		
Longitud máx.	13	
Anchura	15	
Pars lateralis occipital		
Longitud	22	21
Anchura	28	28
Clavícula		
Longitud	42	42
Perímetro a la 1/2	12	11
Coxal		
Longitud ilio	33	32
Anchura ilio	34	-
Longitud isquio	16	-
Anchura isquio	11	-
Longitud pubis	10	9
Radio		
Longitud diáfisis	51	52
Perímetro mín.	13	12
Ø máx. en el PM	4	4
Ø mín. en el PM	3	3
Anch. Máx. Epif. Prox.	5	5
Anch. Máx. Epif. Distal	9	-
Perímetro a la tuberosidad	15	16
Fémur		
Longitud diafisària	76	76
Anch. Máx. Epif. Prox.	16	18
Anch. Epif. distal	19	19
Perímetro mín.	21	20
Ø TR en el PM	7	7
Ø AP en el PM	6	6
Peroné		
Longitud diafisària	61	61
Perímetro mín.	10	12
Anch. Epif. distal	7	7

	Derecha	Izquierda
Mandíbula		
Longitud del cuerpo	37	38
Anchura del arco	18	–
Long. Total hemimandíbula	48	–
Os zigomático		
Longitud	24	25
Anchura	19	18
Escápula		
Longitud	36	36
Anchura	27	28
Longitud espina	29	29
Húmero		
Longitud diáfisis	65	65
Anchura epífisis distal	16	16
Ø máx. Epif. Prox.	13	13
Ø mín. Epif. Prox.	10	10
Perímetro mín.	18	18
Ø máx. en el PM	6	6
Ø mín. en el PM		5
Cúbito		
Longitud diafisaria	58	59
Perímetro mín.	12	13
Ø máx. en el PM	4	4
Ø mín. en el PM	3	3
Anch. Máx. Epif. Prox.	6	6
Anch. Mín. Epif. distal	5	4
Tibia		
Longitud diafisaria	65	66
Anch. Máx. Epif. Prox.	16	16
Anch. Mín. Epif. Distal	10	10
Perímetro mín.	21	21
Perímetro en el agujero nutricio	23	23
Ø TR en el agujero nutricio	6	6
Ø AP en el agujero nutricio	8	7

Figura 1
Mapa de Cataluña, donde se puede apreciar la situación del yacimiento de
Castellvell de Olius (Solsonés)



Figura 2
Planimetría de la zona donde se sitúan los dos enterramientos ibéricos (puntos rojos) del Castellvell de Olius (Solsonés). La UE 72 se encuentra en el recinto A y la UE 76 en el B

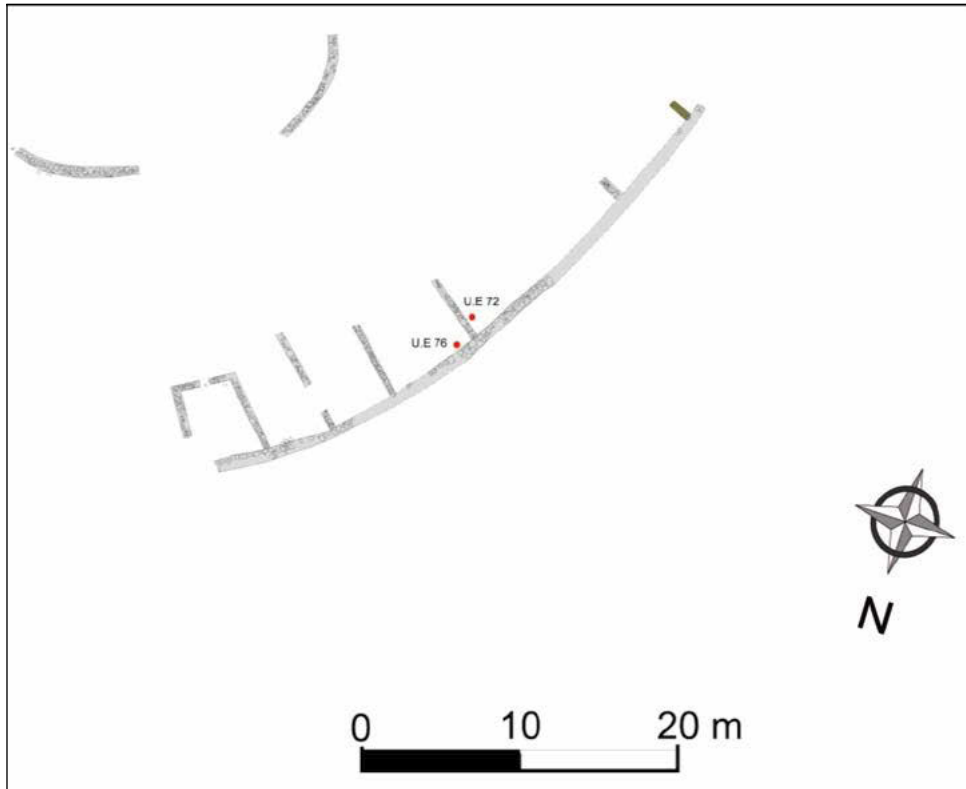


Figura 3
Fórmula para el cálculo del grado de preservación

$$IP_n(x) = \frac{\text{Número de huesos presentes}}{\text{Número de huesos considerados [n(x)]}} \times 100$$

Figura 4
Elementos esqueléticos representados en el individuo 1 (UE 72) (derecha) y
fotografía del individuo ya montado (izq.)

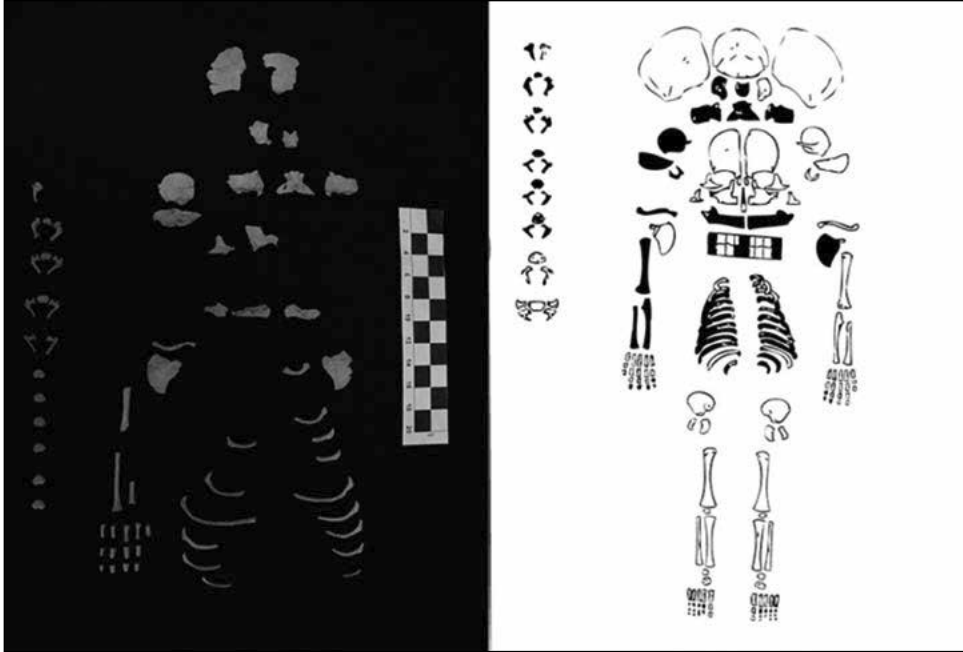


Figura 5
Planta del individuo 2 (UE 76) justo antes de la extracción (izq.) y fotografía
final del individuo en el yacimiento (derecha)

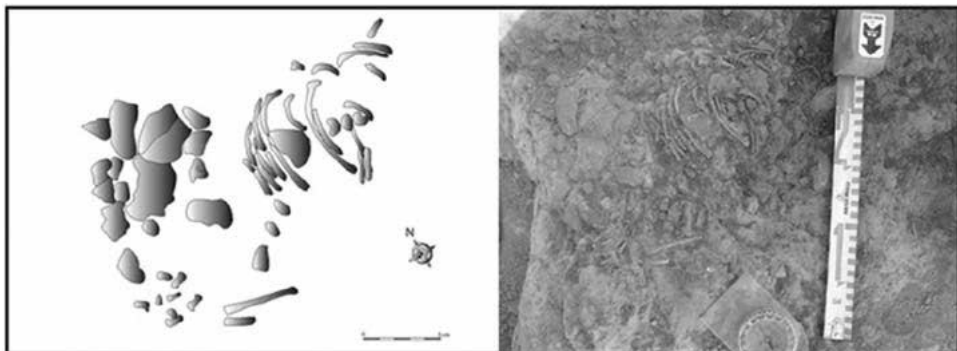


Figura 6
Elementos esqueléticos representados en el individuo 2 (UE 76) (derecha) y
fotografía del individuo ya montado (izq.)

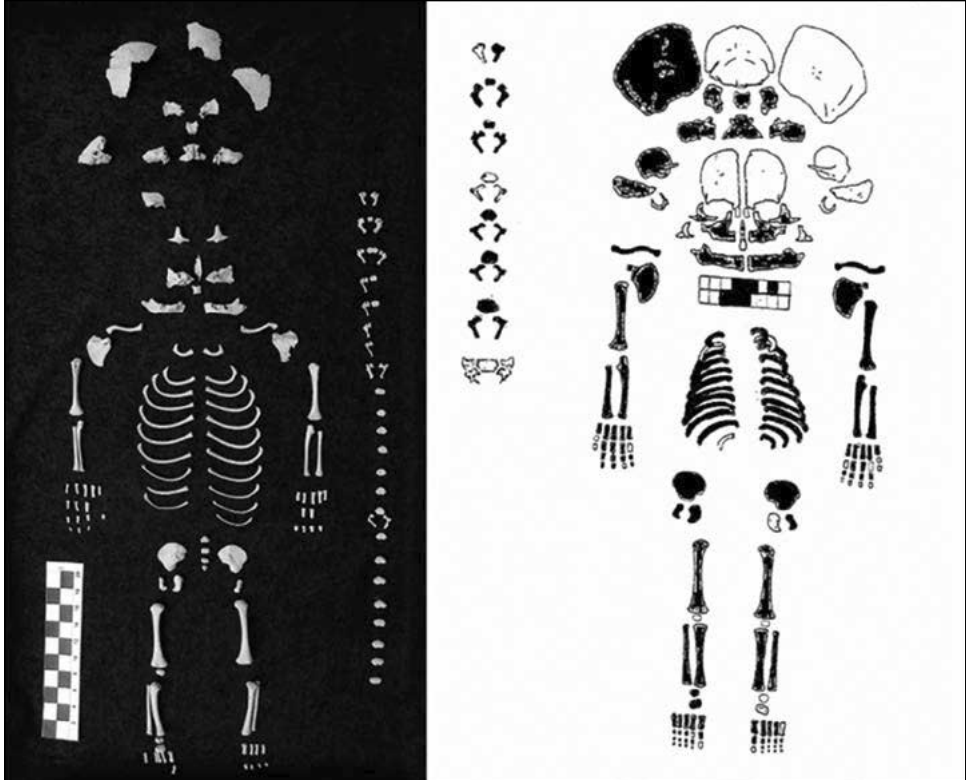
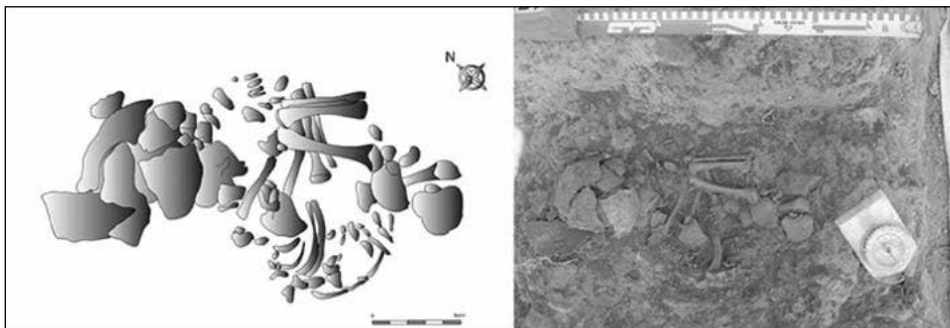


Figura 7
Planta del individuo 2 (UE 76) justo antes de la extracción (izq.) y fotografía
final del individuo en campo (derecha)



**ESTUDIO COMPARADO DE LOS PERIKYMATA EN LOS
DIENTES DEL HOMININO XVIII DE LA SIMA DE LOS HUESOS
(SIERRA DE ATAPUERCA)**

**COMPARATIVE STUDY OF PERIKYMATA IN THE TEETH OF
HOMININ XVIII FROM SIMA DE LOS HUESOS
(SIERRA DE ATAPUERCA)**

**Modesto-Mata, M.^{1,2} ; Dean, C.³; Gracia, A.^{4,5}; Martín-Torres, M.¹; Martín-Francés, L.¹; Guatelli-Steinberg, D.⁶; Reid D.⁷; Martínez, I.^{4,5}; Arsuaga, J.L.⁵,
Bermúdez de Castro, J.M.¹**

Contactar con:

Modesto-Mata, Mario

CENIEH, Paseo Sierra de Atapuerca 3 09002 Burgos
email: paleomariomm@gmail.com

Resumen

El tiempo de formación y desarrollo del esmalte imbricacional de los neander-tales y de los humanos modernos, medido mediante el conteo de perikimata, ha sido objeto de debate en los últimos diez años. Además, apenas se tiene información sobre los homínidos del Pleistoceno Medio e Inferior. En este

¹ Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Paseo Sierra de Atapuerca 3 09002 Burgos España.

² Equipo Primeros Pobladores de Extremadura (EPPEX), Casa de la Cultura Rodríguez Moñino, Avenida Cervantes s/n, 10003 Cáceres, España.

³ Department of Anatomy and Developmental Biology, University College London, Gower Street, London WC1E 6BT, UK.

⁴ Área de Paleontología. Depto. de Geografía y Geología. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares 28871, España.

⁵ Centro Mixto UCM-ISCIII de Evolución y Comportamiento Humanos. Avda. Monforte de Lemos, 5. Madrid 28029, España.

⁶ Department of Anthropology, The Ohio State University, Columbus, OH 43210, USA.

⁷ Department of Oral Biology, School of Dental Sciences, University of Newcastle upon Tyne, Framlington Place, Newcastle upon Tyne NE2 4BW, UK.

trabajo preliminar se presentan el contaje de perikymata de la dentición permanente del individuo XVIII de la Sima de los Huesos (Pleistoceno Medio, sierra de Atapuerca) mediante el microscopio electrónico de barrido ambiental. La comparación entre los antúmeros del homínido XVIII muestran diferencias estadísticas significativas en el contaje de perikymata para el incisivo lateral (I2), tercer premolar (P3) y segundo molar (M2) inferiores. Las posibles explicaciones de estos resultados se discuten en este trabajo. Con la excepción del P3 inferior izquierdo, el resto de dientes presentan un número promedio de perikymata situado en el rango de variación de la especie *Homo neanderthalensis*. Asumiendo que el homínido XVIII presenta una periodicidad similar a la de los neandertales para la formación de los perikymata se concluye que no existirían diferencias en los tiempos de formación del esmalte imbricacional entre estos homínidos y los de la Sima de los Huesos de la Sierra de Atapuerca.

Palabras clave: Sima de los Huesos, perikymata, esmalte imbricacional, tiempo de formación de la corona.

Abstract

Differences between Neanderthals and modern humans for the lateral enamel formation times and development using perikymata counts have been intensely debated during the last decade. Furthermore, this information for hominin species of the Lower and Middle Pleistocene is limited. In this preliminary study, perikymata counts of the permanent dentition of hominin XVIII from Sima de los Huesos (Middle Pleistocene, Sierra de Atapuerca), using an environmental scanning electron microscope, are presented. The comparison between the antimeres of the Hominin XVIII shows statistical significant differences for the lower lateral incisor (I2), lower third premolar (P3) and lower second molar (M2). Possible reasons for these differences are discussed. With the exception of the left lower P3, the other tooth classes exhibit a mean number of perikymata placed in the range of variation of the species *Homo neanderthalensis*. Assuming that the hominin XVIII has a similar value of periodicity as the Neanderthals for the time of formation of perikymata, we conclude that there are not differences in lateral enamel formation times among these hominins and those of the Atapuerca-Sima de los Huesos site.

Keywords: Sima de los Huesos, perikymata, lateral enamel, crown formation times.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha habido grandes esfuerzos para determinar si los neandertales y los humanos modernos presentan un patrón de desarrollo similar, obteniéndose unos resultados contradictorios (Ramírez Rozzi y Bermúdez de Castro,

2004; Guatelli-Steinberg et al., 2005; Macchiarelli et al., 2006; Smith et al., 2007, 2010, 2011; Guatelli-Steinberg y Reid, 2008). Sin embargo, todos los especialistas están de acuerdo en que ambas especies presentan un desarrollo somático más prolongado que *Australopithecus* y *Paranthropus*, cuyos desarrollos son similares a simios antropoideos (e.g. Bromage y Dean, 1985; Dean, 1986, 1995; Beynon y Dean, 1988), y que el chico de Nariokotome (KNM-WT 15000, Kenia 1,6 ma), del que se infiere que su desarrollo se ha incrementado respecto a *Australopithecus* y *Paranthropus* (Dean y Smith, 2009). A partir de este ejemplar y hasta los neandertales, el desarrollo somático inferido a partir del desarrollo dental y sus líneas de crecimiento, permanece prácticamente inexplorado.

Se ha descrito el patrón de desarrollo dental de los homínidos de la Sierra de Atapuerca, que incluye *H. antecessor* (0.95-0.85 millones de años) y *H. heidelbergensis* (0.6-0.4 millones de años) (Bermúdez de Castro et al., 1999, 2010; Bermúdez de Castro y Rosas, 2001). El patrón del desarrollo dental de los homínidos hallados en la Sierra de Atapuerca rellenan ese espacio temporal. En el presente trabajo se estudian los perikymata (la manifestación externa de las estrías de Retzius del esmalte) en los dientes permanentes del homínido XVIII del yacimiento pleistoceno de la Sima de los Huesos. Debido a que los homínidos de SH parecen ser una forma ancestral de los neandertales (Arsuaga et al., 1997; Martín-Torres et al., 2012), se han usado como comparación los datos de perikymata de esta especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

El conteo de las líneas de crecimiento del esmalte superficial (perikymata) se ha realizado sobre la dentición del homínido XVIII de la Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca). Este individuo presenta todos los dientes permanentes y los cuatro segundos molares decíduos (dm2) (ver Figura 1).

Se ha categorizado el grado de desgaste de las diferentes piezas dentales siguiendo los criterios de Molnar (1971). El conteo de los perikymata se realizó a partir de secuencias de imágenes para cada diente unidas usando GIMP 2.8 y obtenidas usando el microscopio electrónico de barrido ambiental (Quanta 600, FEI) ubicado en el CENIEH (Burgos). Se usó la cara bucal de incisivos y caninos, la cúspide bucal de premolares y los protoconos/protocónidos de molares.

El conteo de los perikymata ha sido realizado por M.M. Los perikymata se han contabilizado un mínimo de 3 veces en cada uno de los dientes para estimar su promedio. Cuando la desviación estándar supera en un diente los 10 perikymata o se obtienen más de 20 perikymata de diferencia entre antímeros, se realiza una cuarta y hasta una quinta observación. Las diferencias entre antímeros se han contrastado con el test estadístico Mann-Whitney.

En algunos casos concretos, se ha sido calculado la altura de la corona y el grosor del esmalte aposicional a partir de microtomografías (microCT 80 SCANCO, CENIEH) y usando el software AMIRA v.5.3 (Mercury Computer Systems). La metodología seguida se ha basado en la publicada por Reid y Dean (2006).

Los promedios de perikymata del homínido XVIII se han comparado entre antímeros y con datos de *Homo neanderthalensis*. Los perikymata de incisivos y caninos de neandertales se han extraído de datos cedidos por Guatelli-Steinberg provenientes de Guatelli-Steinberg et al. (2007) y Guatelli-Steinberg y Reid (2008). Los datos para premolares y molares provienen de varias fuentes (Guatelli-Steinberg y Reid, 2008; Reid et al., 2008; Smith et al., 2010), de las que se dispone exclusivamente de los valores promedios, mínimos y máximos.

RESULTADOS

Los promedios y desviaciones estándar de los perikymata del homínido XVIII se muestran en la Tabla 1.

Los incisivos (excepto los I2 superiores) tienen grado de desgaste 3 (Tabla 1), por lo que sus perikymata están infraestimados. Debido a su erosión superficial, las desviaciones estándar son elevadas (Tabla 1). Los I2, P3 y M2 inferiores presentan diferencias significativas (Mann-Whitney) en el conteo de perikymata entre sus antímeros ($p \leq 0,05$). Este último se encuentra en el límite de significación ($p = 0,05$), y debido a que su desviación estándar entre los antímeros no supera los 6,4 perikymata, las diferencias encontradas no se consideran reales, sino un artefacto de lo limitado del tamaño muestral.

En segundo lugar, los I2 inferiores muestran una diferencia en los promedios de 26 perikymata entre el izquierdo (mayor) y el derecho (menor), que significaría una diferencia de alrededor de medio año utilizando una periodicidad de 7 días. Sin embargo, debido a que estos dientes presentan un grado de desgaste 3 y a que han sufrido diversos procesos de erosión superficial, es probable que hayan sufrido un pulido que enmascare unos perikymata en un diente respecto al contrario. Ésta sería la fuente principal de diferencias en la identificación de líneas de crecimiento y no su desarrollo dental.

En las cuatro observaciones realizadas en los P3 inferiores, existe una diferencia entre antímeros de 31,5 perikymata (221 días de diferencia usando una periodicidad de 7 días). Al contrario que en los I2 inferiores, estos premolares apenas tienen signos de desgaste y los perikymata pueden contabilizarse desde el cérvix hasta la cúspide.

Los promedios de perikymata del hominino XVIII se han comparado con una muestra de neandertales (Tabla 2 y Figura 2). Los incisivos presentan un menor número de perikymata que los neandertales, debido a que tienen un desgaste oclusal de 2 y 3 según Molnar (1971). Siguiendo a Guatelli-Steinberg et al. (2005, 2007), se estima que esos grados de desgaste abarcan el primer y el segundo decil de los 10 en que se divide la corona de los dientes anteriores. Por otro lado, los promedios de perikymata de los caninos del hominino XVIII se sitúan por encima del promedio de neandertales, aunque integrados en el grado de variación de neandertales (Figura 2). Estos dientes no presentan prácticamente desgaste (Tabla 1).

Los perikymata de premolares y molares del hominino XVIII están dentro del rango de variación de los neandertales (Figura 2), a excepción del P3 inferior izquierdo. En este diente se sitúan por encima de neandertales. Los P3 y P4 superiores tienen promedios que los sitúan por encima de los promedios de neandertales, aunque integrados en su rango de variación, mientras que los P4 inferiores no se diferencian en los promedios. El P3 inferior derecho está dentro del rango de variación de neandertales, con el promedio situado ligeramente por encima, mientras que el izquierdo queda claramente fuera de su rango, con una diferencia media de 31.5 perikymata entre ellos (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Los incisivos tienen menor número de perikymata que neandertales porque han perdido alrededor de los dos primeros deciles debido al desgaste oclusal. Teniendo en cuenta que los perikymata en esos deciles no presentan diferencias significativas entre neandertales y humanos modernos (Guatelli-Steinberg et al., 2007), asumimos que los valores son los mismos en el hominino XVIII. Para un tamaño muestral de 28 dientes anteriores de neandertales, el primer decil presenta 9.75 ± 1.17 perikymata y el segundo 10.36 ± 1.22 perikymata. Añadiendo estos 20.11 perikymata al hominino XVIII se observa que los datos de este individuo quedan situados en el rango de los neandertales.

La diferencia de perikymata observada entre los P3 inferiores del hominino XVIII plantea diversas hipótesis. Una posibilidad reside en la altura de la corona, ya que existe una correlación positiva entre la altura y el número de perikymata en molares de humanos modernos (Guatelli-Steinberg y Reid, 2008). Sin embargo, la diferencia de alturas entre ambos es de 0.13 mm, siendo este valor insuficiente para explicar estas diferencias (Figura 3). Una segunda hipótesis es que, a igualdad de tiempos de formación de la corona, la proporción de tiempo de formación entre el esmalte aposicional y el imbricacional sea distinto. Esto implicaría que el P3 derecho (con menor número perikymata) debería tener un esmalte aposicional más grueso

que el izquierdo; sin embargo, la diferencia entre ambos es de $235 \mu\text{m}$, valor que reuniría en esta zona del esmalte entre 5 y 8 estrías de Retzius [el espacio entre líneas de Retzius en la zona próxima a la superficie de la cúspide y más alejada de la zona de unión del esmalte y la dentina en humanos modernos se sitúa en torno a $30\text{-}45 \mu\text{m}$ (Fitzgerald y Rose, 2008)], y no los 31.5 perikymata de diferencia entre antímeros.

Los caninos del homínido XVIII tienen un número de perikymata situado en el rango de los neandertales, aunque con promedios ligeramente más elevados. Este hecho se puede explicar porque los caninos de este individuo tienen más altura de la corona. La altura de la corona es una variable que influye en el número de perikymata (Guatelli-Steinberg et al., 2005). Las alturas de los caninos neandertales comparados son de $12.33 \pm 0.93 \text{ mm}$, en los inferiores, y de $12.01 \pm 1.28 \text{ mm}$ en los superiores (a partir de los datos cedidos por Guatelli-Steinberg), mientras que en el homínido XVIII las alturas obtenidas son de 12.74 mm y 13.19 mm , respectivamente.

Las dos referencias bibliográficas de las que se han extraído los datos de neandertales cuentan con una diferencia de tamaño muestral considerable. Considerando los valores de Guatelli-Steinberg y Reid (2008), que son claramente más elevados que los usados por Smith et al. (2010), se observa que el primer molar inferior presenta un promedio situado por debajo del segundo molar inferior (13 perikymata de diferencia), aunque sus rangos de variación son prácticamente idénticos. Estos mismos molares en el homínido XVIII presentan igualmente ese patrón, ya que el segundo molar inferior tiene más perikymata que el primero (10 perikymata en promedio de diferencia).

Al margen del P3 inferior izquierdo, todos los dientes del homínido XVIII se engloban en los rangos de variación de neandertales. De todos ellos, los caninos y premolares presentan promedios de perikymata ligeramente superiores al de los de la muestra de neandertales, mientras que molares y el cuarto premolar inferior se sitúan ligeramente por debajo o con sus mismos valores.

No ha sido posible establecer la periodicidad entre líneas de Retzius en el homínido XVIII. Como los neandertales presentan un rango comprendido entre los 6 y los 9 días de periodicidad (Macchiarelli et al., 2006; Smith et al., 2010), se asume que SH presenta esos valores o muy similares, indicando que los tiempos de formación del esmalte imbricacional estarían muy próximos a los de los neandertales.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado gracias a una beca predoctoral de la Fundación Atapuerca. Agradecer a mis compañeros del Grupo de Antropología Dental y Programa de Paleobiología de Homínidos del CENIEH (Burgos) y al equipo excavador de la Sima de los Huesos. Igualmente a Silvia González por el ESEM, María Lapresa

con el microCT y Elena Lacasa, Pilar Fernández y Maicu Ortega por la restauración. Trabajo integrado en el proyecto MINECO CGL2012-38434-C03-02. Consejería de Cultura de la Junta de Castilla y León. El escaneo de los dientes se ha realizado con fondos de la Leakey Foundation y de la Junta de Castilla y León.

BIBLIOGRAFÍA

- Arsuaga, J.L., Martínez, I., Gracia, A., Lorenzo, C. (1997) The Sima de los Huesos crania (Sierra de Atapuerca, Spain). A comparative study. *J. Hum. Evol.* 33:219–281.
- Bermúdez de Castro, J.M., Martínón-Torres, M., Prado, L., Gómez-Robles, A., Rosell, J., López-Polín, L., Arsuaga, J.L., Carbonell, E. (2010) New immature hominin fossil from European Lower Pleistocene shows the earliest evidence of a modern human dental development pattern. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107:11739–11744.
- Bermúdez de Castro, J.M., Rosas, A. (2001) Pattern of dental development in Hominid XVIII from the Middle Pleistocene Atapuerca-Sima de los Huesos site (Spain). *Am. J. Phys. Anthropol.* 114:325–330.
- Bermúdez de Castro, J.M., Rosas, A., Carbonell, E., Nicolás, M.E., Rodríguez, J., Arsuaga, J.L. (1999) A modern human pattern of dental development in Lower Pleistocene hominids from Atapuerca-TD6 (Spain). *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 96:4210–4213.
- Beynon, A.D., Dean, M.C. (1988) Distinct dental development patterns in early fossil hominids. *Nature* 335:509–514.
- Bromage, T.G., Dean, M.C. (1985) Re-evaluation of the age at death of immature fossil hominids. *Nature* 317:525–527.
- Dean, M.C. (1986) Homo and Paranthropus: similarities in the cranial base and developing dentition. In: Wood B, Martin L, Andrews P, editors. *Major topics in primate and human evolution*. Cambridge: Cambridge University Press. p 249–265.
- Dean, M.C. (1995) The nature and periodicity of incremental lines in primate dentine and their relationship to periradicular bands in OH 16 (*Homo habilis*).
- Dean, M.C., Smith, B.H. (2009) Growth and Development of the Nariokotome Youth, KNM-WT 15000. In: Grine FE, Fleagle JG, Leakey RE, editors. *The First Humans – Origin and Early Evolution of the Genus Homo*. Dordrecht: Springer Netherlands. p 101–120.
- Fitzgerald, C.M., Rose, J.C. (2008) Reading Between the Lines: Dental Development and Subadult Age Assessment Using the Microstructural Growth Markers of Teeth. In: Katzenberg MA, Saunders SR, editors. *Biological anthropology of the human skeleton*. 2nd ed. Wiley Liss. p 237–263.
- Guatelli-Steinberg, D., Reid, D.J. (2008) What molars contribute to an emerging understanding of lateral enamel formation in Neandertals vs. modern humans. *J. Hum. Evol.* 54:236–250.

- Guatelli-Steinberg, D., Reid, D.J., Bishop, T.A. (2007) Did the lateral enamel of Neandertal anterior teeth grow differently from that of modern humans? *J. Hum. Evol.* 52:72–84.
- Guatelli-Steinberg, D., Reid, D.J., Bishop, T.A., Larsen, C.S. (2005) Anterior tooth growth periods in Neandertals were comparable to those of modern humans. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 102:14197–14202.
- Macchiarelli, R., Bondioli, L., Debénath, A., Mazurier, A., Tournepiche, J.-F, Birch, W., Dean, M.C. (2006) How Neanderthal molar teeth grew. *Nature* 444:748–51.
- Martinón-Torres, M., Bermúdez de Castro, J.M., Gómez-Robles, A., Prado-Simón, L., Arsuaga, J.L. (2012) Morphological description and comparison of the dental remains from Atapuerca-Sima de los Huesos site (Spain). *J. Hum. Evol.* 62:7–58.
- Molnar, S. (1971) Human tooth wear, tooth function and cultural variability. *Am. J. Phys. Anthropol.* 34:175–190.
- Ramirez Rozzi, F.V., Bermúdez de Castro, J.M. (2004) Surprisingly rapid growth in Neandertals. *Nature* 428:936–939.
- Reid, D.J., Dean, M.C. (2006) Variation in modern human enamel formation times. *J. Hum. Evol.* 50:329–346.
- Reid, D.J., Guatelli-Steinberg, D., Walton, P. (2008) Variation in modern human premolar enamel formation times: Implications for Neandertals. *J. Hum. Evol.* 54:225–235.
- Smith, T.M., Reid, D.J., Olejniczak, A.J., Bailey, S., Glantz, M., Viola, B., Hublin, J.J. (2011) Dental development and age at death of a Middle Paleolithic juvenile hominin from Obi-Rakhmat Grotto, Uzbekistan. *Contin. Discontinuity Peopling Eur.*:155–163.
- Smith, T.M., Tafforeau, P., Reid, D.J., Pouech, J., Lazzari, V., Zermeno, J.P., Guatelli-Steinberg, D., Olejniczak, A.J., Hoffman, A., et al. (2010) Dental evidence for ontogenetic differences between modern humans and Neandertals. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107:20923–20928.
- Smith, T.M., Toussaint, M., Reid, D.J., Olejniczak, A.J., Hublin, J.J. (2007) Rapid Dental Development in a Middle Paleolithic Belgian Neanderthal. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104:20220–20225.

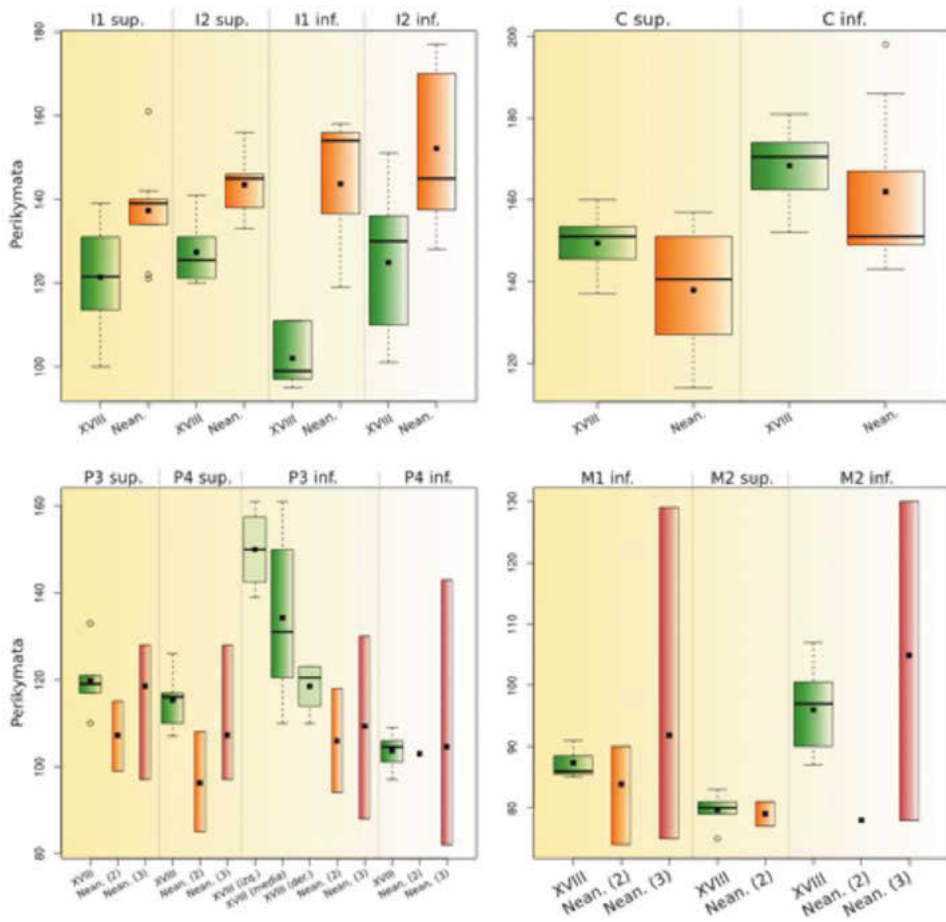
Figura 1
**Imágenes bucales de los dientes permanentes del hominino XVIII
de la Sima de los Huesos**



Se encuentran colocados según la posición anatómica correspondiente. Arriba a la izquierda: M3 superior derecho; abajo-derecha: M3 inferior izquierdo. Destacados en rojo en los que no se ha podido contar perikymata. Escala = 1 cm.

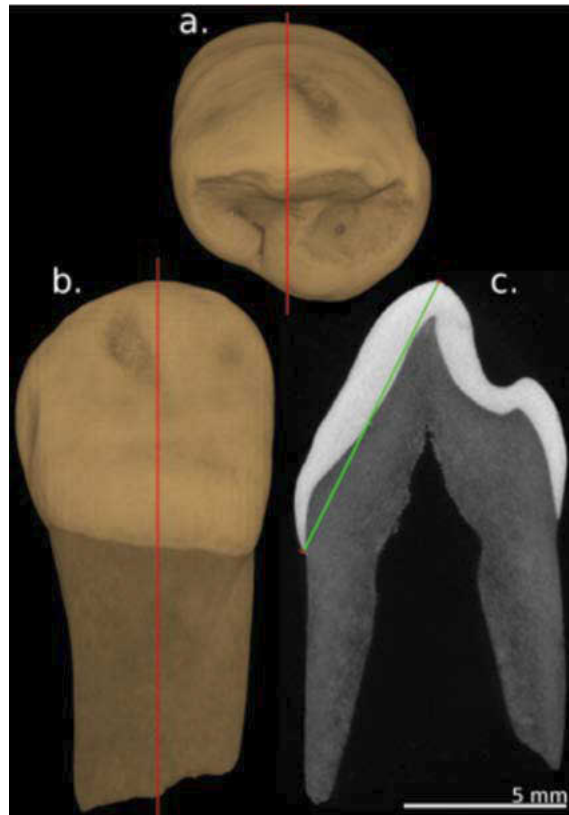
Figura 2

Diagramas de caja del conjunto de recuentos de perikymata en cada uno de los dientes del hominino XVIII (colores verdes) comparado con los datos correspondientes de neandertales (Nean. (2): datos a partir de (Smith et al., 2010); Nean. (3): datos de premolares a partir de (Reidet al., 2008) y de molares a partir de (Guatelli-Steinberg and Reid et al., 2008)



Arriba-izquierda: incisivos; arriba-derecha: caninos; abajo-izquierda: premolares; abajo-derecha: molares. sup. e inf. (superior e inferior); Nean. (neandertales).

Figura 3
Plano tomográfico (c) utilizado para calcular la altura de la corona del P3 inferior derecho (AT-2343) del hominino XVIII



La línea verde es la distancia medida y las rojas la posición del plano en vista oclusal (a) y bucal (b).

Tabla 1

Diferente número de contaje de perikymata en cada uno de los dientes del homínido XVIII de la Sima de los Huesos en los que las líneas de crecimiento han sido identificadas, promedios de cada uno (Media) y de los antímeros (Media Izq-Der) junto con sus desviaciones estándar (d.e.)

		MOL	n	Media	d.e.	Media Izq-Der	d.e.	DMA	U	p
I1	ID	3	3*	96.7	1.5	103.6	9.4	-13.8	9	0.08
I1	II	3	4	110.5	8.2					
I1	SD	3	4	129.0	9.0	121.4	12.8	15.3	2	0.11
I1	SI	3	4	113.8	12.0					
I2	ID	3	5	111.8	11.9	124.9	17.0	-26.2	23.5	0.03
I2	II	3	5	138.0	9.1					
I2	SD	2	3	128.0	11.3	127.3	8.1	1.3	4	1
I2	SI	2	3	126.7	5.9					
C	ID	2	5	165.8	11.0	169.2	9.2	-6.9	11	0.39
C	II	2	3**	172.7	3.1					
C	SD	2	4	147.5	10.1	149.8	7.8	-4.5	7.5	0.72
C	SI	2	3	152.0	3.6					
P3	ID	2	4	118.5	6.1	134.3	18.4	-31.5	16	0.03
P3	II	1	4	150.0	8.3					
P3	SD	2	3	116.0	5.2	119.8	7.5	-7.7	7	0.38
P3	SI	2	3	123.7	8.3					
P4	ID	1	3*	101.3	4.5	103.7	4.2	-4.7	7	0.4
P4	II	1	3*	106.0	2.6					
P4	SD	1	3	120.0	5.2	115.3	6.6	9.3	0	0.08
P4	SI	1	3	110.7	4.0					
M1	ID	2	3*	87.3	3.2	-	-	-	-	-
M2	ID	1	4*	91.0	4.2	96.8	6.4	-11.7	12	0.05
M2	II	1	3**	102.7	4.5					
M2	SD	1	3	81.3	1.5	79.7	2.7	3.3	0.5	0.12
M2	SI	1	3	78.0	2.6					

DMA: diferencia entre las medias de los antímeros (diente derecho - diente izquierdo).

Valor del estadístico de Mann-Whitney (U) y la probabilidad asociada (p) al comparar los valores de los antímeros sin incluir los datos atípicos.

Grado de desgaste dental siguiendo las categorías descritas por Molnar (1971) (MOL).

ID (inferior derecho), II (inferior izquierdo), SD (superior derecho), SI (superior izquierdo).

El número de asteriscos (*) representa el número de contajes considerados atípicos.

Tabla 2

Media de diferentes observaciones del número de perikymata del individuo XVIII de la Sima de los Huesos y valores absolutos de perikymata de muestra de neandertales. n en el hominino XVIII representa el número de dientes sobre los que se han hecho diversos contajes y observaciones (ob), valores con los que se ha realizado la media y desviación estándar (d.e.)

	I1 superior			I2 superior			C superior		
	n (ob)	Media	d.e.	n (ob)	Media	d.e.	n (ob)	Media	d.e.
XVIII	2 (8)	121.4	12.8	2 (6)	127.3	8.1	2 (7)	149.8	7.8
Neanderthal ⁽¹⁾	9	137.3	11.8	9	143.4	7.1	14	137.9	15.0
XVIII/Neand.		0			0			0	
	I1 inferior			I2 inferior			C inferior		
	n (ob)	Media	d.e.	n (ob)	Media	d.e.	n (ob)	Media	d.e.
XVIII	2 (7)	103.6	9.4	2 (10)	124.9	17	2 (8)	169.2	9.2
Neanderthal ⁽¹⁾	3	143.7	21.5	7	152.1	19.7	9	162	19.2
XVIII/Neand.		0.72			0.82			1.04	
	P3 superior			P4 superior			M2 superior		
	n (ob)	Media	Rango	n (ob)	Media	Rango	n (ob)	Media	Rango

	2 (6)	119.8	7.5*	2 (6)	115.3	6.6*			2 (6)	79.7	2.7*	
Neanderthal ⁽²⁾	2	107	99-115	2	96	85-108			2	79	77-81	
Neanderthal ⁽³⁾	12	119	97-128	8	107	97-128						
XVIII/Neand. ⁽²⁾		1.12			1.2					1.01		
XVIII/Neand. ⁽³⁾		0			0							
	P3 inferior			P4 inferior			M1 inferior			M2 inferior		
	n (ob)	Media	Rango	n (ob)	Media	Rango	n (ob)	Media	Rango	n (ob)	Media	Rango
XVIII	2 (8)	134	18.4*	2 (6)	104	4.2*	1 (3)	87.3	3.2*	2 (7)	97	6.4*
Neanderthal ⁽²⁾	2	106	94-118	1	103		3	84	74-90	1	78	
Neanderthal ⁽³⁾	5	109	88-130	7	105	82-143	13	92	75-129	12	105	78-130
XVIII/Neand. ⁽²⁾		1.26			1.01			1.04			1.24	
XVIII/Neand. ⁽³⁾		1.23			0.99			0			0.92	

(*) es desviación estándar y no rango.

(1) datos en bruto y actualizados cedidos por Guatelli-Steinberg, a partir de Guatelli-Steinberg y Reid (2008).

(2) datos extraídos de Smith et al. (2010); (3) datos extraídos de Guatelli-Steinberg y Reid et al. (2008) y Reid et al. (2008), el primero para los molares y el segundo para los premolares.

**INVENTARIO DE LOS PATRONES DE CRESTAS DEL
TRIGÓNIDO EN LA UNIÓN ESMALTE-DENTINA DE LOS
MOLARES DE LA SIMA DE LOS HUESOS (ATAPUERCA)**

**INVENTORY OF TRIGONID CREST PATTERNS AT THE
ENAMEL-DENTINE JUNCTION OF THE SIMA DE LOS HUESOS
MOLARS (ATAPUERCA)**

**Martínez de Pinillos, M.^a; Martínón-Torres, M.^a; Skinner, M.M.^{b,c}; Arsuaga, J.L.^d;
Gracia-Téllez, A.^{d,e}; Martínez, I.^{d,e}; Martín-Francés, L.^a; Bermúdez, J.M.^a**

^a Hominid Dental Research Group, National Research Center on Human Evolution (CENIEH), Paseo Sierra de Atapuerca s/n, 09002, Burgos, Spain.

^b Department of Anthropology, University College London, 14 Taviton Street, London, WC1H 0BW, United Kingdom.

^c Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Deutscher Platz 6, 04103, Germany.

^d Centro Mixto UCM-ISCIH de Evolución y Comportamiento Humanos, Avd. Monforte de Lemos 5, Pabellón 14, 28029, Madrid, Spain.

^e Área de Paleontología, Departamento de Geología, Universidad de Alcalá de Henares, 28871, Alcalá de Henares, Spain.

Marina Martínez de Pinillos González

Paseo Sierra de Atapuerca, 3 - 09002 Burgos (Spain)

Telephone: 0034 947 040 800

Fax: 0034 947 040 810

marinampg@hotmail.com

marina.martinezdepinillos@fa.cenieh.es

Resumen

Hasta el momento, el análisis de la superficie de la dentina en los molares inferiores dentro del género *Homo*, ha estado limitado a *Homo neanderthalensis* y *Homo sapiens*. En este estudio presentamos la tipología de crestas del trigónido que aparecen en los homínidos del Pleistoceno Medio de la Sima de los Huesos (SH), asignados a *Homo heidelbergensis*. La muestra ha sido escaneada con un microCT, así como digitalizada y analizada de manera tridimensional con el software Amira 5.3. Nuestro objetivo es caracterizar las expresiones de crestas

del trigónido en el esmalte (OES) y en la dentina (EDJ) de los homínidos de la SH, para evaluar la relación existente de dicho patrón morfológico dental entre ambas superficies. Aunque nuestros resultados muestran una mayor variabilidad de los patrones de crestas del trigónido en la dentina (14 tipos) con respecto al esmalte (4 tipos) –así como en los M_3s con respecto a los M_1s y M_2s – en casi todos los casos la existencia de una cresta continua en el esmalte se corresponde con una cresta continua en la dentina. Esta característica es ciertamente útil, ya que puede implicar la posibilidad de inferir el tipo de cresta del trigónido que existía en el esmalte de dientes desgastados. Nuestro análisis ratifica las similitudes encontradas en los patrones de crestas del trigónido entre la SH (*H. heidelbergensis*) y los Neanderthales, así como las diferencias con *H. sapiens*. Esta investigación permitirá conocer mejor la variabilidad intra-poblacional de la SH, así como explorar los orígenes del linaje Neanderthal.

Palabras clave: molares inferiores permanentes; Sima de los Huesos; *Homo heidelbergensis*; microtomografía; patrones de crestas del trigónido.

Abstract

Hitherto, the analysis of lower molars dentine surface, within de genus *Homo*, has been basically limited to *Homo neanderthalensis* and *Homo sapiens*. In this study, we present the analysis of the Middle Pleistocene permanent lower molar sample from the Sima de los Huesos (SH), assigned to *Homo heidelbergensis*. Crest expression was assessed from 3D models of the enamel and the dentine surfaces that were produced using microCT and the software Amira 5.3. Our aim is characterize the pattern of trigonid crest expression in the enamel and dentine to evaluate the concordance of this trait between both surfaces. The results reveal a greater variability in the expression of trigonid crests at the dentine (14 types) compared to the enamel (4 types). Despite this variability, in almost all cases the expression of a continuous trigonid crest at the enamel corresponds with the expression of a continuous trigonid crest at the dentine. This aspect is particularly useful as it may imply the possibility of predicting the type of trigonid crest pattern that would be at the enamel in the case of teeth that are too worn. Our study points to a higher variability in the trigonid crest expression in M_3s compared to M_1s and M_2s . Furthermore, our analysis reveals that the SH sample matches broadly the trigonid crest patterns displayed by *H. neanderthalensis* and differs from those exhibited by *H. sapiens*. This research will provide insight into the variability within the SH, as well as to explore the origins of the Neanderthal lineage.

Keywords: permanent lower molars; Sima de los Huesos; *Homo heidelbergensis*; microtomography; trigonid crest patterns.

INTRODUCTION

In this study, we aim to investigate the expression of trigonid crests at the EDJ of the Atapuerca-Sima de los Huesos lower molar sample by means of mCT. Sima

de los Huesos site is a small cavity of approximately 8m² x 4 m² that belongs to the Cueva Mayor-Cueva del Silo karst system (Atapuerca, Spain). This site has provided the largest Middle Pleistocene *Homo* fossil record coming from the same place and, to date, the human fossils recovered sum up more than 6500 remains, about the 80% of the worldwide human fossil record for the Middle Pleistocene (Bermúdez de Castro et al., 2004). This extraordinary accumulation gives us the opportunity to study intrapopulation variability in a fossil population (Arsuaga et al., 1991; Arsuaga et al. 1993; Arsuaga et al. 1997; Bermúdez de Castro et al., 2004; Martín-Torres et al., 2012). Sima de los Huesos hominins have been assigned to *Homo heidelbergensis*, a species that has been interpreted as ancestral to *Homo neanderthalensis*, although the exact relationship between both taxa is still matter of debate (Arsuaga et al., 1997; Hublin, 2009; Martín-Torres et al., 2012) Our objective is to characterize the pattern of trigonid crest expression at the OES and EDJ of the SH sample in order to evaluate the concordance of expression between both surfaces and to explore possible evolutionary meanings of the expression of this feature as it was previously done based on the external morphology of the teeth.

Variation in dental form, as well as the frequency and degree of expression of many dental traits are highly heritable, making teeth more useful than other skeletal elements to assess phylogenetic relationships among fossil hominins and modern humans (Martín-Torres et al., 2012, 2007). The expression of morphological traits has been traditionally recorded in the outer enamel surface (OES), but other researchers, particularly during the last decade, have attempted to characterize the expression of these features at the enamel dentine junction (EDJ) (Bailey et al., 2011; Macchiarelli et al., 2006; Skinner et al., 2008). It is assumed that the morphology of the EDJ is largely responsible of the external morphology of a tooth (Korenhof, 1982; Nager, 1960; Schwartz et al., 1998; Scott and Turner II, 1997). However, the precise level of concordance between both surfaces is still under study (e.g., Bailey et al., 2011; Skinner et al., 2008; Skinner et al., 2009).

The expression of trigonid crests on the enamel surface human molars has revealed certain patterns of variation that seem to be taxonomically and phylogenetically informative (e.g., Bailey, 2002; Irish, 1998; Scott and Turner II, 1997; Turner II et al., 1991). Trigonid crest refers to the expression of a crest that connect the first (protoconid) with the second (metaconid) main cusps in lower molars (Scott and Turner II, 1997; Turner II et al., 1991) and it can start from any lobe segment or from the marginal ridge complex as well (Bailey et al., 2011).

Following the pioneer work of Korenhof (Korenhof, 1982; Scott and Turner II, 1997), trigonid crests have recently been studied at the EDJ by means of microCT (Bailey et al., 2011; Skinner et al., 2008). These studies have confirmed that the distinctive trigonid crest expression at the OES in Neanderthals is matched at the EDJ, both in terms of frequency and morphology (Bailey et al., 2011). In particu-

lar, the expression of conspicuous and continuous middle trigonid crests in lower molars has been interpreted as typical of *H. neanderthalensis* (Bailey, 2002; Martínón-Torres, 2006). We now know that this species is not only characterized by the high frequency of expression of middle trigonid crests, but also that the structures underlining this crest in the dentine may be different to the ones that contribute to the middle trigonid crest expression in other human species (Bailey et al., 2011). However, evolutionary origin and timing of this distinctive Neanderthal pattern remains unclear as the EDJ expression of the trait has not been examined in geochronologically older hominin species.

MATERIALS

The Sima de los Huesos dental sample

Although the SH dental sample consists of 213 permanent molars, of which 123 are lower ones, we have only included in this study those that were isolated or included in a mandibular fragment small enough to fit in the micro-CT scan. In addition, and following Bailey et al. (2011), we excluded the teeth with wear degree higher than category 5 or those that exhibit moderate to extensive secondary dentine but the entire tooth is still completely surrounded by enamel (Molnar, 1971). Thus, the sample analyzed here consisted of 62 permanent lower molars from the Sima de los Huesos site (Table 1).

METHODS

Each molar of the SH sample was scanned with a Scanco Medical AG Micro-Computed Tomography 80, housed at the CENIEH. The Scanco Medical Micro-CT80 system is characterized by a maximum scan size diameter of 75.8mm and a maximum scan length of 140mm, with image matrix from 512 x 512 to 4096 x 4096 pixels. Scans of the teeth from SH used a peak energy of 70 kV and intensity of scanning of 114 μ A. The sampletime of one projection is 800.000 μ s, and the microCT takes nearly 500 parallel projections for each 180°. The resultant slices thickness ranged from 18 to 36 micrometers (μ m). Segmentation of the microCT volume was done semi-automatically with manual corrections using AMIRA 5.3.3 (Visage Imaging, Inc.) and no filters were applied.

Terminological considerations

In this study, we will basically follow the terminology employed in Martínón-Torres et al., 2012, that combines terms and concepts from both Carlsen and Scott

and Turner II (Carlsen, 1987; Scott and Turner II, 1997) (Fig. 1). Thus, we consider that the main structures of a molar crown are cusps -with their corresponding lobes or ridges-, grooves and crests, and that these may be expressed or not at the dentine surface with the same score as at the enamel one (Skinner et al., 2008). In addition, we can also find secondary structures such as marginal ridges, cingula or tuberculum projections, and supernumerary structures, for which we will use the same terminology as Scott and Turner II (Scott and Turner II, 1997). Thereby, in accordance with the traditional literature (Cope, 1888; Osborn, 1888) and in order to avoid possible confusions, we will refer as a cusp what Carlsen (Carlsen, 1987) and Scott and Turner II (Scott and Turner II, 1997) referred as an entire lobe, and thus, we consider it like the occlusal projection of the crown (White and Folkens, 2005). A cusp can be divided in three different **segments** or lobes or ridges (hereof we will call it lobe) which can be mesial, middle -or essential- and distal (Scott and Turner II, 1997) depending on their anatomical position. The free apex on the top of the essential lobe will be called **cusp tip** (note that Carlsen, 1987, called it essential cusp, but Scott and Turner II, 1997, simply call it cusp). The shallow and longitudinal depressions in the surface of enamel will be called grooves (Carbó Ayala, 2005).

Arising from these concepts about the basic components of a molar, and according to Wu and Turner II (1993), we concur that when a complete crest connects the middle portions of the mesial cusps and it lies mesialward, but not on the marginal border, it is a middle trigonid crest (Wu and Turner II, 1993); otherwise it is a distal trigonid crest.

Although we acknowledge the atypical mesial position of some middle crests (Figure 9b from Bailey et al., 2011), in order to standardize terms to discuss anatomy in such a detail, we have preferred to subscribe to the notion that individual cusps are divided into three elements (mesial, middle and distal lobes) and that the middle or essential one is the one bearing the cusp tip. In this frame, the three types of crests should be scored independently of the presence/absence of the other, in a similar way as they are scored at the OES (e.g., Guatelli-Steinberg and Irish, 2005; Martín-Torres et al., 2012). Anyhow, although we subscribe to the notion that there are mesial, middle and distal trigonid crests we believe that, at the OES, it is not possible to reliably differentiate a mesial (the one where at least one of the extremes goes clearly to the marginal ridge) from a middle trigonid. Thus, at the OES we will simply score a middle trigonid crest and a distal trigonid crest, following traditional literature and classic scoring systems (Korenhof, 1982; Scott and Turner II, 1997).

Scoring procedures

Methodologically, to score the trigonid crests we draw a straight line from the protoconid to the metaconid tip. Any trigonid crest lying *distal* to this line is clas-

sified as a distal trigonid crest (DTC), and over or mesial to this line as a middle (MdTC) or mesial trigonid crest (MeTC) (Fig. 3). If one of the ends of the crest that runs along the mesial aspect of the protoconid and metaconid goes to the mesial marginal ridge we define it as a MeTC. If not, we define it as a MdTC (what Korenhof calls mesial trigonid crest, in our study is consider as middle trigonid crest). We are aware that this method may imply some problems in the case of teeth with more atypical shapes and where the cusp tips are displaced. Based on observations of the study sample it is not possible at the OES to reliably differentiate a mesial (the one where one part of the crest meets the marginal ridge) from a middle trigonid crest. Therefore, at the OES we only score a middle trigonid crest and a distal trigonid crest, following traditional scoring systems (Korenhof, 1982; Scott and Turner II, 1997).

Although both antimeres were analyzed, we employed the unilateral count method (Turner II, 1987) and in case of asymmetry we have chosen the tooth with the highest degree of expression for the trait because we consider that is the one that has better expressed the genetic signal. Since the analyzed dental features are minimally affected by sexual dimorphism (Turner II et al., 1991) both sexes have been pooled together. We report the inventory of the trigonid crest patterns of variation found at the EDJ in the SH molar sample that may be useful for other researchers in forthcoming studies about these traits. We also present the frequencies and percentages of the trigonid crests pattern at both the OES and EDJ per molar class, and we will explore how the different EDJ types correspond with the expression of the trigonid crest at the OES. We considered that the trait is «present» when the crest is continuous. Otherwise we consider that the trait is absent (i.e., if the crest is absent or is discontinuous).

Furthermore, in those cases where an accessory cusp 7 (or metaconulid) is present and belongs to the trigonid, we consider it as part of the distal segment of the metaconid. Summarizing, and taking into account all the anatomical considerations above, at the OES we recognize four basic types of trigonid crest expression (Fig. 3 and Table 2).

RESULTS

Trigonid crest types at the OES

If we calculate the frequency of expression of the trigonid crest types at the OES counting only one antimere per individual (Table 3), we observe that the totality of the M_1 and M_2 specimens analyzed present a **MdTC**, and for the nearly the totality of the M_{3s} specimens analyzed. Regarding **DTC** at the OES, and unlike

what we can observe in the previous case, now this trigonid crest pattern is present only in some of the M_3 s.

Trigonid crest types at the EDJ

In the dentine of the SH molar sample, the variety of different trigonid crest types and combinations is clearly higher and more complex than the ones established on enamel. Contrary to what occurred with the enamel, at the EDJ we were able to be more precise in discerning the origin of the crests and in differentiating a mesial trigonid crest (MeTC) from a middle trigonid crest (MdTC). Table 4 presents comprehensive typology and description of all types, which are also illustrated in schematic form (Fig. 4).

Table 5 shows us the frequencies and percentages of the MeTC, MdTC and DTC for each dental class if we choose only one antimere per individual. Regarding **MeTC**, the largest number is displayed by the M_3 s, followed by M_2 s and ending with no MeTCs for the M_1 s. Meanwhile, for the **MdTC** we can observe that the highest percentages correspond to the M_1 s with the totality of the sample, followed by the M_2 s and M_3 s. As well as happened at the OES, the data show us again that the **DTC** is present only in some of the M_3 s.

Variability of the trigonid crest types at the EDJ

The four basic types of trigonid expression at the OES contrast with the greater variability, with a wider spectrum of crest types and combinations, at the EDJ. As we can see in Table 6, the type A at the OES is the one showing higher variability at the EDJ. However, and despite this variability, all teeth present a general good correlation between the enamel and dentine surface in such a way that continuous MdTC at the OES tend to correspond with continuous MeTC or MdTC at the dentine and viceversa. Similarly, continuous DTC at the OES tend to correspond with continuous DTC at the EDJ.

Type A at the OES (continuous MdTC with absent or discontinuous DTC) can be represented at the dentine surface by a continuous MeTC or MdTC in combination with a discontinuous DTC. **Type B** (continuous DTC with absent or discontinuous MdTC) at the OES corresponds with an absent or discontinuous MeTC or MdTC and a continuous DTC. **Type C** at the OES (continuous MdTC and DTC) exhibits the co-expression of two continuous crests also at the EDJ, except in AT-100 (left M_3) where the MeTC or MdTC is absent -type 3- and in AT-811 (right M_3) where the DTC is discontinuous -type 14-. **Type D** (absent or discontinuous MdTC and DTC) is also related on the dentine with an absent or discontinuous MeTC or MdTC and a discontinuous DTC.

DISCUSSION

Variability of the trigonid crest types at the EDJ

Despite a greater variability in the expression of trigonid crests at the EDJ (14 types) compared to the OES (4 types), in almost all cases there is a concordance between the presence of a continuous mid-trigonid and/or distal trigonid crest at the OES and the presence of a continuous mesial/mid-trigonid and/or distal trigonid crests at the EDJ.

Regarding the distal trigonid crest at the EDJ, Wu and Turner II did not find individuals expressing both a MdTC and DTC (Wu and Turner II, 1993); and Bailey et al. (Bailey et al., 2011) stated that they have not seen molars with a «true» distal trigonid crest (Bailey et al., 2011). Our study contradicts both statements since we have identified several cases of co-expression of MdTC and DTC on one hand, and we have also found cases of «true» distal trigonid crest in SH sample, although they are not very common (2 molars or 4.65%) and only M_3s display it. Concerning a crest that connects middle and distal segments, Bailey et al. (Bailey et al., 2011) found only a small number of cases and only in *Homo sapiens*, whereas in our analysis we have found five M_3s from SH sample (11.62%).

Concerning the origin of the crests that conform the middle trigonid crest at the EDJ, we can observe that from the SH molars analyzed (n=43) there are 31 specimens with MdTC, 20 of which (64.51%) present a middle-middle crest («true» middle trigonid crest sensu Bailey et al., 2011) whereas the remaining 11 (35.48%) present a MdTC of mesial-middle origins. Moreover, in our study we have found that the majority of the molars with a MdTC show a crest that remains high between the cusps (grade 3 from Bailey et al., 2011), a type that according to Bailey et al. 2011 was exclusive of the Neanderthals.

In addition, among all the molar classes, the M_3s are those with more variability and complexity. Their rather atypical morphologies (i.e., rotation of the cusps within the tooth contour or reduced main cusps in combination with accessory cusps) (see (Martínón-Torres et al., 2012), prevented in some cases an easy identification of the morphological features. Despite of this inconvenience, there is a general concordance in the expression of continuous crests at the OES and the EDJ, with only two M_3s exceptions (AT-100 and AT-811).

Taxonomical implications

According to Bailey (Bailey, 2002) and Martínón-Torres (Martínón-Torres et al., 2012) the expression at the OES of a continuous MdTC is a typical Neanderthal feature, but this feature is also present in the Middle Pleistocene hominins fossils

from Europe like Sima de los Huesos and Arago –but not in Mauer despite being the holotype of the species *Homo heidelbergensis*. This trait can be also present in earlier species like *H. erectus*, *H. georgicus* and *H. antecessor* but their frequencies tend to be lower (Martinón-Torres et al., 2012, 2008, 2007). The pattern of expression of this feature at the OES coincides with previous studies about the OES of SH dentitions, that have shown that these fossils present the classic Neanderthal combination of traits (Bermúdez de Castro, 1986; Bermúdez de Castro et al., 1999; Martinón-Torres et al., 2007; Martinón-Torres et al., 2012). Now, using microCT and virtual segmentations, we can ratify those resemblances at the EDJ. Our study reveals that at the EDJ there is a greater number of SH molars with a middle or mesial trigonid crest than without it, that the middle crest is more frequent than the mesial one and that there is a high proportion of lower molars with a continuous mesial (MeTC) or middle trigonid crest (MdTC) and a discontinuous distal trigonid crest (DTC), which means a clear predominance of type A at the OES. This ratifies the results of Bailey et al. (2011), whose data affirm that this type is also consistent in the Neanderthals and very rare in *H. sapiens*.

Future studies in larger samples are necessary to know whether these SH types are present in other hominin groups or they are particular to the SH group. If they are present in earlier hominins it would mean that SH group retains some primitive features that are lost in classic Late Pleistocene Neanderthals, as it happens with other cranial and postcranial elements (Arsuaga et al., 1997). On the contrary, if it is confirmed that those types are not present in any other hominin group, they should be considered as derived (and maybe autapomorphic) features for the SH hominin group, and they would ratify the highly derived state of this population with regard to *H. neanderthalensis* (Gómez-Robles and Polly, 2012; Martinón-Torres et al., 2012).

Although a direct comparison between our study and Bailey et al. (2011) analysis is not possible because of the different scoring systems employed, it was possible to make some general assessments between both (Fig. 4). Thus, if we analyze our sample and pay attention to the percentages that show a continuous MdTC -grade 2 and 3 of Bailey et al. (2011)- with a discontinuous DTC, we can assert that the almost constant expression of this pattern in the SH molars is in concordance with the results presented by Bailey et al. (2011).

CONCLUSIONS

In agreement with Bailey and colleagues (Bailey et al., 2011) and because the dentine exhibits greater variability and more different trigonid crest types than the enamel, it was necessary to use different scoring system than the traditional ones (Korenhof, 1982; Wu and Turner II, 1993) in order to characterize in a more pre-

cise manner the morphology of this sample. Also in accordance with Bailey et al. (2011), our analysis has revealed a higher variability of trigonid crest expressions at the EDJ compared to the OES.

However, and in general terms, our results broadly ratify the strong harmony of trait expression between the enamel (OES) and the dentine (EDJ) (Bailey et al., 2011; Skinner et al., 2008). Because of that, we may also point out that both the expression and the grade of development of the trigonid crest patterns at the enamel is mostly determined by the manifestation at the dentine. This fact is particularly relevant as it implies the possibility of predicting the type of trigonid crest pattern at the OES in the case of excessively worn teeth. This also maximizes the number of teeth that can be analyzed, enlarging the sample size particularly in the case of the scarce fossil human remains.

Based on the results of the 43 lower molars specimens analyzed from the Sima de los Huesos site, the complete lack of trigonid crest type B, type C and type D in SH M_1s and M_2s , could be an interesting feature to help classify isolated dental specimens, but we must contrast it with other fossils hominins. Additionally, we observe a greater variability of trigonid crest patterns in M_3s than in M_1s and M_2s for the overall molars sample.

In concordance with previous studies based on the OES morphology, our study ratifies that SH is characterized by displaying the type of trigonid crest patterns that have been classically considered as typical of *H. neanderthalensis* and significantly different from *H. sapiens* (Bailey, 2002; Bailey et al., 2011; Martínón-Torres et al., 2012). However, it has also shown some trigonid crest types that were present neither in the *H. neanderthalensis* sample nor in the *H. sapiens* sample. We think is desirable to analyze other Pleistocene hominins in order to have greater fossil record that allows us to get more taxonomic and phylogenetic information about these traits expression as well as to make possible evolutionary inferences about the expression of this trait in relation with other ancestral hominins.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank all members of Atapuerca Team, CENIEH, IPHES, ISCIII and NESPOS society for access to the materials. We are also grateful to G.R. Scott for his instructive comments. This research is supported by the Project CGL2009-12703-C03-01, Ministerio de Educación y Ciencia (Spain), by the Project CE-N074A12-1, Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León (Spain), by the Leakey Foundation and by the Fundación Atapuerca.

BIBLIOGRAPHY

- Arsuaga, J.L., Carretero, J.M., Lorenzo, C., Gracia, A., Martínez, I., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 1997. Size variation in Middle Pleistocene humans. *Science* 277, 1086–1088.
- Arsuaga, J.L., Carretero, J.M., Martínez, I., Gracia, A., 1991. Cranial remains and long bones from Atapuerca/Ibeas (Spain). *Journal of Human Evolution* 20, 191–230.
- Arsuaga, J.L., Martínez, I., Gracia, A., Carretero, J.M., Carbonell, E., 1993. Three new human skulls from the Sima de los Huesos Middle Pleistocene site in Sierra de Atapuerca, Spain. *Nature* 362, 534–537.
- Bailey, S.E., 2002. A closer look at Neanderthal postcanine dental morphology: I. The mandibular dentition. *The Anatomical Record (New Anat.)* 269, 148–156.
- Bailey, S.E., Skinner, M.M., Hublin, J.-J., 2011. What lies beneath? An evaluation of lower molar trigonid crest patterns based on both dentine and enamel expression. *American Journal of Physical Anthropology* 145, 505–518.
- Bermúdez de Castro, J.M., 1986. Dental remains from Atapuerca (Spain) I. Metrics. *Journal of Human Evolution* 15, 265–287.
- Bermúdez de Castro, J.M., Martínón-Torres, M., Lozano, M., Sarmiento, S., Muela, A., 2004. Paleodemography of the Atapuerca-Sima de los Huesos hominin sample: a revision and new approaches to the paleodemography of the European Middle Pleistocene population. *Journal of Anthropological Research* 60, 5–26.
- Bermúdez de Castro, J.M., Rosas, A., Carbonell, E., Nicolas, M.E., Rodríguez, J., Arsuaga, J.L., 1999. A modern human pattern of dental development in Lower Pleistocene hominids from Atapuerca-TD6 (Spain). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96, 4210–4213.
- Carbó Ayala, J., 2005. Anatomía dental y de la oclusión. Ciudad de La Habana: Editorial de Ciencias Médicas.
- Carlsen, O., 1987. Dental morphology. Munksgaard.
- Cope, E.D., 1888. The mechanical causes of the origin of the dentition of the Rodentia. *The American Naturalist* 22, 3–13.
- Gómez-Robles, A., Polly, P.D., 2012. Morphological Integration in the Hominin Dentition: Evolutionary, Developmental, and Functional Factors. *Evolution* 66, 1024–1043.
- Guatelli-Steinberg, D., Irish, J.D., 2005. Brief communication: early hominin variability in first molar dental trait frequencies. *American journal of physical anthropology* 128, 477–484.
- Hublin, J.J., 2009. The origin of Neandertals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, 16022–16027.

- Irish, J.D., 1998. Diachronic and synchronic dental trait affinities of Late and Post-Pleistocene peoples from North Africa. *Homo* 49, 138–155.
- Korenhof, C.A.W., 1982. Evolutionary trends of the inner enamel anatomy of deciduous molars from Sangiran (Java, Indonesia). *Teeth: form, function and evolution*. New York: Columbia University Press. p 350–365.
- Macchiarelli, R., Bondioli, L., Debénath, A., Mazurier, A., Tournepiche, J.-F., Birch, W., Dean, M.C., 2006. How Neanderthal molar teeth grew. *Nature* 444, 748–51.
- Martinón-Torres, M., 2006. Evolución del aparato dental en homínidos: estudio de los dientes humanos del Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca (Burgos). Universidad de Santiago de Compostela.
- Martinón-Torres, M., Bermúdez de Castro, J.M., Gómez-Robles, A., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., Lordkipanidze, D., Manzi, G., Margvelashvili, A., 2007. Dental evidence on the hominin dispersals during the Pleistocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 13279–13282.
- Martinón-Torres, M., Bermúdez de Castro, J.M., Gómez-Robles, A., Margvelashvili, A., Prado, L., Lordkipanidze, D., Vekua, A., 2008. Dental remains from Dmanisi (Republic of Georgia): morphological analysis and comparative study. *Journal of human evolution* 55, 249–273.
- Martinón-Torres, M., Bermúdez de Castro, J.M., Gómez-Robles, A., Prado-Simón, L., Arsuaga, J.L., 2012. Morphological description and comparison of the dental remains from Atapuerca-Sima de los Huesos site (Spain). *Journal of Human Evolution* 62, 7–58.
- Molnar, S., 1971. Human tooth wear, tooth function and cultural variability. *American Journal of Physical Anthropology* 34, 175–190.
- Nager, G., 1960. Comparison between the spatial relations of the dentin crown relief and the enamel relief of dental crowns. *Acta anatomica* 42, 226.
- Osborn, H.F., 1888. The evolution of mammalian molars to and from the tritubercular type. *The American Naturalist* 22, 1067–1079.
- Schwartz, G.T., Thackeray, J.F., Reid, C., van Reenan, J.F., 1998. Enamel thickness and the topography of the enamel–dentine junction in South African Plio-Pleistocene hominids with special reference to the Carabelli trait. *Journal of Human Evolution* 35, 523–542.
- Scott, G.R., Turner II, C.G., 1997. *The anthropology of modern human teeth: dental morphology and its variation in recent human populations*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Skinner, M.M., Gunz, P., Wood, B.A., Boesch, C., Hublin, J.J., 2009. Discrimination of extant Pan species and subspecies using the enamel-dentine junction morphology of lower molars. *American Journal of Physical Anthropology* 140, 234–243.

- Skinner, M.M., Wood, B.A., Boesch, C., Olejniczak, A.J., Rosas, A., Smith, T.M., Hublin, J.-J., 2008. Dental trait expression at the enamel-dentine junction of lower molars in extant and fossil hominoids. *Journal of Human Evolution* 54, 173–186.
- Turner II, C.G., 1987. Late Pleistocene and Holocene population history of East Asia based on dental variation. *American Journal of Physical Anthropology* 73, 305–321.
- Turner II, C.G., Nichol, C.R., Scott, G.R., 1991. Scoring procedures for key morphological traits of the permanent dentition: the Arizona State University Dental Anthropology System., in: Kelley, M., Larsen, C. (Eds.), *Advances in Dental Anthropology*. Wiley Liss, New York, pp. 13–31.
- White, T.D., Folkens, P.A., 2005. *The human bone manual*. Academic Press.
- Wu, L., Turner II, C.G., 1993. Brief communication: Variation in the frequency and form of the lower permanent molar middle trigonid crest. *American Journal of Physical Anthropology* 91, 245–248.

Table 1
List of molars analyzed in the present study with the number of the individual they are assigned to, sex and age at death estimated by death Bermúdez de Castro et al. (2004)

Tooth	N	Individual	Sigla	Sex	Age
PERMANENT RIGTH MOLARS (N)					
M₁ right	10	II	AT-2	M	12.5-14.5
		III	AT-101	F	15-17
		X	AT-141	F	15-17
		XI	AT-272	F	13-15
		XIV	AT-2276	–	12.5-14.5
		XVIII	AT-943	M	9.5-11.5
		XX	AT-3175	M	12.5-14.5
		XXIV	AT-2438	–	12.5-14.5
		XXV	AT-3933	F	11-13
		XXVI	AT-561	F	16-18
M₂ right	7	II	AT-142	–	12,5-14,5
		III	AT-271	F	15-17
		XI	AT-1761	F	13-15
		XIV	AT-284	–	12,5-14,5
		XVIII	AT-1752	M	9,5-11,5
		XX	AT-3890	M	12,5-14,5
		XXVI	AT-1756	M	16-18
M₃ right	12	IV	AT-811	F	26-32
		XVIII	AT-2277	M	9,5-11,5
		XXIV	AT-2438	–	12,5-14,5
		XXV	AT-3943	F	11-13
		XXVI	AT-30	F	16-18
		–	AT-143	–	–
		–	AT-599	–	–
		–	AT-942	–	–
		–	AT-1468	–	–
		–	AT-1959	–	–
		–	AT-2777	–	–
		–	AT-3182	–	–

Tooth	N	Individual	Sigla	Sex	Age
PERMANENT LEFT MOLARS (N)					
M₁ left	12	III	AT-22	F	15-17
		IV	AT-14	F	26-32
		VI	AT-1759	F	16-18
		VII	AT-21	M	24-30
		X	AT-556	F	15-17
		XI	AT-286	F	13-15
		XIV	AT-1459	–	12,5-14,5
		XVIII	AT-829	M	9,5-11,5
		XIX	AT-576	F	16-18
		XX	AT-4318	M	12,5-14,5
		XXIV	AT-1458	–	12,5-14,5
		XXV	AT-3934	F	11-13
M₂ left	11	II	AT-3179	–	12,5-14,5
		III	AT-273	F	15-17
		X	AT-169	F	15-17
		XI	AT-557	F	13-15
		XIV	AT-2272	–	12,5-14,5
		XVIII	AT-941	M	9,5-11,5
		XX	AT-946	M	12,5-14,5
		XXIV	AT-2396	–	12,5-14,5
		XXV	AT-6579	F	11-13
		XXVI	AT-2270	F	16-18
		XXVII	AT-3176	M	20-26
M₃ left	10	IV	AT-100	F	26-32
		VII	AT-13	M	24-30
		XVIII	AT-2271	M	9,5-11,5
		XXIV	AT-2385	–	12,5-14,5
		XXV	AT-6580	F	11-13
		–	AT-598	–	–
		–	AT-1473	–	–
		–	AT-1945	–	–
		–	AT-2273	–	–
		–	AT-2760	–	–

Table 2

Typology and description of TC forms identified at the enamel surface of the SH sample

Type A	Continuous MdTC with an absent or discontinuous DTC.
Type B	Continuous DTC with an absent or discontinuous MdTC.
Type C	Continuous MdTC and DTC.
Type D	Absent or discontinuous MdTC and DTC.

Table 3

Percentages and frequencies of the continuous middle (MdTC) and distal trigonid crest (DTC) at the OES (only one antimere included). We consider the trait is «present» when the crest is continuous. Otherwise we consider that the trait is «absent»

TRIGONID CREST PATTERN AT ENAMEL				
	Total molar sample	M₁	M₂	M₃
MIDDLE TRIGONID CREST	93.0% (40/43)	100.0% (14/14)	100.0% (11/11)	83.3% (15/18)
DISTAL TRIGONID CREST	25.5% (11/43)	0.0%	0.0%	61.1% (11/18)

Table 4
Typology and description of TC forms identified at the dentine surface of the SH sample

Type 1	Continuous MdTC with an absent or discontinuous DTC.
Type 2	Continuous MeTC with an absent or discontinuous DTC.
Type 3	Continuous DTC when at least one of the origins is the distal segment, with an absent or discontinuous MeTC or MdTC.
Type 4	Absent or discontinuous DTC when at least one of the origins is the distal segment, with an absent or discontinuous MeTC or MdTC. The number of distal ridges can be variable.
Type 5	Continuous MdTC and a continuous DTC arising from the middle segments.
Type 6	Continuous MdTC and a continuous DTC when at least one of the origins is the distal segment.
Type 7	Continuous MdTC and a discontinuous DTC when at least one of the origins is the distal segment.
Type 8	Continuous MdTC and a discontinuous DTC arising from the distal segments.
Type 9	Continuous MeTC and continuous DTC when at least one of the origins is the distal segment.
Type 10	Continuous MdTC, a discontinuous DTC when at least one of the origins is the distal segment, and a pronounced distal ridge on one side.
Type 11	Continuous MeTC or MdTC, a discontinuous DTC when at least one of the origins is the distal segment, and a discontinuous DTC originated from the distal segments.
Type 12	Continuous MdTC, a discontinuous DTC arising from the middle segments and discontinuous DTC arising from the distal segments.
Type 13	Continuous MeTC, a discontinuous DTC arising from the middle segments and discontinuous DTC arising from the distal segments.
Type 14	Continuous MeTC, a discontinuous DTC when at least one of the origins is the distal segment, and a pronounced distal ridge on one side.

Table 5

Frequencies and percentages of the continuous mesial (MeTC), middle (MdTC) and distal trigonid crest (DTC) at the EDJ (only one antimere included). We consider the trait is «present» when the crest is continuous. Otherwise we consider that the trait is «absent»

TRIGONID CREST PATTERN AT DENTINE				
	Total molar sample	M ₁	M ₂	M ₃
MESIAL TRIGONID CREST	20.9% (9/43)	0.0%	27.2% (3/11)	33.3% (6/18)
MIDDLE TRIGONID CREST	72.0% (31/43)	100.0% (14/14)	72.7% (8/11)	50.0% (9/18)
DISTAL TRIGONID CREST	23.2% (10/43)	0.0%	0.0%	55.5% (10/18)

Table 6

Variability of the TC types found at the EDJ and their correspondence to the OES from the SH sample.

ENAMEL (OES)	DENTINE (EDJ)
Type A	1 - 2 - 7 - 8 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14
Type B	3
Type C	3 - 5 - 6 - 9 - 14
Type D	4

Figure 1
Definition and schemes (below) of some of the molar crown structures used in this study

CARLSEN (1987)	SCOTT & TURNER (1997)	MARTINÓN ET AL. (2012)
Lobe	Lobe	Cusp
Accessory Lobe Segment (ALS)	Mesial Accessory Lobe (MAL)	Mesial Segment (MS)
Essential Lobe Segment (ELS)	Essential Accessory Lobe (EAL)	Essential Segment (ES)
Accessory Lobe Segment (ALS)	Distal Accessory Lobe (DAL)	Distal Segment (DS)
Essential Cusp (EC)	Cusp (C)	Cusp Tip (CT)

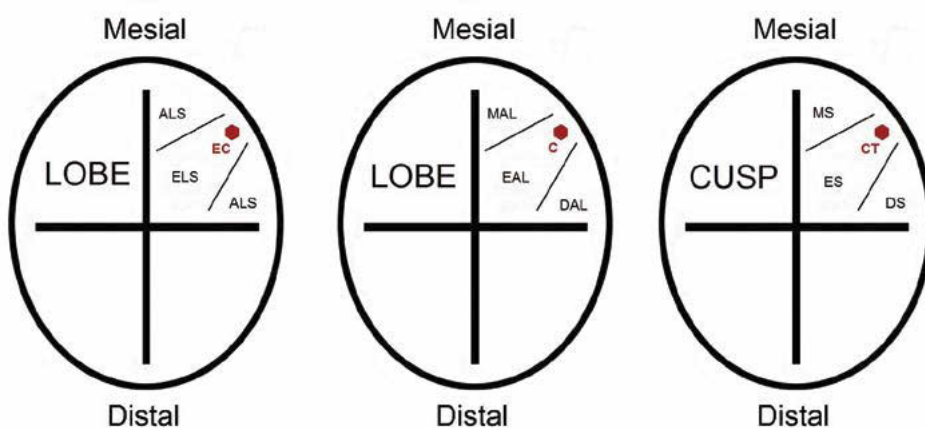


Figure 2

A: occlusal enamel surface illustrating a Middle Trigonid Crest (MdTC) and a Distal Trigonid Crest (DTC). B: occlusal dentine surface illustrating a Middle Trigonid Crest (MdTC) and a Distal Trigonid Crest (DTC). C: occlusal dentine surface where we can see a Mesial Trigonid Crest (MeTC). The green line from protoconid tip to metaconid tip defines the position of the crests

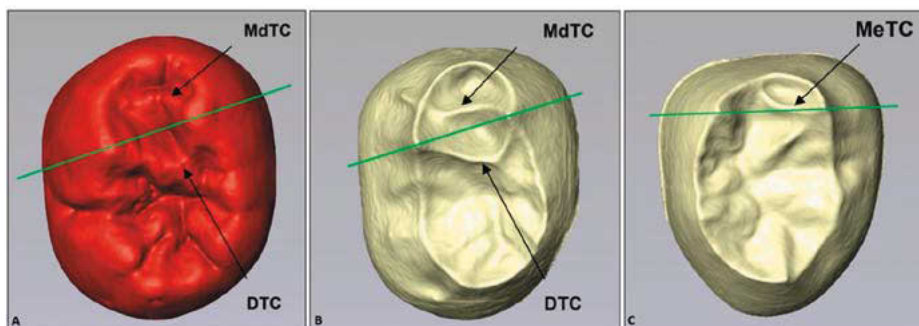


Figure 3

Occlusal surface schemes of the OES (upper left) (explanation in table 2) and EDJ (upper right) (explanation in table 4) including the tips of the dentine horn (represented by circles) of the protoconid and metaconid and the mesial marginal ridge (represented by the continuous black line). Dashed lines mean that the crest is absent or discontinuous. Red lines mean that the crest/ridges are present in the form they are depicted

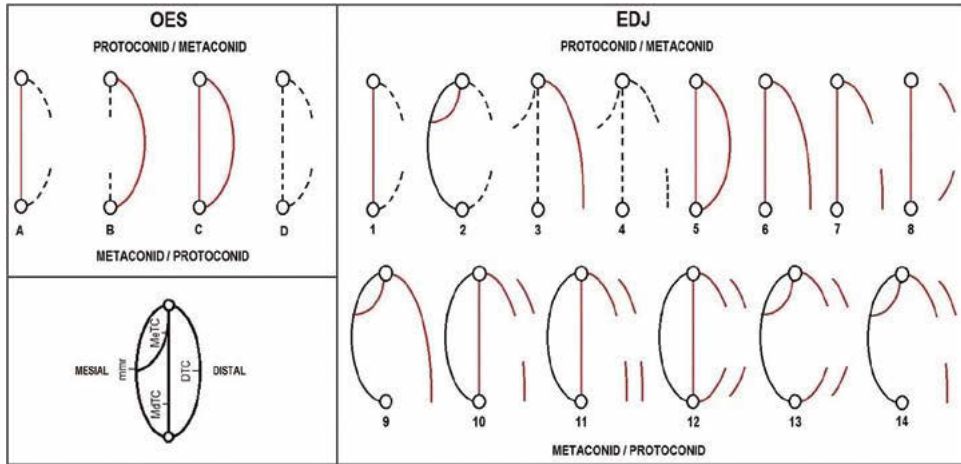
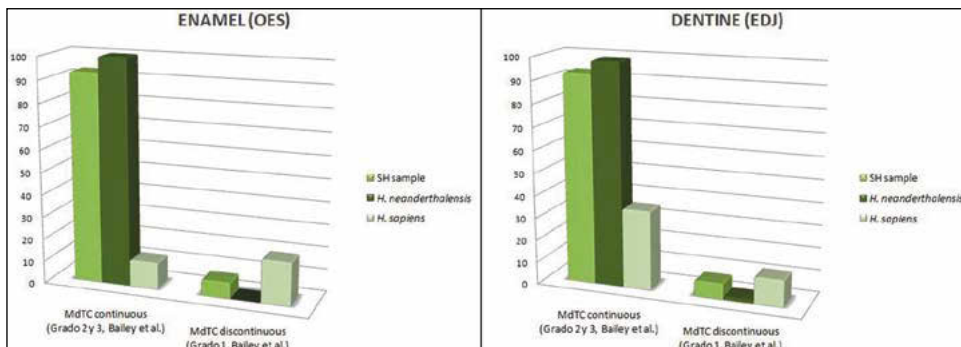


Figure 4

Illustrations of differences among specimens for grades of presence of middle trigonid crest (MdTC) at the OES and EDJ. Note that *H. neanderthalensis* and *H. sapiens* data have been taken from Bailey and colleagues (Bailey et al., 2011)



PRIMATOLOGÍA PARA ANTROPÓLOGOS: CUESTIONES TAXONÓMICAS

PRIMATOLOGY FOR ANTROPOLOGISTS: QUESTIONS ON TAXONOMY

Toja, D.I.

Unidad de Antropología
Facultad de Biología
Universidad de Barcelona
Diagonal 643. 08028 Barcelona. España
dtoja@ub.edu. Fax 93 4035740

Resumen

A través del análisis de diferentes visiones taxonómicas del Orden Primates se intenta plantear las razones del súbito aumento de taxones dentro del mismo, particularmente en los niveles de género y especie. Así, se comparan obras publicadas en los últimos 46 años, destacando las distintas maneras de agrupar las poblaciones conocidas de Primates vivos, con lo que se llega a las siguientes conclusiones: a) Los cambios en la sistemática a nivel de familia son escasos y están centrados, sobre todo, en los Platyrrhini. b) El incremento en número de géneros y especies solo está motivado por el descubrimiento de nuevas poblaciones en unos pocos casos. c) La principal fuente de incremento viene de los cambios en las técnicas de estudio de campo y laboratorio, pero también en gran medida de la sustitución del tradicional Concepto Biológico de Especie (BSC) por otros. d) Paradójicamente, el acceso a mejores estudios de campo está motivado por la degradación y fragmentación de los hábitats de muchas áreas típicamente habitadas por Primates.

Palabras clave: Primates, taxonomía, nuevos taxones, concepto de especie, impacto humano.

Abstract

In order to understand the causes of spectacular increase of taxa number within Primate Order, at genus and species level particularly, I have do a bibliographical review on several taxonomic arrangements of Primates published along the last five decades. The following conclusions seem to be established: a) System-

atic changes at family level are scarce and mainly centred in Playrrhini. b) Increase of number of genus and species is not caused by discovery of unknown populations, with few exceptions. c) The main sources of multiplication of taxa are the improvement of lab and field techniques, as well as the replacement of traditional Biological Species Concept (BSC) by others concepts. d) Paradoxically, improvement of field studies can be attributed to degradation and fragmentation of many areas typically occupied by Primate populations.

Keywords: Primates, Taxonomy, new taxa, species concept, human impact.

INTRODUCCIÓN

Cuando la Unidad de Antropología de la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona introdujo en sus programas una serie de lecciones sobre Primatología también se vio en la necesidad de actualizar a sus profesores. Así, en un aparente episodio de exaptación el autor de este trabajo se vio evolucionando desde la Biodemografía hacia la Primatología, incidiendo en el más temible aspecto de cualquier parte de la Zoología: la Sistemática y su hija/hermana la Taxonomía. Un cuarto de siglo atrás se exacerbaba el debate sobre la división subordinal de los Primates (Martin, 1990) y estaba en pleno auge otra controversia sobre las relaciones superordinales, basada en la posición filogenética de los abstrusos Pleiadapiformes. No tiene nada de raro, por lo tanto, que unas primerísimas preguntas que se podían plantear fueran, después de la elemental cuestión de «qué» son los Primates, «cuántos» y «cuáles» son.

Algunas de estas cuestiones han recibido respuestas quizá no universalmente aceptadas pero sí acogidas con un grado alto de consenso: la mayor parte de los mastozoólogos son partidarios de separar a los Chiroptera de nuestro Superorden Archonta; algo menos de consenso hay en asociarnos con los Gliros. Por otra parte, si son los Dermoptera o los Scandentia nuestros más próximos parientes tampoco tiene, por ahora, una respuesta de consenso (Janecka et al 2007; Martin, 2008). Otras cuestiones no se han terminado de debatir, por falta material de argumentos: el origen de los Haplorhini, con sus problemas anejos de las relaciones entre Tarsiiformes y Simiiformes y de la posición de los extintos Omomyiformes.

Este trabajo no pretende dar una respuesta a estas cuestiones de nivel tan general. En realidad responde a una cuestión práctica de orden docente que frecuentemente se nos plantea por parte de los alumnos: ¿Cuántas familias, géneros y especies hay en nuestro Orden? Con el fin de dar un guión para intentar responder a esta pregunta he planteado una sumaria revisión de algunos trabajos seminales en la historia reciente del estudio de los Primates, con el fin de ver si podemos responder coherentemente a esa pregunta y, algo quizá más importante, de donde surgen las dudas y las variaciones que pueden afectar a las respuestas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Dado que este trabajo es el resultado del análisis mediante recuento de textos ya publicados, este apartado es necesariamente breve. La selección de los trabajos a considerar tampoco es muy extensa, dado que no abundan las recopilaciones taxonómicas. He elegido como inicio del período de estudio el año 1967, por ser el año de publicación de un texto (Napier y Naper, 1967) cuya filosofía cuadra perfectamente con la orientación primordialmente taxonómica. Otros textos generales de Primatología publicados desde entonces no inciden especialmente en la taxonomía de primates vivos, aunque debatan temas generales o especiales con profundidad (véanse Wolfheim, 1983, Martin, 1990, o Campbell et al., 2007). Por otra parte, los paleoprimatólogos parecen complacerse en rechazar cualquier propuesta de los neontólogos; existe, sobre todo, un rechazo consistente (con la excepción de Szalay y Delson, 1979) a aceptar la dicotomía Strepsirhini-Haplorhini e, incluso en estos autores, se da una tendencia general a calzar a los Omomyiformes en una u otra rama de los antecesores de los Primates actuales, sin cuidarse de lo que parecen evidentes homoplasias. En general, los paleontólogos tienden a reducir la importancia de la biología molecular como herramienta taxonómica (aunque tampoco sea un *deus ex machina*) a un mero chiste, con lo que se aferran a clasificaciones ciertamente peregrinas en apartados como los Hominoidea o los Ceboidea..

Así, aparte de Napier y Napier (1967) he seleccionado una breve serie de títulos para cubrir las cuatro últimas décadas: Schultz (1979), Groves (1989), Fleagle (1999), Groves (2001), Wilson y Reeder (2005). Para dar una visión actualizada de la cuestión, y a la espera del anhelado volumen 3º del «Handbook of the Mammals of the World» editado por Mittermeier et al. (en prensa), he recurrido a una serie de actualizaciones regionales como las contenidas en Groves y Shekelle (2010), Groves (2007), Brandon-Jones (2004), Mittermeier et al (2008), de Jong y Butynski (2012), Meyer et al (2011), Lynch Alfaro et al. (2012), Hoffmann et al (2009) o Rylands et al (2012). En general se ha adoptado la mayoría de las innovaciones presentadas, salvo que resultaran mutuamente incoherentes, ya que lo que aquí se presenta es el análisis de una tendencia. Si esta tendencia es parte de un fenómeno cíclico (agrupadores contra separadores) o representa un cambio de paradigma es, precisamente, lo que se intenta deducir en este trabajo.

RESULTADOS

Los resultados de la revisión se resumen en las Tablas 1 y 2 y en la Figura 2. En las dos tablas se usan las mismas siete columnas, correspondientes a los Tratados citados y al resumen de posiciones actuales. La Figura 2 es la plasmación gráfica de la Tabla 2.

DISCUSIÓN

1. Familias

En la Tabla 1 se recoge un resumen de las agrupaciones que cada uno de los autores hace de los Primates entre el nivel de Orden y el de Familia. En los niveles superiores hay dos claras posturas: La clásica o tradicional con Prosimii y Anthro-poidea (=Simii), y la que parece imponerse entre los neoprimitólogos con Haplorhini y Strepsirhini. Como se ha indicado más arriba, los paleoprimitólogos parecen aferrarse a la postura clásica (cf. Fleagle, 2013). Naturalmente, en el nivel de infraórdenes, los Tarsiiformes saltan de una a otra parte de la frontera entre los subórdenes, pero es el único grupo de este nivel que es reconocido con los mismos límites en todas las clasificaciones.

El nivel de Parvorden asignado a las dos secciones del Infraorden Simiiformes depende precisamente de reconocer tal nivel, por lo que inicialmente se presenta en Groves (1989) y es admitido posteriormente por muchos autores recientes.

La agrupación en superfamilias podría parecer inane, dado que la mayoría de los autores reconocen cinco de estas agrupaciones, a despecho de que puedan luego desglosarlas en familias de una u otra manera; se trata de Lorisioidea, Tarsiioidea, Ceboidea, Cercopithecoidea y Hominoidea. Pero los primates de Madagascar se pueden organizar de muchas maneras, y parece que se impone el considerar la existencia de tres superfamilias: Daubentonoidea y Cheirogaloidea (con una familia cada una) y Lemuroidea (con tres familias).

Pero como indica el encabezamiento de este apartado la cuestión que más interesa es el número de familias. Puede parecer sorprendente que, de las 20 familias de Primates definidas en tiempos relativamente recientes, solo cuatro son aceptadas por todos los autores: Indriidae, Daubentoniidae, Tarsiidae e Hylobatidae. Todos son grupos (quizá en menor grado en los Indriidae) tan bien caracterizados morfológica y funcionalmente que no es extraño que sus peculiaridades sean universalmente admitidas.

No obstante, las diferencias en las clasificaciones no son tan grandes como podría pensarse: atañen a cuatro superfamilias, pero de modo diferente. Por ejemplo, la idea de que la familia Lemuridae debe desglosarse en tres (Lemuridae, Indriidae y Lepilemuridae) es algo bien establecido en la actualidad, con la única duda de si los Lepilemuridae no deberían ser llamados Megaladapidae (Groves, 1989, 2001). Por contra, la mayoría de los tratadistas actuales coinciden en que la antigua familia Pongidae debe subsumirse en Hominidae, con el fin de evitar la parafilia que implicaría su mantenimiento. Un caso diferente es el de los Cercopithecoidea: Esta superfamilia acoge aproximadamente a un tercio de los géneros y especies actuales de primates y está dividida en dos grupos con evidentes diferencias, fruto de sendas

especializaciones alimentarias; por un lado los Cercopithecinae, más omnívoros, y por otro, los Colobinae, con un tubo digestivo adaptado a la ingesta y digestión de hojas. No obstante estas diferencias, la posición tradicional de los primatólogos ha sido englobarlos como subfamilias de una única familia (Cercopithecidae), pese a la reacción de Groves (1989). Al mantenimiento de esta posición, que hoy vuelve a verse debatida, contribuyó mucho el trabajo de Goodman et al. (1998) en el que se establecían unos tiempos de divergencia mínimos para los diversos niveles taxonómicos. Dado que colobinos y cercopitecinos probablemente divergen alrededor de la frontera entre el Mioceno inferior y medio (16,4 Mya) o incluso más tarde, se da por sentado que no les corresponde el estatus de familias completas, argumento que por lo visto no compete a los demás Catarrhini, ya que no se han encontrado Homínidae ni Hylobatidae en el Mioceno Inferior.

La principal confusión en la distribución familiar de los Primates proviene, sin duda, de la diversidad de los enfoques que se han empleado para sistematizar a los Platyrrhini. Como puede observarse en la Tabla 2, hay opciones con dos, cuatro, cinco y hasta seis familias. Pero esto no es todo: Perelman et al (2011) en un análisis basado en 54 loci nucleares (40 kbp, aprox.) sobre 186 especies de primates que se puede ver parcialmente en la Figura 1 (adaptada y simplificada de ese trabajo) concluyen que la superfamilia Ceboidea puede desglosarse en tres familias: Pitheciidae (Pitheciinae más Callicebinae), Atelidae (Atelinae más Alouattinae) y Cebidae (todos los demás). En realidad Hershkovitz (1977) también propuso una taxonomía con tres familias, en la que creaba una familia separada para *Callimico*, dada su «posición intermedia» entre Cebidae y Callitrichidae. La opción que se presenta como actual es agrupar a los Ceboidea en cinco familias: Pitheciidae (como en Perelman et al), Atelidae (lo mismo), Aotidae (la especialización nocturna parece argumento suficiente), Cebidae (restringida a Cebinae y Saimirinae) y Callitrichidae. Tanto los análisis moleculares como morfológicos cuadran con esta distribución, que es también la más adecuada ecológicamente (Campbell et al, 2007).

Así, finalmente, la actitud actual más frecuente es reconocer entre 16 y 17 familias, según se admita o no la división de los Cercopithecoidea.

2. Géneros

En menos de medio siglo el número de géneros descritos de Primates a pasado de 55 (Napier y Napier y Schultz cuentan 60 y 61, pero 5 y 6 de ellos son Tupaiidae, hoy en el Orden Scandentia) a 75. De estos 20 nuevos géneros solo dos han surgido como resultado del descubrimiento de poblaciones no catalogadas previamente: el cercopitécido *Rungwecebus* y el calitrícido *Callibella*; ambos grupos son monotípicos (*R. kipunji* y *C. humilis*). No obstante, mientras *Rungwecebus* se afianza como

un género de pleno derecho (Davenport et al., 2006), *Callibella* aparece cada vez más como una forma pigmeizada dentro del género *Mico* (Schneider et al., 2012).

¿De dónde proceden, pues, estos 18 nuevos géneros? De la reevaluación de la variabilidad de los géneros previamente descritos. Así, el antiguo *Lemur* se ha dividido en tres, *Lemur*, *Eulemur* y *Varecia*, y *Hapalemur* se ha desdoblado en *Hapalemur* y *Prolemur*. En los Galagidae, *Galago* se ha multiplicado: *Galago*, *Galagooides*, *Sciurocheirus* y *Otolemur*. En los monos americanos *Callithrix* se expande también: *Callithrix*, el mentado *Callibella* y *Mico*. Los monos capuchinos (*Cebus*) se dividen en robustos (*Sapajus*) y gráciles (*Cebus*). También en los Atelidae se propone un desglose: parte de *Lagothrix* se convierte en *Oreonax*. En los Cercopithecoidea hay también una buena dosis de inflación. *Papio* se desgaja en *Papio* y *Mandrillus*; *Cercocebus* en *Cercocebus* y *Lophocebus*, y añadamos el arriba citado *Rungwecebus*; *Cercopithecus*, además de *Cercopithecus*, da *Chlorocebus* y *Allochrocebus*. *Presbytis* también da tres géneros, *Presbytis*, *Semnopithecus* y *Trachypithecus*; y *Colobus* también se expande a *Colobus*, *Piliocolobus* y *Procolobus*. En los Hominoidea, *Hylobates* se cuadruplica en *Hylobates*, *Hoolock*, *Nomascus* y *Symphalangus*. Aunque hay movimientos contrarios: *Cynopithecus* se subsume en *Macaca*.

El caso de los Tarsiidae lo comentaré con más detalle. Tradicionalmente esta familia se consideraba monogenérica. Esta visión tenía mucho que ver con la escasez y la confusión de la información disponible: aunque no es raro que el número de especies de un género varíe de un autor a otro, lo que si es más raro es que la misma especie sea nombrada con nombres diferentes, o que el mismo nombre sea usado para poblaciones muy diferentes. En un intento de clarificar el espectro taxonómico de los Tarsiidae, Groves y Shekelle (2010) propusieron (después de intensas investigaciones en el campo dirigidas por el propio Shekelle) el cuadro que se puede ver en la Tabla 3. La idea básica es que los tarseros presentan una acusada divergencia a ambos lados de la Línea de Wallace (los tarseros son los únicos primates no humanos, aparte de *Macaca* que se han establecido al E de esta línea). Así, el nombre genérico *Tarsius* queda reservado para la plétora de especies descritas en Célebes e islas adyacentes, y los que se han quedado al W de la Línea también divergen ampliamente: para los de las islas del Mar de la China Meridional se recupera el sinónimo *Cephalopachus*, y para los tarseros filipinos se erige el neologismo *Carlito*. En resumen, los nuevos géneros descritos en los últimos años tienen más su cuna en el laboratorio que en el campo.

3. Especies

Entre la recopilación de Napier y Napier (1967) y las revisiones regionales actuales se ha pasado de 186 a más de 450 (y eso sin contar las «nov. sp» sin nombre atribuido), como se puede observar en la Tabla 3 y la Figura 2. Nuevamente, la causa principal de

esta explosión no es el «descubrimiento» de poblaciones no catalogadas (salvo en un sentido muy restrictivo): estos hallazgos existen, pero son poco numerosos. Por ejemplo, en los últimos tres años se han descrito hasta 10 especies basadas en descubrimientos de este tipo: cuatro especies de *Microcebus* de Madagascar, dos de *Callicebus* de Sudamérica y una de *Rhinopithecus* (Birmania), *Nycticebus* (Borneo), *Nomascus* (Indochina) y *Cercopithecus* (Congo). ¿Hasta qué punto estos hallazgos son completamente inesperados? En el caso de Madagascar hace tiempo que se sabe que muchas de las especies diagnosticadas tradicionalmente son etiquetas genéricas para conjuntos de poblaciones cuya taxonomía interna es poco conocida (Mittermeier et al., 2008); cuando la disponibilidad de medios y personal ha permitido un análisis más concienzudo han comenzado las sorpresas. Hace 30 años *Avahi*, *Phaner*, *Lepilemur*, *Propithecus* o *Microcebus* eran géneros con una o dos especies; en la actualidad *Phaner* ha pasado de una a cuatro, *Propithecus* de dos a nueve, *Avahi* de una a nueve, *Microcebus* de dos a veintiuna y *Lepilemur* de una a ¡veinticinco! En realidad, uno de los factores más paradójicos de nuestra mejor comprensión de la distribución de la variabilidad es la degradación del bosque donde habitaban estos animales: la penetración humana en estos hábitats se hace por las vías de menor resistencia (ríos, vaguadas y valles) que, a menudo, ya cumplen una función natural de frontera entre especies congénéricas. Así, se produce al mismo tiempo el aislamiento de las poblaciones y la creación de vías que permiten acercarse a ellas (véase, por ejemplo, Eschmann et al., 2008 y su bibliografía). De la misma manera, la presencia de titíes, loris, guenones, monos chatos y gibones en las respectivas zonas de descubrimiento eran conocidas, por lo que la novedad radica en que los zoólogos los identifiquen como entidades taxonómicas diferenciadas. Quizá el más «novedoso» de todos los hallazgos haya sido el de *Callicebus caquetensis*, en una zona muy restringida y degradada.

Pero el principal mecanismo por el que se incrementa el número de especies lo podemos intuir comparando (Tabla 3) los números de Napier y Napier (1967) y Groves (2001): los primeros citan, prescindiendo de los Tarsiidae, 186 especies y 525 subespecies (en total 624 taxones); el segundo 334 y 332 (en total 434 taxones). ¿Quiere esto decir que en 34 años han desaparecido casi 200 taxones? No, en realidad las cifras no revelan lo mismo: muchos de los taxones de Napier y Napier son sinonimias no aceptadas por Groves por razones diversas; la verdad es que bastante trabajo tuvieron para realizar en un auténtico manual un resumen encomiable de nuestro Orden, allí donde primatólogos de la talla de W.C. Osman Hill o Philip Hershkovitz no consiguieron, por exceso de detalle, dar remate a tan necesarias revisiones. Por el contrario, Groves es mucho más cauteloso a la hora de aceptar posibles taxones, particularmente subespecies. No obstante, cuatro años después, en el seno de «Mammals of the World» (Wilson y Reeder, 2005) dirigiendo la sección de Primates, aumenta el número de especies en 43, mientras solo disminuye las subespecies en 14. Y en la columna de «actual» a la que Groves contribuye también ampliamente, las nuevas especies son más de 80, mientras las

subespecies disminuyen en 8. Resumiendo, nos volvemos a acercar al número de taxones de Napier y Napier, muchos de los cuales fueron definidos en fechas tan antiguas como desde finales del siglo XVIII a principios del siglo XX. Al fin, lo que parece es que grupos asignados a subespecies han sido diagnosticados como especies completas. ¿Por qué? Pues porque el criterio definidor de «especie» ha variado: los taxonomistas (particularmente los «de museo») encuentran difícilmente aplicable el tradicional Concepto Biológico de Especie (BSC) tal como fue planteado por Mayr (1969), particularmente porque los criterios de aislamiento reproductor son muy duros de comprobar y no garantizan realmente nada; ni siquiera la esterilidad híbrida es garantía de una separación específica, puesto que, como mecanismo de aislamiento reproductor, es antieconómica e inconcebible como resultado de una presión de selección. Por otra parte, ¿qué sucede con las poblaciones geográficamente aisladas? ¿Se reproducirán si entran en contacto o no? Veamos el ejemplo de *Callicebus* (Tabla 4) (Van Roosmalen et al., 2002). Cada revisión de la taxonomía del género incrementa la diversidad, tanto en especies como en subespecies, pero también va precisando el marco geográfico: cada población de *Callicebus*, sea específica o (cada vez menos) subespecífica, está separada por barreras geográficas, particularmente ríos, de las demás. Además, los casos de hibridación son raros.

Por ello, muchos taxónomos actuales piensan que es más aplicable el Concepto Filogenético de Especie (PSC) (Cracraft, 1983) que se rige fundamentalmente por la monofilia. Indudablemente el PSC favorecerá la multiplicación de especies, pero no más allá del criterio morfogeográfico que también está, aunque menos explícito, en la base del BSC. Pero también reducirá el número de subespecies y, sobre todo, al asignar un nombre a cada población diferenciada, ayudará a la comprensión y la comunicación sobre la diversidad de los primates.

BIBLIOGRAFÍA

- Brandon-Jones, D. (2004) A taxonomic revision of langurs and leaf monkeys (Primates: Colobinae) of South Asia. *Zoos' Print. J.* 19: 1552-1594.
- Campbell, C.J., Fuentes, A., MacKinnon, K.C., Panger, M., Bearder, S.K. (2007). *Primates in Perspective*. Oxford University Press, Oxford.
- Cracraft, J. (1983). Species concept and speciation analysis. En: *Current Ornithology*. Vol.1, R.F. Johnston, Ed.: 159-187. Plenum Press. New York.
- Eschmann, C., Moore, R., Nekaris, K.A.I. (2008) Calling patterns of Western purple-faced langur (Mammalia: Primates: Cercopithecidae: *Trachypithecus vetulus nestor*) in a degradate landscape in Sri Lanka. *Contrib. Zool.* 77 (2) 56-67.

- Fleagle, J.G. (1999) *Primate Adaptation and Evolution* (2nd Edition). Academic Press, San Diego.
- Fleagle, J.G. (2013) *Primate Adaptation and Evolution* (3rd Edition). Academic Press, San Diego.
- Goodman, M., Porter, C.A., Czelusniak, J., Page, S.L., Schneider, H., Shoshani, J., Gunnell, G., Groves, C.P. (1998) Toward a Phylogenetic Classification of Primates Based on DNA Evidence Complemented by fossil Evidence. *Mol. Phylogen. Evol.* 9(3): 585-598.
- Groves, C.P. (1989) *A Theory of Human and Primate Evolution*. Oxford University Press, New York.
- Groves, C.P. (2001) *Primate Taxonomy*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.
- Groves, C.P. (2007) The taxonomic diversity of the Colobinae of Africa. *J. Anthropol. Sci.* 85: 7-34.
- Groves, C.P., Shekelle, M. (2010) The genera and species of Tarsiidae. *Int. J. Primatol.* 31: 1071-1082.
- Hershkovitz, P. (1977) *Living New World Monkeys (Platyrrhini) with an Introduction to Primates*. University of Chicago Press. Chicago.
- Hoffmann, M., Grubb, P., Groves, C.P., Hutterer, R., Van Der Straeten, E., Simmons, N., Bergmans, W. (2009) A synthesis of African and western Indian Ocean mammal taxa (Class. Mammalia) described between 1988 and 2008: an update to Allen (1939) and Ansell (1989). *Zootaxa* 2205: 1-36.
- Janecka, J.E., Miller, W., Pringle, T.H., Wiens, F., Helgen, K.M., Springer, M.S., Murphy, W.J. (2007) Molecular and genomic data identify the closest living relative of primates. *Science* 318: 792-794.
- de Jong, Y.A., Butynski, T.M. (2012) The Primates of East Africa: Country Lists and Conservation Priorities. *Afr. Prim.* 7(2): 135-155.
- Lynch Alfaro, J.W., Silva, J.S.Jr., Rylands, A.B. (2012) How different Are Robust and Gracile Capuchin Monkeys? An Argument for the Use of *Sapajus* and *Cebus*. *Amer. J. Primatol.* 74: 273-286.
- Martin, R.D. (1990) *Primate Origins and Evolution: A Phylogenetic Reconstruction*. Chapman & Hall, London.
- Martin, R.D. (2008) Colugos: obscure mammals glide into evolutionary limelight. *J. Biol.* 13.
- Mayr, E. (1969) *Principles of systematic zoology*. McGraw-Hill. New York.
- Meyer, D., Rinaldi, I.D., Ramlee, H., Perwitasari-Farajallah, D., Hodges, J.K., Roos, C. (2011) Mitochondrial Phylogeny of leaf monkeys (genus *Presbytis*, Eschscholtz, 1821). *Mol. Phylogen. Evol.* 59: 311-319.
- Mittermeier, R.A., Ganzhorn, J.U., Konstant, W.R., Glander, K., Tattersall, I., Groves, C.P., Rylands, A.B., Hapke, A., Ratsimbafazy, J., Mayor, M.I., Louis, E.E.Jr., Rum-

- pler, Y., Schwitzer, C., Rasoloarison, R.M. (2008) Lemur Diversity in Madagascar. *Int. J. Primatol.* 29 : 1607-1656.
- Mittermeier, R.A., Rylands, A.B., Wilson, D.E. (eds.) (2013, en prensa) *Handbook of the Mammals of the World. 3. Primates.* Lynx Edicions. Barcelona.
- Napier, J.R., Napier, P.H. (1967) *A handbook of living Primates.* Academic Press. London.
- Rylands, A.B., Mittermeier, R.A., Silva, J.S.jr. (2012) Neotropical primates: taxonomy and recently described species and subspecies. *Int. Zoo. Yb.* 46: 11-24.
- Schneider, H., Bernardi, J.A.R., Da Cunha, D.B., Tagliaro, C.H., Vallinoto, M., Ferrari, S.F., Sampaio, I. (2012) A molecular analysis of the evolutionary relationships in the Callitrichinae, with emphasis on the position of the dwarf marmoset. *Zool. Scr.*, 4(1):1-10.
- Schultz, A.H. (1979) *Los Primates.* Ediciones Destino. Barcelona.
- Szalay, F.S., Delson, E. (1979) *Evolutionary History of the Primates.* Academic Press. New York.
- Van Roosmalen, M.G.M., Van Roosmalen, t., Mittermeier, R.A. (2002) A taxonomic review of the titi monkeys, Genus *Callicebus* Thomas, 1903, with the description of two new species, *Callicebus bernhardi* and *Callicebus stephennashi*, from Brazilian Amazonia. *Neotropical Primates* 10 (suppl.): 1-52.
- Wilson, D.E., Reeder, D.M. (eds.) (2005) *Mammals of the World: A Taxonomic and Geographic Reference.* (3rd. edition). Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- Wolfheim, J.H. (1983) *Primates of the World: Distribution, abundance and conservation.* University of Washington Press. Seattle, London.

Figura 1
Relaciones de los Platyrrhini basadas en el análisis de la variabilidad de 54 loci nucleares (adaptada de Perelman et al., 2011)

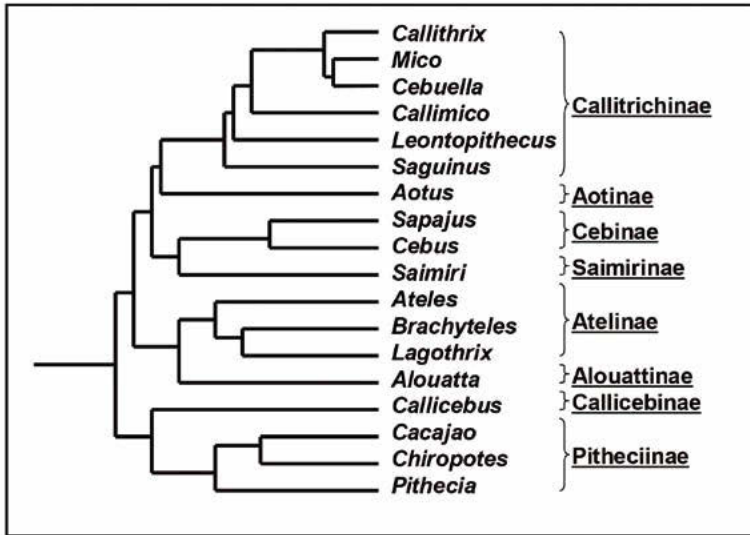


Figura 2
Evolución del número de géneros, especies y subespecies diagnosticados en las diferentes revisiones taxonómicas

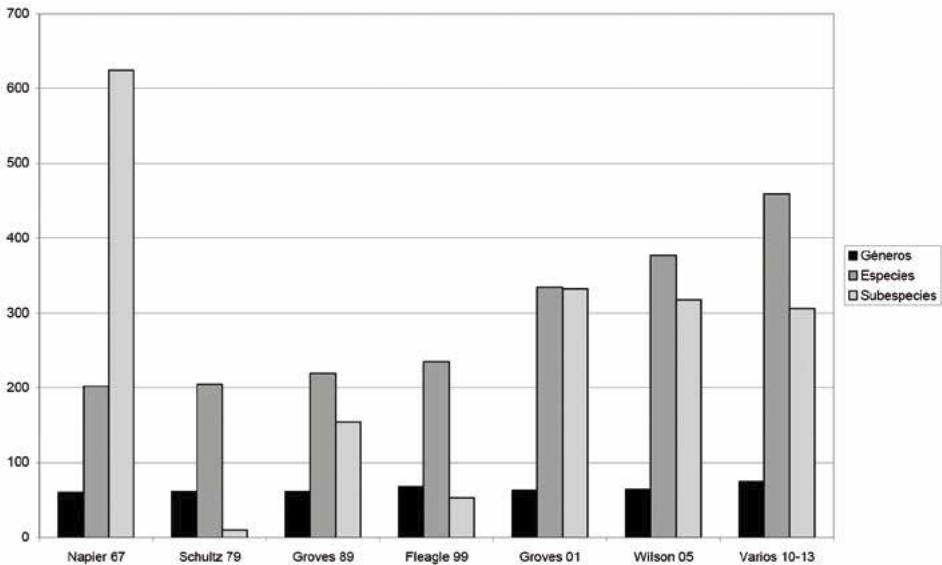


Tabla 1
Agrupaciones de nivel intermedio en el Orden Primates según diversos autores por orden de publicación

Nivel	Napier 67	Schultz 79	Groves 89	Fleagle 99	Groves 01	Wilson 05	Var. 10-13'
Suborden	Prosimii	Prosimii	Strepsirhini	Prosimii	Strepsirhini	Strepsirhini	Strepsirhini
	Anthropoid.	Simii	Haplorhini	Anthropoid.	Haplorhini	Haplorhini	Haplorhini
Infraorden		Tupaiform.	---	---	---	---	---
	Lemuriform.	Lemuriform.	Lemuriform.		Lemuriform.	Lemuriform.	Lemuriform.
			Chiromyif.	Lemuriform.	Chiromyifor.	Chiromyifor.	
	Lorisiform	Lorisiform	Lorisiformes		Lorisiformes	Lorisiformes	Lorisiformes
	Tarsiiformes	Tarsiiforme		Tarsiiformes			
			Tarsiiformes		Tarsiiformes	Tarsiiformes	Tarsiiformes
Parvord.²		Platyrrhini	Simiiformes	Platyrrhini	Simiiformes	Simiiformes	Simiiformes
		Catarrhini		Catarrhini			
			Platyrrhini		Platyrrhini		Platyrrhini
			Catarrhini		Catarrhini		Catarrhini
Superfam.	Tupaioidea	Tupaioidea	---	---	---	---	---
	Lemuroidea	Lemuroidea	Lemuroidea	Lemuroidea	Lemuroidea	Lemuroidea	Lemuroidea
	Daubentono.	Daubentono	Daubentono	Lemuroidea	Cheirogaleoi	Cheirogaleoi	Cheirogaleoi
	Lorisoidea	Lorisoidea	Lorisoidea	Lorisoidea	Daubentono	Daubentono	Daubentono
	Tarsioidea	Tarsioidea		Tarsioidea	Lorisoidea	Lorisoidea	Lorisoidea
			Tarsioidea		Tarsioidea		
	Ceboidea	Ceboidea	Ceboidea	Ceboidea	Tarsioidea	Tarsioidea	Tarsioidea
	Cercopithec.	Cercopithec.	Cercopithec.	Cercopithec.	Ceboidea	Ceboidea	Ceboidea
	Hominoidea	Hominoidea	Hominoidea	Hominoidea	Cercopithec.	Cercopithec.	Cercopithec.
			Hominoidea	Hominoidea	Hominoidea	Hominoidea	Hominoidea

Nivel	Napier 67	Schultz 79	Groves 89	Fleagle 99	Groves 01	Wilson 05	Var. 10-13 ¹
	Tupaiaidae	Tupaiaidae	---	---	---	---	---
	Lemuridae	Lemuridae	Cheirogaleid Lemuridae Lepilemurid.	Cheirogaleid Lemuridae Lepilemurid. Indriidae	Cheirogaleid Lemuridae Lepilemurid. Indriidae	Cheirogaleid Lemuridae Lepilemurid. Indriidae	Cheirogaleid Lemuridae Lepilemurid. Indriidae
	Indriidae	Indriidae	Indriidae	Indriidae	Indriidae	Indriidae	Indriidae
	Daubentonii	Daubentonii	Daubentonii.	Daubentonii.	Daubentonii.	Daubentonii.	Daubentonii.
	Lorisidae	Lorisidae	Lorisidae	Lorisidae Galagidae	Lorisidae Galagidae	Lorisidae Galagidae	Lorisidae Galagidae
	Tarsiidae	Tarsiidae	Tarsiidae	Tarsiidae	Tarsiidae	Tarsiidae	Tarsiidae
	Callitrichid.	Callitrichid.	Callitrichid. Cebidae	Cebidae	Cebidae	Cebidae	Callitrichid. Cebidae
Familia	Cebidae	Cebidae	Aotidae Atelidae Pitheciidae Callicebidae	Atelidae	Aotidae Atelidae	Aotidae Atelidae	Aotidae Atelidae
	Cercopitheci	Cercopithec	Cercopitheci. Colobidae	Cercopitheci.	Cercopitheci.	Cercopitheci.	Cercopitheci. Colobidae
	Hylobatidae	Hylobatidae	Hylobatidae	Hylobatidae	Hylobatidae	Hylobatidae	Hylobatidae
	Pongidae	Pongidae	Hominidae	Pongidae Hominidae	Hominidae	Hominidae	Hominidae
	Hominidae	Hominidae	Hominidae	Hominidae	Hominidae	Hominidae	Hominidae
	12 (11)	12 (11)	17	14	15	15	17

--- No incluidos en los Primates por los autores correspondientes.

¹ Véase el texto para esta categoría.

² Siempre dentro del infraorden Simiiformes.

	Napier 67		Schultz 79		Groves 89		Fleagle 99		Groves 01		Wilson 05		Varios 10-13	
CR	14	77	275	14	78									
CO						11	54	27						
						7	33	6	23	88	27	18	113	169
												14	132	171
HY	2	7	17	2	7	1	10	4	1	9	2	1	14	14
												4	14	15
HO ¹	3	4	8	3	4	4	5	8	3	4	8	4	7	11
	1	1		1	1	4			1	1				
TOT	60	202	624	61	205	10	219	154	68	235	53	63	334	332
						61	219	154	68	235	53	63	334	332
												64	377	318
												75	451	310

¹ G, géneros; E, especies; S, subespecies.

² No incluidos en los Primates a partir del final de los años 70.

³ Cuando hay dos cifras la casilla inferior corresponde a «Callicebidae».

⁴ Cuando hay dos cifras la casilla superior corresponde a «Pongidae».

Tabla 3
Resumen de algunos de los rasgos diferenciales más conspicuos entre los géneros propuestos para los Tarsiidae actuales

	<i>Tarsius</i>	<i>Carlito</i>	<i>Cephalopachus</i>
Dentición	Pequeña	Intermedia	Grande
Ojos	Menos grandes	Grandes	Muy grandes
Brazos y manos	Cortos	Intermedios	Largos
Penacho caudal	Muy hirsuto: parece un limpiapipas	Poco hirsuto: casi desnudo	Intermedio: recuerda una flecha emplumada
Almohada caudal	Superficie de fricción	Piel dérmica	Piel dérmica con crestas papilares
Mamas	3 pares	2 pares	3 pares
Cromosomas (2n)	46	80	80
Socioecología	Muy social.	Intermedio. No hay grupos en la naturaleza, pero los toleran en cautividad	No social: no tolera los grupos.
Vocalizaciones	Muy vocal: dúos	Intermedio: sin dúos	Poco vocal: sin dúos
Distribución	Célebes e islas próximas, al este de la línea de Wallace	«Gran Mindanao»	Borneo, Sumatra y otras islas del mar de China meridional.
Número de especies	9 o más*	1 (3-7 ssp.)**	1 (4-8 ssp.)***

*Al menos otras dos especies podrían ser identificadas por vocalizaciones características.

** Podría ser que varias de las islas Visayas tuvieran poblaciones diferenciadas.

*** Una sola subespecie para una isla del tamaño de Borneo resultaría poco convincente.

Tabla 4
Composición del género *Callicebus* (Callicebinae, Ptilheciidae) según diversas revisiones taxonómicas

a	b	c	d	e	f
<i>C. moloch moloch</i> <i>C. m. cupreus</i> <i>C. m. donacophilus</i> <i>C. m. brunneus</i> <i>C. m. discolor</i> <i>C. m. ornatus</i> <i>C. m. hoffmannsi</i>	<i>C. modestus</i>	<i>C. donacophilus donacophilus</i> <i>C. d. pallescens</i> <i>C. olallae</i> <i>C. modestus</i>	<i>C. modestus</i>	<i>C. donacophilus</i> <i>C. pallescens</i> <i>C. oenanthe</i> <i>C. olallae</i> <i>C. modestus</i>	<i>C. (Callicebus) donacophilus</i> <i>C. (C.) pallescens</i> <i>C. (C.) oenanthe</i> <i>C. (C.) olallae</i> <i>C. (C.) modestus</i>
<i>C. torquatus torquatus</i> <i>C. t. lugens</i> <i>C. t. medemi</i>	<i>C. donacophilus donacophilus</i> <i>C. d. pallescens</i> <i>C. oenanthe</i> <i>C. olallae</i>	<i>C. cupreus cupreus</i> <i>C. c. discolor</i> <i>C. c. ornatus</i>	<i>C. donacophilus</i> <i>C. pallescens</i> <i>C. oenanthe</i> <i>C. olallae</i>	<i>C. cupreus</i> <i>C. caligatus</i> <i>C. discolor</i> <i>C. ornatus</i> <i>C. dubius</i> <i>C. stephennashi</i>	<i>C. (C.) cupreus</i> <i>C. (C.) caligatus</i> <i>C. (C.) discolor</i> <i>C. (C.) ornatus</i> <i>C. (C.) dubius</i> <i>C. (C.) stephennashi</i> <i>C. (C.) aureipalati</i> <i>C. (C.) caquetensis</i>

a	b	c	d	e	f
	C. moloch C. cinerascens C. cupreus cupreus C. c. discolor C. c. ornatus C. caligatus C. brunneus C. hoffmannsi hoffmannsi C. h. baptista C. dubius C. personatus personatus C. p. melanochir C. p. nigrifrons C. p. barbarabrownae	C. moloch C. cinerascens C. brunneus C. hoffmannsi hoffmannsi C. h. baptista	C. moloch C. cupreus cupreus C. c. discolor C. c. ornatus C. cinerascens C. brunneus C. hoffmannsi C. baptista C. personatus personatus C. p. melanochir C. p. nigrifrons C. p. barbarabrownae C. coimbrai	C. moloch C. cinerascens C. brunneus C. hoffmannsi C. baptista C. bernhardi	C. (C.) moloch C. (C.) cinerascens C. (C.) brunneus C. (C.) hoffmannsi C. (C.) baptista C. (C.) bernhardi C. (C.) vieirai
	C. torquatus torquatus C. t. lugens C. t. lucifer C. t. purinus C. t. regulus C. t. medemi	C. personatus C. melanochir C. nigrifrons C. barbarabrownae C. coimbrai	C. torquatus torquatus C. t. lugens C. t. lucifer C. t. purinus C. t. regulus C. t. medemi	C. personatus C. melanochir C. nigrifrons C. barbarabrownae C. coimbrai	C. (C.) personatus C. (C.) melanochir C. (C.) nigrifrons C. (C.) barbarabrownae C. (C.) coimbrai
		C. torquatus torquatus C. t. lugens C. t. lucifer C. t. purinus C. t. regulus C. t. medemi		C. torquatus C. lugens C. lucifer C. purinus C. regulus C. medemi	C. (Torquatus) torquatus C. (T.) lugens C. (T.) lucifer C. (T.) purinus C. (T.) regulus C. (T.) medemi C. (T.) nova sp.

a, b, c, d, e: ver Van Roosmalen et al., 2002. f: ver Rylands et al., 2012
 Los nombres en negrita corresponden a los epónimos de los grupos de especies

**LA NECRÓPOLIS DE EL CAÑO:
INDICIOS DE SACRIFICIO RITUAL EN
EL «GRAN COCLÉ», PANAMÁ**

**EL CAÑO FUNERARY COMPLEX:
EVIDENCE OF RITUAL SACRIFICE IN
THE «GRAN COCLÉ», PANAMÁ**

**Trujillo-Mederos, A.^{1,4*}; Mayo, J.^{2,4}; Mayo, C.^{3,4};
Franco-Fernández, M.A.⁴; Guinea, M.^{1,4}**

¹ Dpto. América II (Antropología de América)
Ciudad Universitaria, s/n, Universidad Complutense de Madrid, España

² Smithsonian Tropical Research Institute
Corregimiento de Ancón, República de Panamá

³ Instituto Nacional de Cultura, República de Panamá

⁴ Fundación El Caño, Ciudad del Saber Edf. 212, PBC, Clayton
Panamá, República de Panamá

* aiozetz@gmail.com

Resumen

Se analizaron los restos antropológicos procedentes de la Necrópolis de El Caño (Coclé, Panamá). En concreto se estudiaron los cuerpos depositados en la plataforma 3 de la Tumba T2, la cual albergaba en su interior un total de 19 individuos depositados en posición extendida de decúbito prono. Todos ellos eran individuos adultos, varones y con edades comprendidas entre los 20 y los 45 años. El individuo I7, que era la persona de más alto estatus y que estaba colocado en una posición central, era el sujeto de mayor edad. El hallazgo de una olla con restos de pez globo sugiere que estos individuos murieron por envenenamiento durante un sacrificio ritual practicado a la muerte del personaje principal, práctica que recoge algunos autores en las fuentes etnohistóricas.

Palabras clave: Coclé, Panamá, El Caño, sacrificio.

Abstract

19 individuals, from platform number 3 (Tumb T2) of the el Caño funerary complex (Coclé, Panamá), were analysed. They were all adults, male and they

were also aged between 20 and 45. The corpse I7, was the oldest one; the one with highest status and he was placed in a central position. The finding of a pot with puffer fish remainders, indicated us that the cause of death may have been a poisoning; a poisoning during a ritual sacrifice as ethnohistoric references reflects.

Keywords: Coclé, Panamá, El Caño, sacrifice.

INTRODUCCIÓN

La muerte ritual ha sido practicada por numerosas culturas alrededor del mundo. En la América precolombina los casos más conocidos son los de los mayas y aztecas en México, los mochicas e incas en Perú y los chibchas en Colombia. No obstante, aunque mucho más escasas, también existen referencias arqueológicas y documentales de estas prácticas en algunos grupos centroamericanos. Para el siglo XVI en el Istmo, Fernández de Oviedo (1983 [1535]) relata como a la muerte de un cacique parte de los miembros de su grupo se suicidaban para así acompañarlo en su otra vida.

A pesar de la existencia de estas referencias, hasta este momento no existían indicios arqueológicos en el istmo que pudieran corroborar lo recogido por las fuentes documentales, debido a la escasez de trabajos arqueológicos en el área y la mala conservación de los restos óseos. Ahora, gracias a los recientes hallazgos en El Caño, es posible llevar a cabo el estudio de un contexto funerario completo, ajuares y osamentas, en el cual investigar la existencia o no, en los entierros de las personas de alto estatus de Gran Coclé, de un ritual que incluya la muerte por sacrificio y/o suicidio.

El sitio de El Caño, al que algunos se refieren como el Dorado de Panamá por la cantidad de piezas de oro que se han hallado en sus tumbas, está localizado a orillas de Río Grande en la provincia de Coclé, Panamá (Figura 1). Esta región tiene un especial interés arqueológico, ya que en la década de los años 30 se excavaron grandes y suntuosas tumbas en las que se hallaron miles de artefactos de oro, así como cerámicas de vistosos diseños y utensilios de la vida cotidiana que evidencian el desarrollo tecnológico y social de estas sociedades de rango o jefaturas.

Este yacimiento, cuya cronología oscila entre 750 y el 1000 d.C., es un gran complejo funerario compuesto por un área ritual con estructuras de piedra y un conjunto de grandes tumbas múltiples de élite, en las que fueron enterrados los individuos de mayor importancia social de la región. Los individuos principales de cada tumba estaban ataviados con suntuosos ajuares de oro, cobre, hueso y piedras preciosas (William, 2012).

MATERIAL

El material bioantropológico analizado para este trabajo forma parte de la colección osteológica procedente de la Tumba T2 de El Caño. De todas las tumbas excavadas hasta el momento, ésta es la de mayores dimensiones y complejidad (Figura 2). Presenta tres niveles o plataformas en las que se han identificado un total de 35 individuos. No obstante, dado el particular interés de esta investigación sólo se presenta el análisis de los restos hallados en la tercera de estas plataformas, la cual albergaba al cacique o jefe principal acompañado de los restos de otros 18 individuos.

MÉTODO

Para determinar el sexo se procedió a la observación macroscópica de los rasgos morfológicos más marcados de cráneos, mandíbulas y pelvis, según los criterios establecidos por Buikstra y Ubelaker (1994). En los casos en los que el mal estado de conservación impedía determinar el sexo con garantías mediante la observación morfoscópica, se aplicaron las fórmulas de regresión lineal reportadas por Ríos (2004). Para estimar la edad aparente de muerte se siguieron los modelos de relación desgaste oclusal-edad propuesto por Zubov (1968 en Rodríguez, 1999) y Lovejoy (1985). Por último, para identificar y analizar las fracturas y las contusiones se siguieron las recomendaciones reportadas por Botella *et al.*, (2000).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra el resumen de los datos obtenidos en el análisis de los 19 cuerpos. Como se puede apreciar, todos los individuos pertenecen al sexo masculino y están dentro del rango etario de adultos o adultos jóvenes, salvo el Individuo I7, cuya edad estimada de muerte es de más de 45 años. Este individuo también presentaba pérdida *antemortem* de numerosos dientes y la presencia de enfermedad degenerativa articular (EDA) en vértebras y miembros inferiores.

Por otro lado, y a pesar del mal estado de conservación de los restos, se registró la presencia de una doble fractura bilateral a nivel del tercio proximal de los fémures de los individuos I12 e I18, ambos dispuestos uno sobre el otro.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La plataforma 3 de la Tumba T2 albergaba en su interior un total de 19 cuerpos depositados en posición extendida de decúbito prono. Todos ellos eran individuos

adultos, varones y con edades comprendidas entre los 20 y los 45 años. El individuo I7, que era la persona de más alto estatus y que estaba colocado en una posición central, era el sujeto de mayor edad y el único que presentaba pérdidas dentales *antemortem* y EDA. Todos ellos tenían asociados armas y trofeos de guerra por lo que se piensa que se trata de guerreros.

La presencia de tumbas múltiples, con ajuares y artefactos relacionados con la guerra en el yacimiento de Sitio Conte, similares a las de El Caño, llevó a proponer a algunos especialistas que este tipo de enterramiento colectivo agrupaba a guerreros muertos en batalla (Briggs, 1989; Cooke *et al.*, 2003). No obstante, en este yacimiento no se describieron fracturas óseas ni otras evidencias de muerte violenta que sustentara dicha hipótesis. En el caso de El Caño, aunque sí se registraron fracturas, éstas no podrían relacionarse directamente con un enfrentamiento bélico, ya que sólo son dos casos, están localizadas en el mismo lugar y pertenecen a dos individuos que estaban depositados uno sobre el otro. Estas fracturas podrían ser consecuencia de otras actividades, relacionadas con el ritual de entierro, como un tipo de juego ritual como el *krün gitde* o *balsería*, que actualmente es practicado por los indígenas *Gnöbe buglé*, y que consiste en golpear con dureza al oponente en las piernas hasta abatirlo (Cooke, 1982). Por otro lado, el descubrimiento en El Caño de un cementerio con tumbas colectivas de élite ha sumado más casos de enterramientos múltiples a los ya conocidos en Sitio Conte. Esto indica, por un lado, la existencia de un patrón cultural funerario según el cual los personajes de alto estatus eran sistemáticamente enterrados con otras personas; y por otro, hace inconsistente la tesis de que la muerte en batalla sea la única explicación a la presencia de varios cuerpos en una misma tumba. De hecho, existen otras formas de deceso colectivo recogido en los documentos etnohistóricos:

«En Panamá, y Natá y Pacora, y otras provincias de la lengua de Cueva, en la costa del mar del Sur y por allí cerca, se acostumbra, en muriéndose el cacique, que todos los familiares [...] se mataba cantando primero la vida y obras de aquel su señor difunto, tienen así puesta una gran toreba (que quiere decir olla) y una concha de una ostia o un calabacillo o cuello de calabaza, de que se sirven de cuchara, y toman un trago de la ponzoña, o dos, que está en aquella olla, y caen muertos, según es grande la potencia de aquel veneno ponzoñoso»

Fernández de Ovideo (1983 [1535]). T. VIII, c. XXXI

Teniendo en cuenta lo anterior, el hallazgo de una vasija con restos de dos especies venenosas de pez globo (*Guntheridia formosa* y *Sphoeroides annulatus*) en la tumba T2 (Figura 3), abunda en la idea de que los individuos enterrados murieron, posiblemente envenenados, para acompañar al cacique y no como consecuencia de un enfrentamiento bélico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido en parte financiado por el Instituto Nacional de Cultura (INAC) y por la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).

REFERENCIAS

- Cooke, R.G., Isaza, I., Griggs, J., Desjardins, B., Sánchez, L.A. (2003) Who Crafted, Exchanged and Displayed Gold in Pre-Columbian Panama?. En: Quilter J., Hoopes W. (Eds.). *Gold and Power in Ancient Costa Rica, Panama and Colombia*: 91-158. *Dumbarton Oaks Research Library and Collection*. Washington, D.C.
- Botella, M., Alemán, I., Brobeil, S. (1999) *Los Huesos Humanos. Alteraciones y manipulaciones*. Barcelona: Ediciones Bellaterra.
- Buikstra, J.E., Ubelaker, D.H. (eds.) (1994): *Standards for data collection from human skeletal remains*, Arkansas: Arkansas archaeological survey research series (44).
- Briggs, P.S. (1989) *Art, Death and Social Order: the Mortuary Arts of Pre-Conquest Central Panamá*. (BAR International Series 550). Oxford: British Archaeological Reports.
- Fernández de Oviedo, G. (1983 [1535]) *Historia general y natural de las indias, islas y tierra firme del Mar Océano*, vol. 3 (Amador Ríos J. Ed.). Madrid: Imprenta de la Real Academia de la Historia.
- Lovejoy, O.C. (1985) Dental wear in the libben population: It's functional pattern and role in the determination of adult skeletal age and death. *Am J Phys Anthropol* 68(1):47-56.
- Ríos, L. (2004): Metric determination of sex from the humerus in a Guatemalan Forensic sample. *Forensic Sci Int* 147(2-3):153-157.
- Rodríguez, J.V. (1999): *Avances de la Antropología Dental en Colombia*. Bogotá: UNAL.
- William, A.R. (2012): The Golden Chiefs of Panama. *Nat. Geog Mag* 221(1):66.

Tabla 1
Resumen de los datos bioantropológicos obtenidos

Nº	Sexo	Edad
I1	Varón	25 - 30
I2	Varón	30 - 35
I3	Varón	30 - 35
I4	Varón	30 - 35
I5	Varón	18 - 20
I6	Varón	18 - 20
I7	Varón	40 - 50
I8	Varón	18 - 20
I9	Varón	20 - 25
I10	Varón	20 - 25
I11	Varón	25 - 30
I12	Varón	18 - 25
I13	Varón	20 - 25
I14	Varón	25 - 30
I15	Varón	16 - 18
I16	Varón	18 - 20
I17	Varón	20 - 25
I18	Varón	18 - 20
I19	Varón	18 - 20

Figura 1
Localización geográfica de El caño

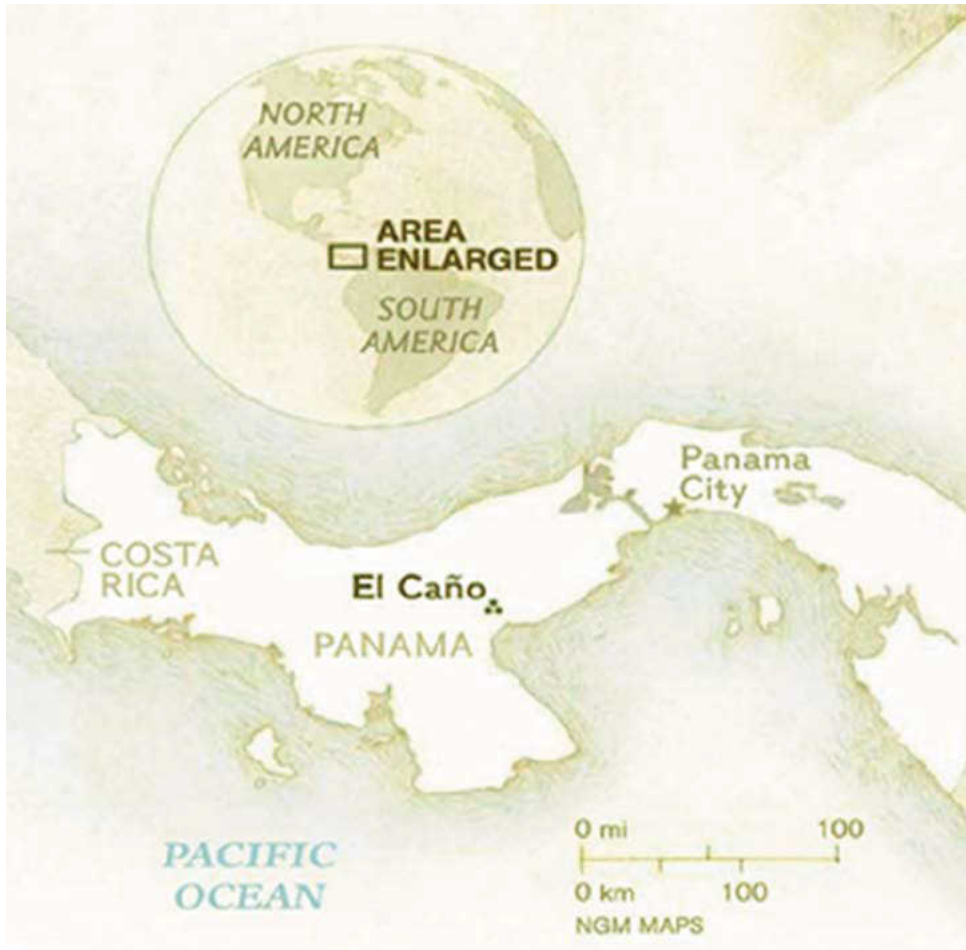


Figura 2
**Aspecto general de la plataforma 3 de la tumba T2
una vez retirados todos los ajuares y las ofrendas. El jefe principal
se encontraba en el centro del conjunto**



Figura 3
Vasija con restos de pez globo en su interior.



