

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA

TAFONOMÍA E INTERPRETACIÓN BIOANTROPOLÓGICA EN EL SITIO DE
CACARAMOA, SABANAGRANDE (ATLÁNTICO)

Trabajo de Grado presentado para optar al título de Magíster en Antropología

Por: Luis Felipe Raguá Miranda

Código: 200823876

Director del Trabajo de Grado:

Elizabeth Ramos Roca

Bogotá, noviembre de 2015

Agradecimientos

Sin el apoyo y acompañamiento académico, práctico y emocional de varias personas, la realización de este trabajo hubiera sido, simplemente, imposible. A todas ellas, que estuvieron presentes en distintos momentos del proceso, mis agradecimientos.

En particular, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional y su empeño en brindarme la mejor educación posible. A mi directora Elizabeth Ramos, por acogerme desde hace seis años en sus laboratorios y por su acompañamiento en todos mis procesos académicos en la universidad.

Gracias infinitas a Cristian Camilo Villa por ayudarme, con paciencia, a comprender todos los conocimientos químicos que por momentos escapan mi entendimiento. Al profesor Andreas Reiber del departamento de Química por su invaluable asesoría y por facilitarme el acceso a su laboratorio, donde recibí la importante asistencia de Lorena Ruiz, Sebastián Matiz, Luis Fernando Mejía y otras personas que se interesaron en el proyecto.

Agradezco también a Freddy Rodríguez, con quien fue posible discutir los avances del proyecto y quien me abrió las puertas del laboratorio de ADN Antiguo de la Universidad de los Andes. A Margarita Serje por su asesoría en la consolidación del proyecto en su fase inicial.

Finalmente, agradezco el importante acompañamiento de Lina Campos y Natalia Lozada en todos los aspectos de la elaboración del trabajo, y la inquietud de Camilo Serrano, Eliana Romero y Lorena Parra en los avances del proyecto.

Índice

Agradecimientos	2
Capítulo 1: Introducción y objetivos	4
Capítulo 2: El sitio de Cacaramoa	9
Capítulo 3: Aspectos teóricos y metodológicos	24
Capítulo 4: Análisis tafonómicos	39
Capítulo 5: Resultados	62
Capítulo 6: Conclusiones	79
Bibliografía	83

Capítulo 1

Introducción y objetivos

1.1. Introducción

La información proporcionada por el análisis de restos óseos humanos es una evidencia fundamental para la comprensión de los procesos de adaptación de las poblaciones humanas en el pasado. Sin embargo, entender la naturaleza del registro, cómo se forma, qué información nos puede proveer y qué limitantes tiene, resulta indispensable para lograr una apropiada interpretación del mismo.

En este contexto, este trabajo tiene como propósito la realización de un estudio tafonómico sistemático a nivel macroscópico y microscópico de una muestra de restos óseos excavada en el sitio arqueológico de Cacaramoa, en el municipio de Sabanagrande, Atlántico¹. Aunque el hallazgo de estos restos óseos no estaba contemplado dentro de los objetivos del proyecto en el cual fueron encontrados, se decidió excavar una parte de la muestra con el fin de realizar algunos estudios previos encaminados a entender mejor la historia tafonómica del área y ahondar en los procesos de formación del registro bioantropológico.

En un contexto más amplio, este trabajo se enmarca dentro del programa de investigación “Medio ambiente, arqueología y adaptación humana en la región Caribe de Colombia”², el cual busca documentar los procesos de adaptación humana en el pasado en el Caribe colombiano mediante la reconstrucción de las relaciones entre humanos y medio ambiente, en general, y de las prácticas alimentarias, en particular. Para ello se adelanta el estudio y la comparación de la información de distintos sitios arqueológicos del Caribe, con el fin de documentar cambios en la adaptación de las poblaciones en contextos geográficos y temporales variados.

¹ Esta muestra fue excavada durante la realización del proyecto “La hicotéa y sus usos desde tiempos prehispánicos: Zooarqueología aplicada, tradiciones culturales y conservación de especies en el Caribe colombiano”, realizado por Elizabeth Ramos entre enero de 2010 y enero de 2011, y financiado por el ICANH (Instituto Colombiano de Antropología e Historia).

² Este programa se viene desarrollando en el laboratorio de Antropología Biológica y Zooarqueología de la Universidad de los Andes bajo la dirección de Elizabeth Ramos, Ph.D.

Uno de estos sitios arqueológicos es Cacaramoa, ubicado en el municipio de Sabanagrande, Atlántico, en un área que se ha caracterizado por la existencia de algunos contextos arqueológicos que se remontan a fases tempranas de ocupación humana en el Caribe. En el marco de la investigación regional en el Caribe Colombiano que ha venido desarrollando Ramos, el sitio de Cacaramoa fue seleccionado tras un reconocimiento intensivo realizado en 2009 porque, además de tener una localización estratégica en cercanías de la Ciénaga del Convento y el río Magdalena, evidenció una alta concentración de material cultural, particularmente cerámico y de fauna.

En este sitio se encontró también un cementerio, del cual han sido extraídos los restos óseos pertenecientes a cuatro individuos (Ramos, 2010). Estos restos fueron datados con una fecha calibrada de 1420 dC-1460 dC (Beta 301248) por Beta Analytic INC, una fecha previa a la conquista para la zona, pues el primer contacto español con el Caribe colombiano está registrado en la Guajira para 1499. Esta fecha coincide con otra de una muestra de carbón tomada del nivel 3 del corte 1 en el mismo sitio, en donde se recuperaron importantes evidencias cerámicas y de fauna, material que ya ha sido analizado y se encuentra en proceso de publicación (E. Ramos, comunicación personal, 2015).

Debido a limitaciones de tiempo, el cementerio fue solo parcialmente excavado. Se contempla la continuación del trabajo de campo, para lo cual se determinó tomar varias medidas para preservar el sitio: se protegieron los huesos *in situ* con baldes de plástico, se puso un plástico al fondo de la excavación, se rellenó el corte en su totalidad y se colocaron estacas en los extremos del corte.

Antes de continuar con la excavación del cementerio, y con base en las observaciones sobre la preservación diferencial de los huesos, se decidió realizar un estudio tafonómico detallado de la muestra excavada hasta el momento. Con esto se busca evaluar la naturaleza de los agentes y procesos tafonómicos que puedan estar afectando la muestra y, por lo tanto, las conclusiones que se deriven de estas.

La tafonomía es el estudio de todos los procesos que ocurren en un organismo después de su muerte y enterramiento hasta su recuperación (Child, 1995). Aunque tiene su origen en la paleontología, la tafonomía ha adquirido cada vez más importancia en la arqueología puesto que es un campo de investigación que se preocupa por la formación del registro fósil, estudiando los procesos de preservación de éste y cómo estos procesos afectan la información que se puede derivar de la muestra estudiada (Lyman, 1994). En otras palabras, dado que los procesos de formación de los sitios afectan físicamente las muestras arqueológicas, la tafonomía se encarga de evidenciar cómo se da este proceso para afinar la interpretación de las muestras en sus contextos particulares.

En este trabajo se lleva a cabo un análisis tafonómico de la muestra de restos óseos humanos excavados en Cacaramoa, en el cual se evalúan las modificaciones físicas y químicas en los huesos (efectos tafonómicos), y sobre esta información se busca identificar y medir la magnitud de los procesos y agentes tafonómicos, es decir, las fuerzas que han modificado a los huesos. En otras palabras, se busca construir la historia tafonómica de los restos óseos con el propósito de construir un modelo tafonómico para el sitio. Este modelo puede servir como base para ser replicado en otros sitios de la región teniendo en cuenta sus propias particularidades.

Un análisis tafonómico sistemático es importante por varias razones. En primer lugar, la tafonomía es una disciplina que depende en gran parte de los contextos particulares, puesto que cada sitio tiene una combinación de agentes y procesos tafonómicos distinta, y el estudio comparativo de las formas en que los huesos se modifican bajo condiciones diversas es fundamental para comprender los procesos de formación del registro bioantropológico en general, los cuales aún no son completamente entendidos.

Entender los procesos de formación de este registro permite reconocer los patrones que siguen las modificaciones de origen natural y distinguirlas de aquellas de origen antrópico, además de evitar interpretaciones erróneas sobre el origen de los cambios observados en las muestras, y sobre la naturaleza de la

muestra en sí, pues las modificaciones tafonómicas influyen en todas las interpretaciones que se hagan sobre la muestra, dado que no sólo la afectan en cuanto a los cambios observados físicamente en ella, sino también desde su misma integridad física y disposición espacial.

Igualmente, el análisis tafonómico permite hacer un primer acercamiento a una reconstrucción del paleoambiente y de las modificaciones a través del tiempo de las condiciones ambientales del sitio, las cuales pueden a su vez relacionarse con estudios paleoambientales regionales, y establecer así vínculos entre una escala regional y una escala de sitio.

Así, este trabajo resulta de particular importancia para refinar los criterios y las estrategias metodológicas que se usarán en la recuperación y posterior análisis del cementerio de Cacaramoa. La información que este estudio brinde para la interpretación del sitio y de la formación del registro arqueológico en él busca proporcionar un modelo tafonómico que a su vez pueda ser tomado como base para otros estudios en la región.

En el contexto de la arqueología colombiana, a pesar de que en algunos estudios se han incluido algunas consideraciones tafonómicas, son escasos los análisis tafonómicos sistemáticos (Semma Tamayo, 2010), por lo cual el presente proyecto representaría una primera muestra en el panorama nacional de la importancia de la tafonomía para la arqueología en el marco de la investigación bioantropológica, (esta importancia ya ha sido resaltada recientemente en el campo de la zooarqueología: ver Ramos, 2010).

Aunque los estudios tafonómicos en sitios arqueológicos específicos como este son importantes para evaluar la tafonomía en ambientes particulares, es de vital importancia para su correcto desarrollo aumentar el *corpus* de estudios experimentales que se pregunten por las relaciones entre agentes, procesos y efectos tafonómicos específicos, y las particularidades de cada ambiente que influyen en la formación del registro arqueológico. Son muchas las variables que pueden alterar la historia tafonómica de una muestra arqueológica, y el estado del arte de la disciplina tafonómica a nivel mundial hace evidente que aún no se

comprenden del todo las variables ni las maneras en que pueden interactuar. Es importante, desde estudios locales, contribuir a la consolidación de este conocimiento.

1.2. Objetivos

Con base en lo expuesto, el objetivo del presente trabajo es contribuir a la investigación bioantropológica de las poblaciones humanas del pasado que habitaron en el Caribe colombiano mediante un análisis tafonómico de la muestra de restos óseos humanos excavados en el sitio de Cacaramoa. Este objetivo se pretende alcanzar mediante los siguientes puntos:

1. Identificar y medir las modificaciones físicas y químicas de la muestra de restos óseos (efectos tafonómicos) tanto en su parte orgánica como en su parte mineral a partir del uso de técnicas especializadas tanto macroscópicas como microscópicas.
2. Interpretar los resultados referentes a los efectos tafonómicos observados buscando correlaciones significativas entre ellos que indiquen los posibles procesos tafonómicos responsables por las modificaciones de la muestra.

Este trabajo de tesis se divide de la siguiente manera: en el presente capítulo, se expone a grandes rasgos el proyecto y sus objetivos; el capítulo 2, se describe a mayor profundidad el sitio de Cacaramoa, la muestra ósea con la que se trabajó y los antecedentes de investigación arqueológica para la región; en el capítulo 3, se discuten los aspectos teóricos más importantes de la disciplina tafonómica; en el capítulo 4, se presentan los aspectos metodológicos que se tuvieron en cuenta para realizar los análisis propuestos y en el capítulo 5, los resultados de los análisis tafonómicos; finalmente, en el capítulo 6, se interpretan los resultados para construir la historia tafonómica de la muestra estudiada.

Capítulo 2

El sitio de Cacaramoa

2.1. El área de estudio

El sitio de Cacaramoa se encuentra ubicado en el municipio de Sabanagrande, Atlántico, en la margen occidental del río Magdalena, a 3.5 km de su orilla y a aproximadamente 1.5 km de la Ciénaga del Convento (figura 2.1). A continuación se presentará una contextualización del sitio empezando por la caracterización geográfica del departamento del Atlántico.

El departamento del Atlántico limita al norte con el mar Caribe, al este con el río Magdalena y al sur con el Canal del Dique. El modelado actual del departamento se definió en el cuaternario, entre 2 y 3 millones de años AP (Van der Hammen, 1956), y sus características climáticas, geográficas e hidrológicas se definieron tras el último retroceso glacial hace 10,000 años (IGAC, 1986), conformándose el litoral tras la subida del nivel del mar y habiendo varias inundaciones con el aumento del caudal del río Magdalena (IGAC, 1986).

El Atlántico se encuentra en un piso térmico cálido, con una temperatura constante a lo largo del año que varía entre 25 y 30°C, influida por los vientos alisios del norte (Angulo, 1981; Zapata *et. al.*, 2000; Aguilera, 2006). El factor determinante en el clima del departamento es la lluvia, que baja las temperaturas. Hay dos temporadas lluviosas: de mayo a junio y de agosto a noviembre (Fortich y Galvis, 1989) en las cuales el agua puede saturar el subsuelo.

Actualmente coexisten dos tipos de paisajes: montañoso y plano. El paisaje montañoso corresponde a las zonas ubicadas entre 100 y 500 msnm, ocupa el 45% del territorio y consiste principalmente de colinas de diferentes formas e inclinaciones (IGAC, 1986). El paisaje plano, por su parte, corresponde a las zonas debajo de los 100 msnm y está definido por los ríos, pues consiste en llanuras aluviales, terrazas y ciénagas principalmente (IGAC, 1986). En el

Atlántico, el río Magdalena y el canal del Dique definen el paisaje plano (Zapata *et. al.* 2000).

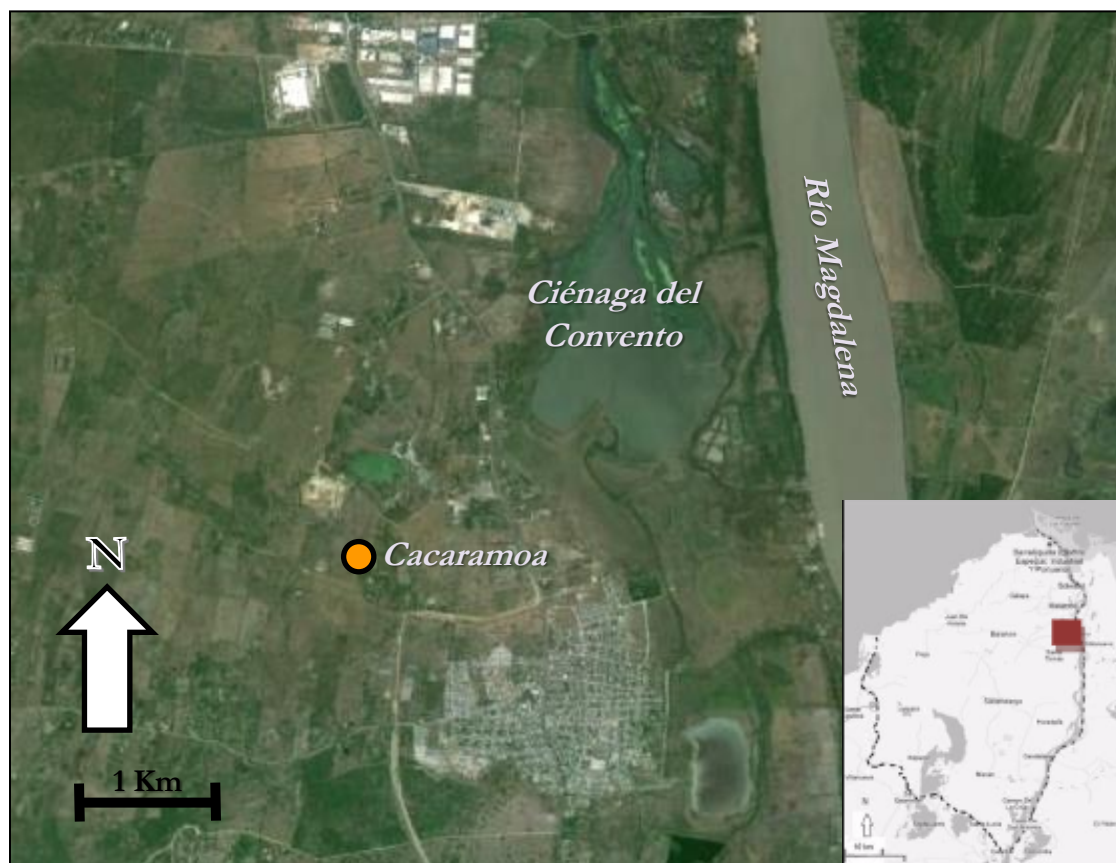


Figura 2.1. Ubicación del sitio Cacaramoa y ubicación del municipio de Sabanagrande en el departamento del Atlántico (tomado y adaptado de Lozada, 2012)

El paisaje plano está a su vez compuesto por tres unidades: llanuras aluviales y ciénagas, terrazas aluviales formadas por depósitos de aluviones y planicie eólica compuesta de dunas. La unidad de llanuras aluviales y ciénagas está presente en una franja adjunta y paralela al margen occidental del río Magdalena, y está conformada por una serie de ciénagas pequeñas bien delimitadas, dentro de las cuales se encuentra la ciénaga del Convento, en el municipio de Sabanagrande (Angulo, 1981; IGAC, 1986).

El municipio de Sabanagrande se encuentra al noreste del departamento (figura 2.1), limitando con el río Magdalena al este. Sabanagrande hace parte del paisaje

plano del departamento, con un relieve entre 0 y 100 msnm (IGAC, 1986). La unidad de llanuras aluviales y ciénagas del paisaje plano, en donde se encuentra el sitio Cacaramoa, es el sector más vulnerable a las inundaciones periódicas del río Magdalena. En esta zona, las precipitaciones son escasas, con menos de 1000 mm anuales, pero es un sector con buena infiltración de agua (Angulo, 1981).

El sitio de Cacaramoa fue excavado en dos temporadas (junio de 2009 y julio de 2010)³. Se excavaron dos cortes, el corte 1 (2x1 m) de 90 cm de profundidad, asociado a un contexto doméstico, y el corte 2 (2x2 m) de 60 cm de profundidad, asociado a un contexto funerario donde fueron registrados cinco individuos *in situ* y recuperados cuatro, dos de los cuales son subadultos.

De acuerdo a la información proporcionada por datación por espectroscopía de masa con aceleradores (AMS) de carbón vegetal, el nivel 4 del corte 2 está fechado entre 1420 y 1460 dC (Ramos, 2010; Beta 301248), como ya se mencionó, una fecha previa a la conquista para la zona. El suelo del sitio es arenoso con múltiples raíces y la profundidad de los entierros está entre 30 y 50 cm. Los cuatro individuos recuperados en el corte 2 son el objeto de investigación de este trabajo, y se consideran una muestra útil para aproximarse al estudio de la tafonomía del sitio.

2.2. La muestra ósea

La excavación del corte 2 se llevó a cabo debido a que, en la etapa de prospección intensiva, se encontró material óseo humano en la prueba de pala 17. El corte fue excavado por niveles de 10 cm, hasta los 60 cm. En los primeros dos niveles, la tierra era suelta, de color pardo oscuro, y se hallaron pocos fragmentos óseos humanos sin material cerámico. En el nivel 3 la tierra es más oscura y aparecen más fragmentos óseos humanos junto con cerámica. Entre el nivel 4 y el nivel 6 (30-60 cm), la tierra es amarilla y arenosa y se encuentran los restos óseos de cinco individuos. Debido a las características del suelo, arenoso y suelto, no fue posible determinar con exactitud la forma de las tumbas (figura 2.2).

³ Las excavaciones fueron dirigidas por Elizabeth Ramos como parte del programa de investigación "Arqueología, medio ambiente y adaptación humana en el Caribe colombiano".

En la figura 2.2 se observa la distribución de los rasgos encontrados en la excavación del Corte 2. El rasgo 1A corresponde a una vasija completa encontrada en la cuadrícula C2A, que contenía un esqueleto de un feto, correspondiente al individuo 5. El rasgo 1B es una concentración de tiestos al sur de la cuadrícula 2A, probablemente una vasija rota. El rasgo 2 corresponde al individuo 1. El rasgo 3 corresponde al individuo 2. El rasgo 3A corresponde al individuo 3. El rasgo 4 es una mancha negra en la pared norte de la cuadrícula C2A de donde se sacaron tiestos y una muestra de carbón. El rasgo 5 corresponde al entierro del individuo 4, que no fue excavado (Ramos, 2010).

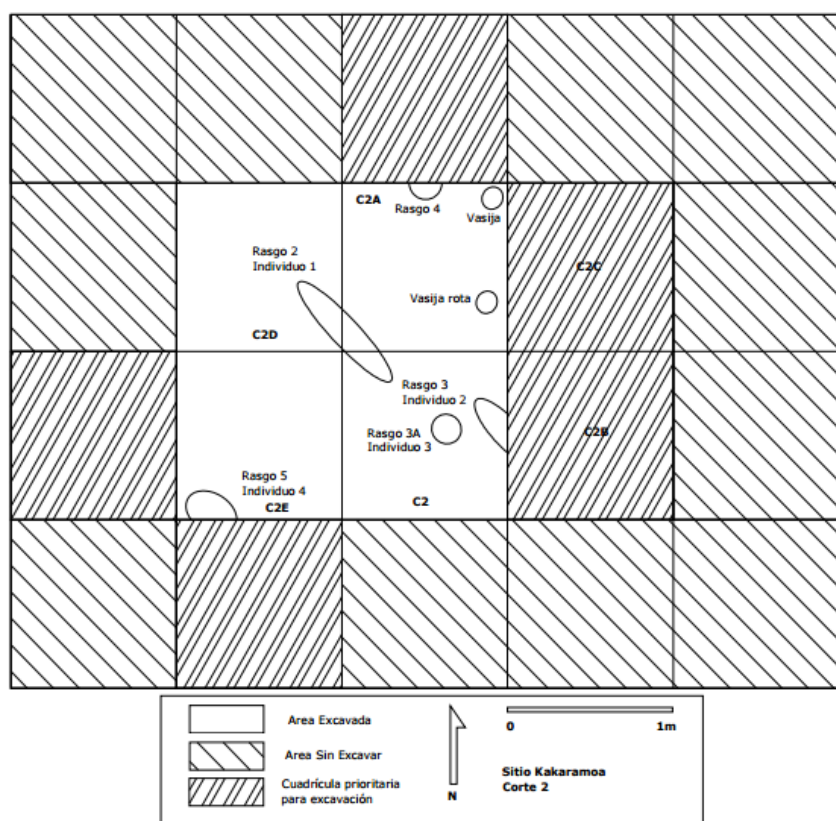


Figura 2.2. Plano de excavación del Corte 2, con la ubicación de los individuos mencionados en el texto. El individuo 5 fue encontrado en la vasija rescatada de la cuadrícula C2A (tomado de Ramos, 2010:39).

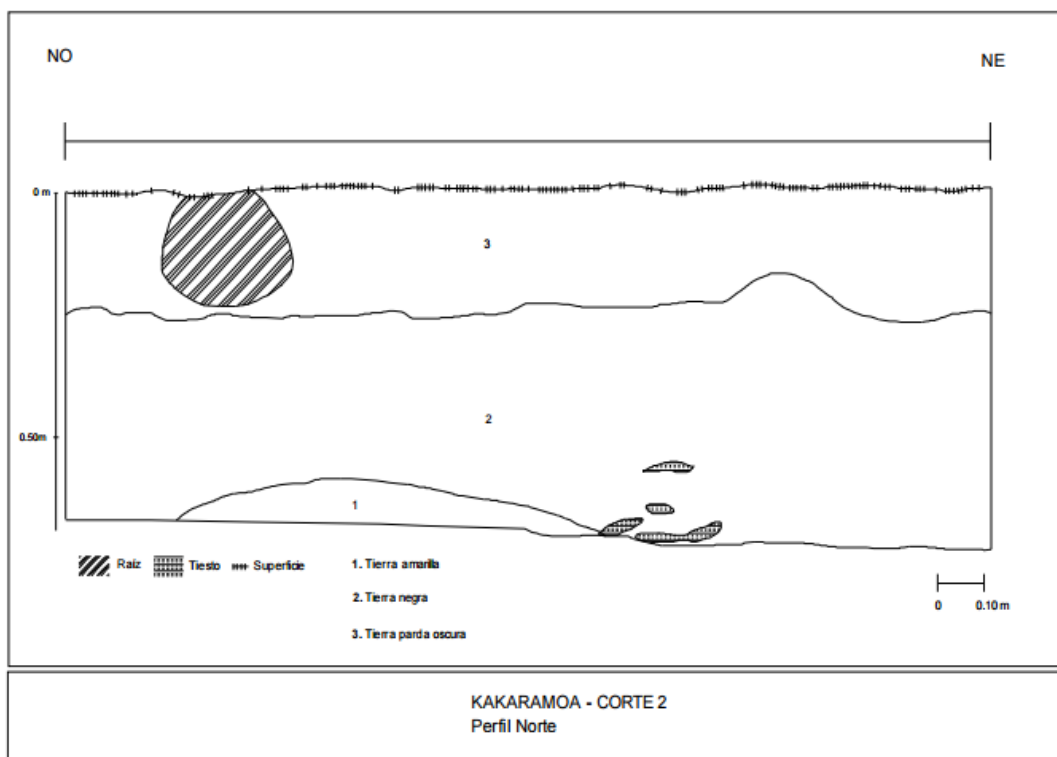


Figura 2.3. Esquema del perfil norte del Corte 2 (tomado de Ramos, 2010:47).

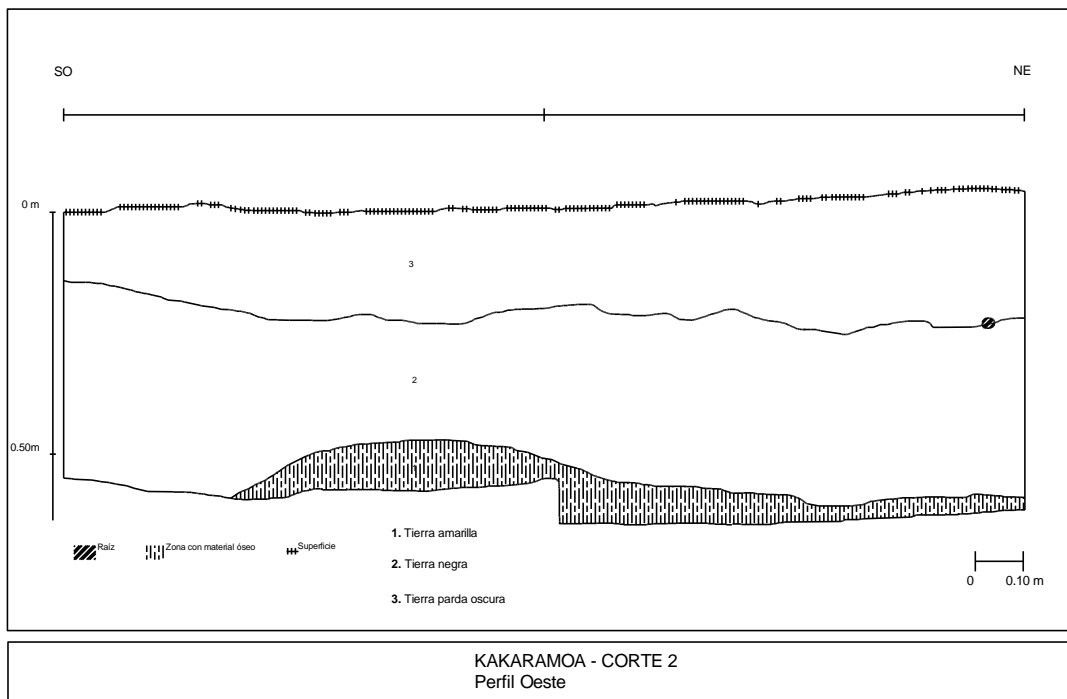


Figura 2.4. Esquema del perfil oeste del Corte 2 (tomado de Ramos, 2010:46).

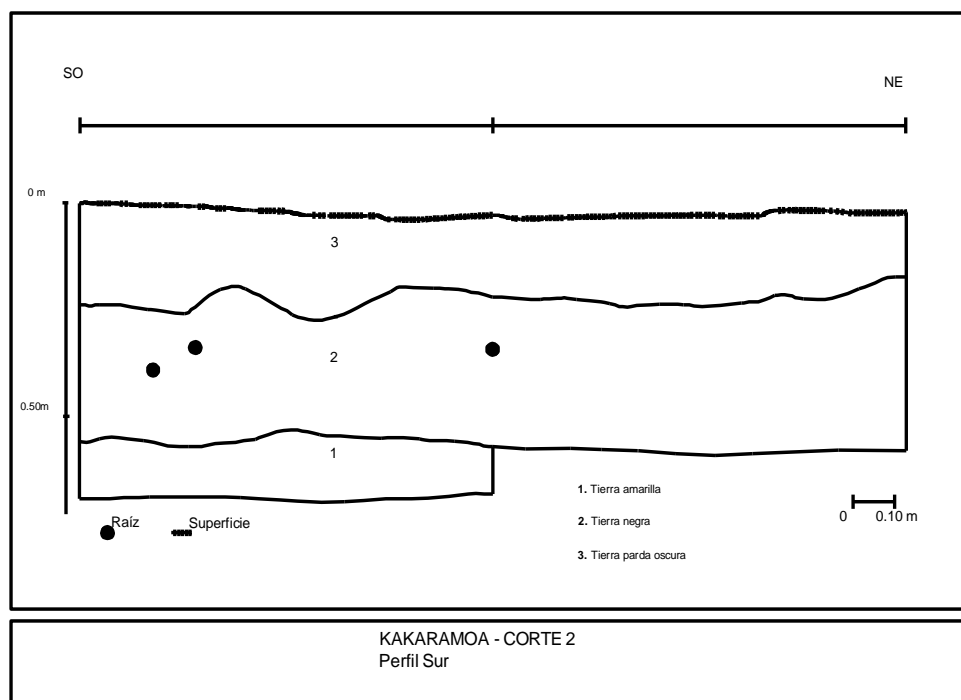


Figura 2.4. Esquema del perfil sur del Corte 2 (tomado de Ramos, 2010:46).

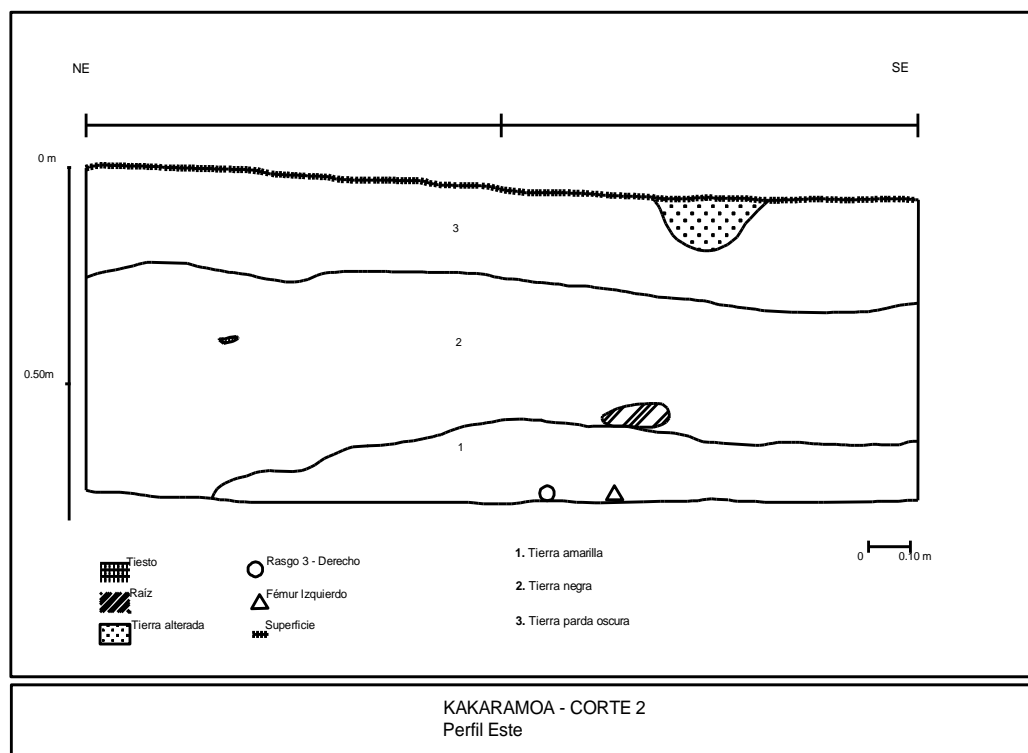


Figura 2.5. Esquema del perfil este del Corte 2 (tomado de Ramos, 2010:47).

Los restos fueron llevados al Laboratorio de Antropología Biológica y Zooarqueología de la Universidad de los Andes, donde se llevó a cabo un análisis bioantropológico que buscaba estimar sexo, edad, estatura y patologías. A continuación se describe la información general de cada uno de los entierros, información que se deriva del análisis y cuyos resultados están en preparación (E. Ramos, comunicación personal, 2015).

El individuo 1 es del sexo femenino, con una edad entre 12 y 15 años y de patrón ancestral mongoloide. Fue encontrado acostado de lado, reposando hacia la derecha en posición decúbito dorsal, en sentido este-oeste. De este individuo fueron rescatados 89 huesos completos y 1344 fragmentos óseos de distinto tamaño en un buen estado de conservación. Asociados a él fueron rescatados también un collar de cuentas de cerámica alrededor del cuello, un disco redondo de hueso en la parte distal de la tibia derecha, 3 fragmentos de cerámica y algunos fragmentos de fauna.

El individuo 2 es un adulto excavado parcialmente debido a que parte de su cuerpo se encontraba en una sección que no quedaba incluida dentro del corte 2. Fueron rescatados 28 huesos completos y 403 fragmentos, desde la parte proximal de los fémures hasta los pies. Este individuo también se encontraba en sentido este-oeste y asociado a él se encontraron cuentas de collar de concha en la parte distal de la pierna derecha.

El individuo 3 se encontró muy fragmentado y en un muy mal estado de preservación, sin elementos asociados. En total se rescataron 16 huesos completos y 12708 fragmentos. El sexo del individuo no pudo ser determinado y se encuentra alrededor de los 23 años.

El individuo 4 fue dejado *in situ* debido a que la mayor parte de su cuerpo se encontraba por fuera del corte 2, por lo cual no se tiene en cuenta para la presente investigación. Se rescataron únicamente cuentas de collar de concha que estaban asociadas a la parte distal de la tibia derecha.

El individuo 5 fue encontrado dentro de una urna funeraria. Corresponde a un feto de sexo probablemente femenino entre los 6 y 8 meses de gestación, en un

estado regular de conservación. Se rescataron 16 huesos completos y 12708 fragmentos, además de 2 cuentas de collar, 4 fragmentos de cerámica, 4 fragmentos de raíz y fragmentos óseos de fauna (pescado, babilla, iguana y mamífero no identificado).



Figura 2.6. Rasgo 2 del Corte 2. Se observa parte del esqueleto craneal, columna y brazo izquierdo del individuo 1 (tomado de Ramos, 2010:40).



Figura 2.7. Rasgo 3 en el Corte 2, correspondiente al Individuo 2 (tomado de Ramos, 2010:41).



Figura 2.8. Urna funeraria excavada en el Corte 2, que contiene al Individuo 5. En la imagen se observa parte del cráneo (tomado de Ramos, 2010:44).

2.3. Antecedentes de investigación en la región

El sitio de Cacaramoa, en el departamento del Atlántico, es uno de varios sitios arqueológicos que se han excavado recientemente en la región Caribe colombiana y que contribuirán a refinar el esquema de la ocupación humana en esta región. La revisión de la literatura que busca reconstruir las secuencias de ocupación en la región Caribe ha demostrado ser tarea compleja, puesto que, aunque hay esquemas propuestos que nos ofrecen pautas para reconstruir la prehistoria en la región (Reichel-Dolmatoff, 1965; Botiva *et al.*, 1989; Angulo 1995; Langebaek y Dever, 2000; Ramos y Archila, 2008), persisten aún algunos vacíos y desacuerdos en torno a la misma.

Las evidencias de ocupación más temprana en la región, para sociedades de cazadores recolectores, corresponden a objetos líticos con poco contexto arqueológico (Reichel-Dolmatoff, 1965; Escalante, 2002). En Santa Marta, Mahates, la laguna de Betancí, en sitios cerca de Cartagena y de San Cayetano, se han hallado también artefactos líticos—instrumentos tallados, lascas, raspadores—relacionados con actividades de pesca y cacería, pero sin mucha información de contexto (Reichel-Dolmatoff, 1965; Botiva *et al.*, 1989). La delimitación del período precerámico no es clara en el departamento del Atlántico debido a varios factores: primero, a la poca información asociada a los hallazgos, debido a que han sido fortuitos principalmente; segundo, a que las características de la industria lítica no cambian significativamente con el tiempo (Angulo, 1995), con los mismos tipos de objetos líticos encontrados hasta el período de contacto (Botiva *et al.*, 1989); y, tercero, a que los objetos son muy rudimentarios, por lo cual es imposible relacionarlos con industrias líticas de otras regiones (Reichel-Dolmatoff, 1957). Se ha propuesto también que la escasa evidencia encontrada en esta región para esta época corresponde a grupos de cazadores recolectores con un patrón de movilidad que les permitía desplazarse entre los Andes orientales y el Valle del Magdalena (Correal y van der Hammen, 1977).

La evidencia arqueológica ha demostrado la importancia de la Región Caribe para estudiar los cambios en las economías de subsistencia, hacia economías

basadas en el cultivo de plantas y, posteriormente, economías basadas en la agricultura (Harris, 1972; Langebaek, 1996). A partir del 9000 aC aproximadamente, con el advenimiento del Holoceno, la temperatura aumenta, se eleva el nivel del mar y el clima se hace más seco en el litoral Caribe, formándose manglares, que son ecosistemas muy productivos (Langebaek, 1996).

En las tierras bajas, incluyendo el actual territorio del departamento del Atlántico, estos cambios propiciaron las condiciones para que se intensificara la domesticación de plantas (Harris, 1972). Los grupos que habitaban esta región, cuya economía enfatizaba la recolección de moluscos marítimos y la pesca, empezarían a depender más del consumo de plantas, lo que se ve asociado con un mayor nivel de sedentarismo, apoyado por la evidencia arqueológica (Reichel-Dolmatoff, 1965; Langebaek, 1996).

Estos cambios se han observado en sitios como Puerto Hormiga, Monsú, Barlovento y San Jacinto I, entre otros (Reichel-Dolmatoff, 1985; Oyuela, 1987; Legros *et al.*, 1988; Angulo, 1988). Puerto Hormiga empieza a ser ocupado hacia el 3090 aC (Angulo, 1995), cerca al canal del Dique en Bolívar, y consiste en una acumulación de conchas con material lítico y fragmentos de cerámica (Reichel-Dolmatoff, 1965; Botiva *et al.*, 1989). La fecha más temprana para Monsú está en el 3350 aC. El sitio San Jacinto I, por su parte, tiene una cerámica similar y empieza a ser ocupado en el 3750 aC (Oyuela, 1987; Stahl y Oyuela, 2007).

Es importante anotar aquí dos cosas: en primer lugar, aunque se ha asociado la evidencia arqueológica de estos sitios con la adopción de la agricultura, la evidencia ha sido re-evaluada y debatida (Langabek, 1996; Langebaek y Dever, 2000): en San Jacinto I, por ejemplo, se asume la adopción de la agricultura mediante la comparación con otros sitios en Ecuador, pero no porque la evidencia lo permita deducir; en Monsú, la evidencia arqueológica que se asocia con la agricultura (azadas para cultivo) aparece en ocupaciones tardías. En segundo lugar, la evidencia muestra que las poblaciones en estos sitios no dependían exclusivamente del cultivo de plantas para sobrevivir, sino que sus economías fueron mixtas, y no se abandonaron la pesca y la recolección (Reichel-Dolmatoff,

1965; Botiva *et al.*, 1989). En Puerto Hormiga y Monsú, por ejemplo, se encuentran recursos provenientes de hasta 7 zonas distintas (Langebaek, 1996).

La intensificación del cultivo de plantas tuvo como protagonista la yuca y es por eso que la evidencia arqueológica asociada a este fenómeno en sitios como Monsú y Puerto Hormiga corresponde a martillos y yunques utilizados con el fin de procesar este tubérculo (Lathrap, 1977).

Desde el siglo IX aC hasta el inicio de nuestra era, aproximadamente, en toda la región se encuentran sitios en donde el cultivo de plantas, especialmente la yuca, es primordial para la economía, con actividades económicas complementarias (pesca, recolección) (Langebaek, 1996). Aumenta, igualmente, la producción de cerámica. El hecho de que se encuentren no sólo sitios lacustres y litorales sino también ribereños se ha interpretado como un desplazamiento hecho posible por una creciente dependencia en el cultivo de plantas (Botiva *et al.*, 1989).

Un sitio de este período es Malambo, ocupado entre 1120 aC y 680 dC, en la orilla occidental del río Magdalena, y en donde se encuentran vasijas dedicadas a la cocción de alimentos, además de budares asociados al procesamiento de tubérculos y evidencia de pesca y recolección de moluscos (Angulo, 1981). El hecho de que el sitio esté en tierras aluviales lo habría hecho más propicio para las prácticas de vegecultura, que adquirieron una mayor importancia que los recursos marinos (Reichel-Dolmatoff, 1986; Botiva *et al.*, 1989).

Hacia los inicios de nuestra era, empieza a haber una tendencia a dar prelación al cultivo de maíz sobre el cultivo de yuca en la economía de subsistencia en los pueblos de la región. El sitio Momil, en cercanía de la Ciénaga Grande en el bajo río Sinú, excavado por Reichel-Dolmatoff (1956), muestra esa intensificación en el cultivo del maíz. En la ocupación temprana de Momil (Momil I, desde 170 aC), al igual que en Malambo, hay evidencia de procesamiento de yuca (Reichel-Dolmatoff, 1982). En Momil II, el nivel más superior, en cambio, se encuentran objetos asociados al procesamiento del maíz (Reichel-Dolmatoff, 1956; Bray, 1984; Botiva *et al.*, 1989). El maíz ya se conocía y se cultivaba desde antes pero es en este momento cuando se intensifica su cultivo, por razones que han sido

discutidas en la literatura (Langebaek, 1996:47; van der Hammen, 1962; Roosevelt, 1980). Y aunque se ha pensado que la intensificación del cultivo de maíz fue el motor que impulsó la complejización de la sociedad (Reichel-Dolmatoff, 1956), Langebaek (1996) ha demostrado que la evidencia arqueológica no apoya esta hipótesis. Sitios con evidencia similar de intensificación del cultivo de maíz se han encontrado en Tubará, Piojó, Luruaco y Baranoa (Escalante, 2002).

En los sitios donde el cultivo de maíz toma prelación, se observan cambios importantes como un aumento demográfico, evidencias de complejización social y de actividades especializadas (Langebaek, 1996; Reichel-Dolmatoff, 1986). Esta relación entre el cultivo de maíz como actividad económica principal y la complejización social, no es una relación simple y ha sido ampliamente discutida; se ha concluido que son necesarios más estudios arqueológicos para entenderla (ver Langebaek, 1996: 51).

Aunque Angulo (1995) habla de un modo de vida cacical ubicado aproximadamente entre el 300 y el 1600 dC, donde aumenta el cultivo del maíz y hay más variedades en tipos cerámicos (posterior a la ocupación de Malambo, caracterizada por el tipo modelado-inciso, se encuentra cerámica de tipos pintados e incisos), la evidencia que apunta a la existencia de cacicazgos en esta región es, por lo menos, insuficiente.

En el momento del contacto con los españoles, se encontraban en la región poblaciones que combinaban la agricultura, la caza, la pesca y la recolección, como en los sitios Plato y Zambrano (Reichel-Dolmatoff, 1954), lo cual indica que este modo de vida habría sido estable en el tiempo. Otros sitios con cronología reciente son Betancí, reportado en crónicas, un poblamiento en aldeas ribereñas con entierros en túmulos y orfebrería (Reichel-Dolmatoff, 1957; Falchetti, 1978); Crespo, cerca de Cartagena, consistente en pequeñas aldeas de pescadores y agricultores (Reichel-Dolmatoff, 1982); y Loma de López, una población que pasa de una tradición agrícola a una economía de pesca (Angulo, 1978), entre otros (Botiva *et al.*, 1989).

El desarrollo de los cacicazgos complejos de los Andes orientales y la Sierra Nevada de Santa Marta pudo haberse visto impulsado por la existencia de estas aldeas en su periferia, en este caso, el valle del Magdalena, pues hay evidencia de que las poblaciones de estas regiones interactuaban mediante el intercambio de productos y materias prima (Langebaek, 1996; Lozada, 2012), razón por la cual se han encontrado, por ejemplo, materiales similares a los de la Sierra Nevada en sitios de la Ciénaga Grande (Angulo, 1978).

El estudio de todos estos sitios indica que el esquema de poblamiento en el Caribe no siguió un modelo único que pueda aplicarse a toda la región, como el planteado inicialmente por Reichel-Dolmatoff (1982), sino que se evidencia una enorme diversidad en la organización social y en las economías de subsistencia de las distintas sociedades encontradas en el período prehispánico en la región: no en todas los procesos fueron iguales, ni pasaron todas por las mismas etapas.

Para el departamento del Atlántico específicamente, Escalante (2002) describe a una población, los Mocaná, una tribu de los Malibú, de la familia lingüística Carib (Trillos, 2001), que habitaba este territorio en el momento del contacto, con una economía basada en la agricultura y la pesca, intercambio con grupos costeros y del interior. Los entierros se realizaban en los sitios de habitación o en tierras colectivas, en posición decúbito dorsal, con comidas y bebidas en algunos casos, y los niños eran enterrados directamente en urnas funerarias (Escalante, 2002:60). En el municipio de Tubará, Angulo (1951) encuentra cuentas de piedra, de concha y hueso, en collares puestos en las muñecas, tobillos y cinturas de los individuos enterrados (Escalante, 2002). Las características de los enterramientos en donde fueron rescatados los individuos estudiados en el presente trabajo coinciden con las características descritas para los Mocaná.

Al revisar las investigaciones arqueológicas realizadas en la región, es claro que ha existido un interés por definir los modos de vida de las poblaciones en el pasado a partir de una perspectiva de sitios, pero no se tiene una revisión reciente que integre las últimas investigaciones realizadas en la región (Langebaek y Dever

2001; Stahl y Oyuela, 2007; Cadena, 2011; Ramos y Archila, 2008; Lozada, 2012) en un modelo de periodización que dé cuenta del cambio sociocultural observado.

La revisión de los trabajos arqueológicos efectuados en la región pone en evidencia además que, para el caso de la tafonomía aplicada a restos humanos, no se han realizado hasta ahora estudios tafonómicos sistemáticos para evaluar la formación del registro arqueológico⁴. Hay algunas menciones pasajeras en ese sentido, pero no se profundiza en ellas. Angulo (1981: 34), por ejemplo, menciona “las frecuentes avenidas del Magdalena” como un elemento que puede transportar el material cultural”. La presente investigación, con su énfasis en el análisis sistemático de los agentes, procesos y efectos tafonómicos, por lo tanto, constituiría la primera de su tipo para la región.

⁴ En cuanto a los estudios arqueofaunísticos, en varios de los sitios excavados por Ramos (2013) se viene llamando la atención sobre la necesidad de observar y registrar con detalle los procesos tafonómicos que pueden estar afectando la interpretación,

Capítulo 3

Aspectos teóricos y metodológicos

3.1. La tafonomía como disciplina

La tafonomía es una disciplina interesada por los procesos que ocurren en un organismo después de su muerte y enterramiento hasta su recuperación. Originalmente propuesta como una rama de la paleontología preocupada por “el estudio de la transición de los restos animales de la biosfera a la litosfera” (Efremov, 1940), el concepto de tafonomía ha evolucionado y se ha ampliado a campos como la arqueología. Evidencia de ello es la aceptación de una nueva definición propuesta por Behrensmeyer y Kidwell (1985: 105) según la cual la tafonomía es “el estudio de los procesos de preservación y cómo afectan la información en el registro fósil”, o de la definición propuesta por Gifford (1981: 466), según la cual la tafonomía “define, describe y sistematiza la naturaleza y los efectos de procesos que actúan en restos orgánicos después de la muerte”.

La investigación temprana en tafonomía surge en los años 20s en la paleontología alemana, con la denominada *Aktuopaläontologie* (Richter, 1928), definida por Gifford (1981) como el “estudio de organismos vivos y recientemente muertos como entidades fósiles en potencia”. En los años 60s del siglo XX se desarrolla en EEUU la “Nueva Paleontología”, basada en los principios de la *Aktuopaläontologie*, y pasando de lo descriptivo al estudio de las dinámicas de las poblaciones de fauna en el pasado. Estos estudios se dieron inicialmente con invertebrados, incorporándose a finales de la década estudios de vertebrados (Gifford, 1981). Sin embargo, a diferencia de la arqueología, en la paleontología no proliferaron las discusiones teóricas y metodológicas y los principios uniformitaristas se aplicaron indiscriminadamente en muchos casos (Lawrence, 1971) (ver discusión sobre uniformitarismo más adelante).

La tafonomía empieza a entrar en la discusión arqueológica en América a principios de la década de los 1970s, cuando el enfoque en la arqueología vira de

una perspectiva histórico-cultural con un énfasis en la descripción y la clasificación, a un enfoque en las investigaciones más experimentales orientadas a comprender procesos transculturales (Behrensmeyer y Kidwell, 1985: 105; Borrero, 1988a, 1988b, 2001; Lyman, 1994: 27-30; Mondini y Muñoz, 2011: 231). Esta perspectiva procesual derivó en que se empezara a considerar que “el registro (...) no era un reflejo perfecto del comportamiento humano” (Lyman, 1994: 26), por lo que había que prestar atención a la manera en que se formaba para entenderlo con mayor precisión y evitar interpretaciones erróneas (Haynes, 2006: xvii).

Es importante aclarar, antes de continuar, ciertos conceptos. Las modificaciones físicas y químicas en el registro fósil, que son atributos visibles, son los efectos o *trazas tafonómicas*, que a su vez son el resultado estático de un *proceso tafonómico*, el cual es la acción dinámica de un *agente tafonómico*. Una cronología de estos agentes y procesos actuando sobre la muestra constituye una *historia tafonómica*, y el análisis tafonómico consiste en identificar y medir los efectos tafonómicos para identificar, a partir de ellos, los procesos y agentes que los generaron (Lyman, 1994: 4).

Conocer la historia tafonómica de los restos es importante puesto que así entendemos el proceso de formación del registro bioantropológico y la interacción entre las distintas variables (agentes y procesos) que hacen parte de él. Igualmente, nos permite evitar interpretaciones erróneas al derivar información de los restos: en la fase de inventario, por ejemplo, conocer la preservación diferencial de distintos huesos nos permite interpretar la ausencia de ciertos huesos en el registro como resultado de procesos tafonómicos y no de procesos culturales; en los análisis paleopatológicos, nos permite evitar la interpretación errónea de patologías que pueden visibilizarse en el hueso de una manera similar a efectos tafonómicos. La tafonomía de restos óseos, además, puede estar acompañada de estudios de composición de suelos que permitan reconstruir el ambiente en el cual fueron enterrados los restos para poder proponer así factores que puedan haber influido en su modificación post-mórtem.

Pueden caracterizarse dos grandes tendencias en los estudios tafonómicos. En sus inicios en la paleontología, la tafonomía era vista como una forma de conocer los sesgos que había en las muestras fósiles respecto a las poblaciones biológicas originales. Esta concepción “negativa” de la tafonomía (en el sentido de que se preocupa por la pérdida de información debido a factores tafonómicos), aunque no es incorrecta, sí es metodológicamente improductiva (Gifford 1981: 485), y fue complementada posteriormente por una perspectiva “positiva”, en el sentido de que se empezó a reconocer que la tafonomía podía aportar información sobre la formación y preservación del registro fósil e información para la reconstrucción de paleoambientes (Behrensmeyer y Kidwell, 1985). En la arqueología, dado que los procesos de formación de los sitios afectan físicamente las muestras arqueológicas, la tafonomía se encarga de evidenciar cómo se da este proceso para afinar la interpretación de las muestras en sus contextos particulares.

En cuanto a los métodos utilizados, Behrensmeyer y Kidwell (1985) se refieren a dos subdisciplinas de la tafonomía que corresponden a dos tipos de sesgos, los bioestratinómicos y los diagenéticos. La bioestratinomía es el “estudio de los factores ambientales que afectan al organismo entre su muerte y el entierro final” (Lawrence 1979a: 99) mientras que la diagénesis hace referencia a “los eventos de fosilización que toman lugar después del enterramiento final de los restos” (Lawrence 1979b: 245), es decir, el cambio en la composición química del hueso al interactuar con el microambiente que lo rodea.

En cuanto a la bioestratinomía, Lyman (1994: 38) identifica tres categorías de efectos tafonómicos: la desarticulación (desasociación anatómica del individuo), la dispersión (transporte de los elementos) y la modificación mecánica (por procesos físicos o mecánicos, como la fragmentación y la abrasión). Otros efectos tafonómicos en esta categoría son las marcas de corte, la evidencia de roedura por animales, la acción de radículas y otras formas de modificación cultural (Cartajena *et. al.*, 2011). En cuanto a la diagénesis, Lyman (1994) indica que la fosilización depende del tipo de sedimento en el que están enterrados los restos, e

incluye aquí la meteorización, la descolorización y la descomposición (Ubelaker, 2006: 79; Behrensmeyer, 1978).

Aunque es común hacer una división cronológica entre los conceptos de “bioestratinomía” y “diagénesis” (separados por un evento específico, que es el enterramiento definitivo de los huesos), también es posible hacer una separación conceptual justificada en que corresponden a dos tipos de procesos de fosilización que pueden ser simultáneos: la bioestratinomía correspondería así a los procesos físicos, mecánicos y sedimentarios, y la diagénesis a los procesos químicos (Fernández-López y Fernández-Jalvo, 2002).

En el contexto mundial, los estudios tafonómicos han estado orientados hacia las muestra de fauna, puesto que su origen está en la paleontología. Por esta razón, la mayoría de los textos en los que se basan las interpretaciones del presente trabajo provienen de estudios con fauna y no con restos óseos humanos. Sin embargo, los agentes y procesos tafonómicos no discriminan por especie y afectan por igual a restos de fauna y restos de humanos; se espera, por lo tanto, que los efectos tafonómicos sean similares también.

En el campo de los estudios tafonómicos con restos humanos, es particularmente relevante la división propuesta por Sorg y Haglund (2002) entre tafonomía forense y paleotafonomía—para ambas se utilizan las mismas técnicas pero hay una diferencia en la escala temporal, pues la primera estudia los restos modernos y la segunda los restos antiguos. La diferencia en la escala temporal y el contexto legal de la primera hace que las preguntas que se buscan responder en uno y otro caso sean distintas, y por lo tanto que tengan que diferir los métodos utilizados (Martin, 1999).

Los primeros trabajos arqueológicos que aplicaron sistemáticamente la interpretación tafonómica en restos humanos estaban enfocados en el entendimiento de la evolución humana, y su objetivo era cuestionar interpretaciones que se habían hecho sobre poblaciones tempranas, en especial sobre si las marcas observadas en el registro arqueológico podían ser atribuidas con certeza a la acción antrópica (Behrensmeyer y Kidwell, 1985: 107), y sobre la

identificación de agencia humana en los entierros (entierros intencionales) (Sorg y Haglund, 2002).

Las perspectivas se han ampliado, y los análisis tafonómicos se han usado en bioantropología para responder múltiples preguntas, referentes a temas como el estudio del comportamiento mortuario, la identificación de entierros secundarios y grupales (Roksandic, 2002), la agencia de humanos en modificaciones óseas observables, los efectos de la preservación diferencial de restos (para lo cual se examina el contexto de deposición, la geología y las zonas climáticas, que crean distintas posibilidades para la preservación), la incidencia del muestreo arqueológico en la representatividad de la muestra (Langley *et. al.*, 2011), y los factores culturales que pueden afectar la preservación y disposición diferencial de los restos (Roksandic, 2002).

Esto a su vez ha generado advertencias acerca de la necesidad de tener una perspectiva tafonómica al momento de excavar, puesto que se resalta la importancia de rescatar información que se puede perder fácilmente en campo, como la posición exacta de los huesos en la tierra (Saul y Saul, 2002:73) o la presencia de raíces u otros factores que pueden generar efectos similares a los de patologías o traumas. Esto deriva en la generación de protocolos y recomendaciones al momento de excavar para evitar perder información de gran importancia para la interpretación (Langley *et. al.*, 2011).

3.1.b. Tafonomía en Latinoamérica y Colombia

Para indagar en la importancia de los estudios tafonómicos en restos óseos humanos en el contexto de la arqueología colombiana, es necesario partir de una exploración de los estudios bioantropológicos, puesto que cualquier análisis tafonómico requiere de la información que nos proporciona la determinación del perfil biológico y otras variables relacionadas con los individuos estudiados y sus historias de vida y muerte.

Una revisión de las investigaciones arqueológicas en el Caribe colombiano es indicativa de un vacío en la realización de estudios bioantropológicos (Angulo,

1951, 1983, 1988, 1995; Plazas y Falchetti, 1988), en especial en comparación con otras regiones del país como las tierras altas en el altiplano cundiboyacense. A pesar de que en algunos sitios hay una buena preservación de restos óseos humanos, no se han hecho estudios con ellos, quizás debido a la falta de especialistas en el pasado y a un marcado interés en el estudio de otras evidencias arqueológicas para caracterizar el cambio sociocultural (Angulo, 1995; Langebaek y Dever, 2000). Como lo afirma Cadena (2011) después de una revisión exhaustiva, las investigaciones bioantropológicas en el Caribe colombiano son prácticamente inexistentes. No hay tampoco, por lo tanto, estudios tafonómicos sistemáticos en la región. La presente investigación constituiría un primer paso hacia la implementación de la tafonomía con restos óseos humanos en los estudios arqueológicos en el Caribe colombiano, con el objetivo no sólo de evaluar la historia tafonómica de la muestra del sitio de Cacaramoa, sino de poder generar modelos relevantes para la región que puedan ser aplicados en futuras excavaciones.

La falta de estudios tafonómicos sistemáticos no es característica únicamente de Colombia, sino de toda la región. Mondini y Muñoz (2011:235), basándose en estudios tafonómicos en muestras de fauna, señalan que, para Latinoamérica, “las observaciones tafonómicas son relativamente abundantes pero los estudios sistemáticos no tanto”. Teniendo en cuenta la importancia del contexto macroambiental y microambiental en el momento de generar interpretaciones tafonómicas, esto es especialmente preocupante debido a que la información de otras partes del mundo “no siempre resulta relevante para las condiciones locales” (Mondini y Muñoz, 2011), por lo que se sugiere la generación de modelos en contextos locales que den cuenta de la relación entre efectos, procesos y agentes tafonómicos.

3.1.c. El conocimiento tafonómico: Actualismo y uniformitarismo

Las bases teóricas y metodológicas para la construcción del conocimiento tafonómico se hallan en el actualismo y el uniformitarismo, términos que son relevantes para todas las ciencias del pasado (Gifford, 1981; Lyman, 1994). El

actualismo consiste en la observación de procesos en el presente (“actuales”) para entender procesos del pasado mediante el uso de la analogía (Rudwick, 1976: 110). El procedimiento analítico consiste en inferir que dos efectos similares, uno observado en el pasado y uno observado en el presente, fueron causados por el mismo proceso, y se funda en principios uniformitaristas, es decir, en la asunción de que “ciertas propiedades o características del universo se han mantenido uniformes en tiempo y espacio, así la configuración producida por la interacción de estas propiedades haya cambiado y permutado a través del tiempo” (Gifford, 1981: 467).

La ejecución de estudios actualísticos y la aplicación de principios uniformitaristas, sin embargo, deben llevarse a cabo con cautela. Es necesario y no siempre es fácil diferenciar entre dos tipos de propiedades observables: las propiedades inmanentes y las propiedades configurativas. Las primeras corresponden a procesos con resultados predecibles, invariables en el tiempo y en el espacio; las segundas son particulares de un contexto en particular e involucran la interacción de varias variables, por lo cual son menos predecibles (Lyman, 1994).

El conocimiento tafonómico se construye sobre las propiedades inmanentes, no sobre las configurativas, y en este sentido, hace parte de la teoría del rango medio (Binford, 1977), que busca “leyes invariables en el tiempo” (Lyman, 1994: 55).

Determinar relaciones de causalidad entre procesos y efectos, sin embargo, puede ser una tarea complicada. Gifford (1981: 491) propone preguntarse sobre las “condiciones causales necesarias y suficientes para la presencia de un elemento indicado”. Esto quiere decir que, al aislar el proceso y el efecto estudiados, el primero debe explicar el segundo por sí solo y debe generarlo en todos los casos, independientemente del contexto observado. Estas relaciones de causalidad pueden ser sometidas a pruebas experimentales y aceptarse o refutarse (Salmon, 1963: 88). Aquí se debe considerar y resolver también el problema de la equifinalidad, pues varios procesos pueden tener el mismo efecto (Lyman, 1994).

Sin embargo, esta escala menor (un proceso y un efecto específico), aunque útil, puede resultar insuficiente cuando la unidad de análisis que manejamos es el conjunto arqueológico. Es posible, entonces, llegar al nivel del conjunto y probar, mediante estudios actualísticos, hipótesis acerca de cómo se comportará un conjunto al estar sometido a ciertos procesos, pero es necesario primero entender estos procesos de manera independiente (Gifford, 1981).

Resumiendo, dos principios generales gobiernan los estudios actualísticos: primero, entre más se asemejen el elemento del pasado y el elemento moderno en cuanto a las características observadas, más valor tiene la analogía (Salmon y Salmon, 1979) y segundo, “entre más uniforme la relación entre un atributo dado y su causa y contexto ecológico en una variedad de casos modernos, más valor tiene la asunción de que esta relación ha sido uniforme en el tiempo” (Gifford, 1981: 492).

El énfasis en la causalidad no ha estado siempre presente en los estudios tafonómicos, pues se han establecido relaciones entre procesos y efectos como generalizaciones empíricas que no necesariamente implican una causalidad sino únicamente una correlación que podría o no corresponder a una causalidad (Lyman, 1994). Es importante, por lo tanto, entender las razones por las cuales un proceso y un efecto están relacionados, y si efectivamente el proceso es causa necesaria y suficiente para el efecto.

Estas cuestiones invitan a la integración de distintas líneas de evidencia en los análisis tafonómicos, de manera que se comprendan mejor las relaciones entre diferentes agentes y procesos tafonómicos en la formación del registro arqueológico, y si éstas son constantes o cambian dependiendo del sitio o del contexto.

El actualismo es de las formas más útiles que tenemos de obtener conocimiento sobre el pasado, debido a que es la manera que tenemos de observarlo indirectamente. Por principio de parsimonia, se debe asumir que el hecho de no lograr explicar un evento del pasado no quiere decir que éste haya ocurrido por

procesos que ya no funcionan en el presente, sino que éste aún no se ha observado o estudiado (Lyman, 1994).

3.2. Análisis de procesos y efectos tafonómicos

Para entender los procesos tafonómicos, es necesario conocer la estructura del hueso a distintas escalas, con el fin de comprender cómo distintos agentes actúan sobre el hueso, y de qué formas lo pueden modificar. A continuación se explica la estructura del hueso para después exponer los procesos tafonómicos estudiados en este trabajo.

3.2.a. Estructura del hueso: Fases mineral y orgánica

En términos generales, el hueso es un tejido que se ha especializado en funciones de soporte, protección y almacenamiento de calcio y fósforo (Lyman, 1994; Ross y Pawlina, 2003), y que puede responder con eficiencia a diversas fuentes de estrés ambiental y mecánico (Gutiérrez, 2004). Esta capacidad del hueso lo convierte en una fuente primordial de información acerca del pasado, pero al mismo tiempo lo hace susceptible a la modificación diagenética.

Weiner y Wagner (1998) propusieron una organización del hueso en varios niveles jerárquicos, retomados y adaptados en este trabajo (Weiner, 2010). El primer nivel es el de los constituyentes básicos: el hueso está formado por dos fases, mineral y orgánica (Beasley *et al.*, 2014). La fase mineral del hueso está conformada por hidroxiapatita carbonatada, también denominada bioapatita (Meneghini *et al.*, 2003). La composición de la hidroxiapatita geogénica encontrada en la naturaleza es $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6$. En la hidroxiapatita biogénica (producida por organismos vivos), la estructura básica se modifica, puesto que el grupo carbonato (CO_3) sustituye algunos de los grupos fósforo (PO_4) e hidroxilo (OH) (Legros *et al.*, 1987; Wright y Schwarcz, 1996)⁵, convirtiéndose en una hidroxiapatita carbonatada, con composición $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_6(\text{OH})_2$ (Weiner, 2010).

La fase orgánica del hueso, por su parte, está compuesta en un 90% por colágeno y en un 10% por otras proteínas, agrupadas bajo el término de

⁵ Se estima que un 9% del peso del mineral corresponde al componente carbonato (Weiner, 2010:287).

proteínas-no-colagenosas (NCP) (Weiner, 2010). En el hueso vivo, la proporción de mineral y proteína puede variar pero en la mayoría de los huesos maduros es aproximadamente un 60% mineral vs. un 20% proteína y un 20% de agua, respecto al peso total del hueso (Lees, 1989; Gutiérrez, 2004; Lyman, 1994). El agua que el hueso contiene suele ser el primer componente que se pierde en contextos arqueológicos. En general, la “fracción mineral otorga rigidez y dureza y la orgánica elasticidad y resistencia” (Gutiérrez, 2004).

El mineral óseo está presente en cristalitos (pequeños cristales) con forma de platos mientras que el colágeno está presente en fibras organizadas en “hojas” bidimensionales (Weiner, 2010; Beasley *et. al.*, 2014). Las cristalitas se ubican en los espacios libres entre las hojas de fibras de colágeno, formándose una matriz de fibras de colágeno mineralizadas, que es el siguiente nivel jerárquico de organización (Junqueira y Carneiro, 1991; Weiner, 2010; Beasley *et. al.*, 2014).

Una de las razones por las que el hueso es tan susceptible de ser modificado diagenéticamente está en su estructura mineral: debido a que los cristales de la bioapatita son tan pequeños y desordenados al nivel atómico, su superficie resulta grande en relación con su volumen y se ven más expuestos a factores externos y son más solubles (Berna *et. al.*, 2004; Gutiérrez, 2004; Weiner, 2010). Igualmente, la naturaleza iónica de la molécula de hidroxiapatita favorece la sustitución de elementos por otros iones similares (Salter, 1986).

El siguiente nivel jerárquico es el nivel del tejido óseo. A este nivel, las matrices de fibras de colágeno mineralizadas se agrupan en distintas formas, siendo dos las más relevantes: hueso fibrilar (*woven bone*) y hueso laminar (*lamellar bone*). El hueso fibrilar (también denominado hueso entrecruzado o inmaduro) se da cuando la agrupación de las matrices se da de manera desordenada, puesto que se forma rápidamente, y es un hueso de transición, encontrado principalmente en fetos y en huesos fracturados en proceso de reparación (Lyman, 1994; Gutiérrez, 2004; Weiner, 2010).

En el proceso de remodelación ósea, el hueso fibrilar es removido y reemplazado por el hueso laminar, (también denominado hueso lamelar), en el

que las fibras de colágeno son paralelas en cada laminilla. El hueso laminillar puede presentarse de dos formas, dependiendo del lugar en donde se deposita. Si se deposita sobre la circunferencia interna o externa de la diáfisis de un hueso largo, se forman laminillas circunferenciales (*circumferential lamellae*) en capas paralelas (Currey, 1984; Lyman, 1994; Ross y Pawlina, 2003; Weiner, 2010). Si se deposita dentro del material óseo, se forman estructuras cilíndricas denominadas osteones o sistemas Haversianos (Weiner, 2010) (Figura 3.1).

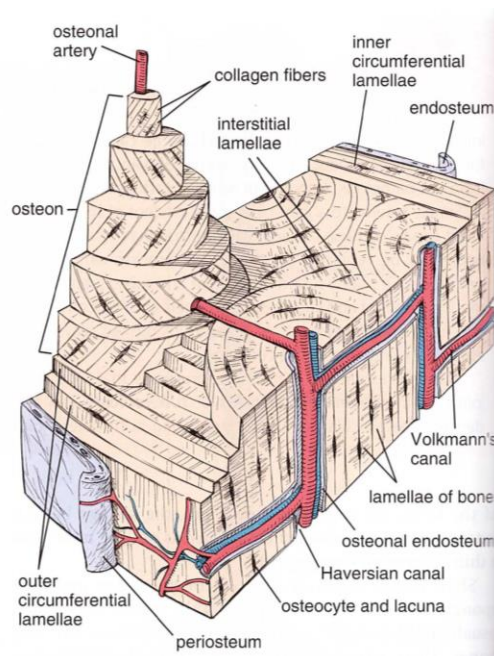


Figura 3.1. Dos tipos de hueso laminillar: laminillas circunferenciales y osteones. Tomado de Ross y Pawlina, 2003:206.

El osteón es una estructura que consiste en “laminillas concéntricas de matriz ósea alrededor de un canal central, denominado canal Haversiano u osteonal, que contiene el suministro vascular y nervioso del osteón” (Ross y Pawlina, 2003: 206). Hay dos tipos de osteones: los primarios son los primeros en formarse, y en el proceso constante de remodelación ósea⁶ son reemplazados por los secundarios. La diferencia entre unos y otros está en que los primarios “no presentan la línea de cemento que rodea los anillos laminares concéntricos, tienen

⁶ La remodelación consiste en la “resorción preferencial de hueso en algunas áreas y la deposición de hueso en otras áreas” (Ross y Pawlina, 2003:222).

canales vasculares más pequeños y menos láminas que los osteones secundarios” (Gutiérrez, 2004: 35). Al formarse los osteones secundarios, las laminillas de los osteones primarios que quedan entre los osteones secundarios pasan a denominarse laminillas intersticiales (Ross y Pawlina, 2003).

Para entender cómo se forman los osteones, hay que comprender el proceso de formación y remodelación del hueso, el cual está controlado por distintas células óseas. Los osteoblastos son las células que forman y depositan el material óseo; al incrustarse en cavidades del hueso conocidas como lagunas óseas (*lacunae*), los osteoblastos se convierten en osteocitos, células que se encargan de formar y renovar la matriz ósea (Geneser, 1998; Lyman, 1994). Cada laguna, por lo tanto, contiene un osteocito. Cada osteocito tiene a su vez varios pequeños túneles asociados denominados canalículos, que conectan lagunas adyacentes y permiten la comunicación entre osteocitos (Figura 3.2). Los osteoclastos, por su parte, son las células encargadas de la remodelación ósea, mediante la resorción del tejido (Lyman, 1994).

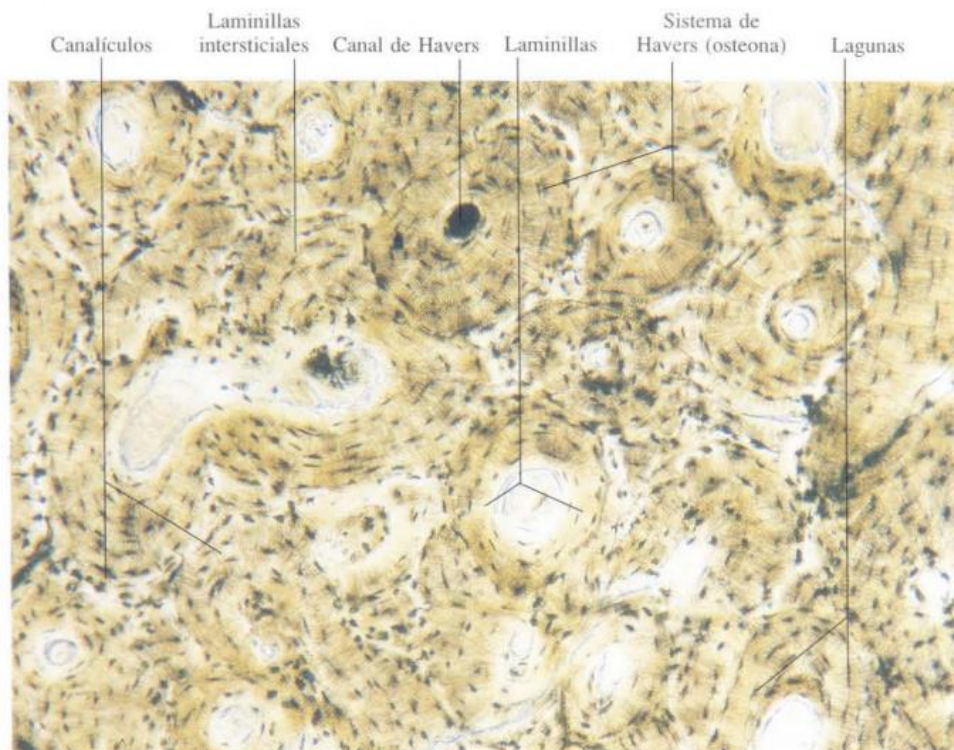


Figura 3.2. Corte histológico de hueso humano. Tomado de Geneser, 1998:44.

La formación del osteón empieza con la actividad del osteoclasto, que forma una cavidad de resorción, un túnel que es ocupado por el vaso sanguíneo a medida que los osteoblastos van depositando hueso de forma concéntrica en la superficie interna de la cavidad, hacia adentro, hasta cubrir el vaso sanguíneo. Este hueso depositado se va mineralizando con el tiempo, por lo cual los osteones más recientes están menos mineralizados que los más antiguos (Lyman, 1994; Ross y Pawlina, 2003).

Cada osteón está delimitado a su vez por una capa de una sustancia denominada cemento, la cual no es atravesada por los canalículos, por lo cual éstos sólo comunican los osteocitos dentro de cada osteón, pero no entre osteones (Currey, 1984; Lyman, 1994). La comunicación entre los canales Haversianos de cada osteón se da mediante vasos sanguíneos perpendiculares al eje de los osteones, que ocupan canales de Volkmann. Estos canales se originan en las superficies del periostio y el endostio y no están rodeados de laminillas concéntricas (Lyman, 1994; Ross y Pawlina, 2003). El periostio y el endostio son capas delgadas de hueso que cubren las laminillas circunferenciales en la superficie externa e interna del hueso, respectivamente (Figura 3.1).

Al siguiente nivel jerárquico de organización, se encuentran dos organizaciones estructurales del tejido óseo que, a pesar de distinguirse, forman un continuo: el hueso compacto o cortical es denso y forma la parte externa del hueso, mientras que el hueso trabecular tiene forma de esponja con amplios espacios y una porosidad más notable (Lyman, 1994; Ross y Pawlina, 2003; Weiner, 2010). Esto nos lleva al último nivel de organización, que es el hueso como objeto, en donde se identifican distintas formas y tipos de acuerdo a sus necesidades estructurales y funcionales (Weiner, 2010).

3.2.b. Agentes, procesos y efectos tafonómicos

Como ya se indicó en la introducción, hay cuatro conceptos fundamentales que se manejan en el presente trabajo: los *efectos tafonómicos* son las modificaciones físicas y químicas visibles y/o medibles en los elementos óseos, y son el resultado estático de un *proceso tafonómico*, que es la acción dinámica de un *agente tafonómico*. El agua, por ejemplo, es un agente tafonómico que puede desgastar (“abrade”) el hueso (este es el proceso tafonómico). El efecto tafonómico observado es el pulido en el hueso, manifestado tanto en brillo como en la pérdida de bordes anatómicos. La *historia tafonómica* es la reconstrucción e identificación de los procesos tafonómicos mediante la observación de los agentes tafonómicos a partir de la medición y estudio de los efectos tafonómicos.

En este trabajo, se dividen los procesos en dos categorías: procesos con efectos observables a nivel macroscópico y procesos con efectos observables a nivel microscópico. Estas son categorías generales e implican que los efectos del segundo tipo de procesos sólo son observados y medidos con técnicas microscópicas, mientras que los efectos del primer tipo de proceso pueden ser observados “a ojo”, aunque suele usarse una magnificación baja para tener un mayor nivel de confianza en su identificación. Estas categorías corresponden, a grandes rasgos, con las categorías de “bioestratinomía” y “diagénesis” discutidas en el capítulo 3.

Los procesos están resumidos en las tablas 3.1 y 3.2. En el capítulo 4, se explica a profundidad cada proceso y cómo es observable en el registro óseo. Como se verá, el conocimiento tafonómico sigue en construcción y la relación agente-proceso-efecto no está clara en todos los casos. Sin embargo, este es el estado del conocimiento en el momento. Trabajos como el presente, pero sobre todo las investigaciones actualísticas, tienen como objetivo ayudar a aclarar estas relaciones causa-efecto.

Agente	Proceso	Efecto
Agentes físicos y químicos en depósitos subaéreos	Meteorización	Líneas y grietas de desecación, exfoliación
Viento, agua	Abrasión	Brillo, redondeo de bordes anatómicos
Animales en tránsito	Pisoteo	Surcos
Humanos	Actividad humana (Corte)	Huellas de corte
Ácido húmico u hongos asociados a raíces	Grabado de raíces	Surcos
Distintos agentes en el suelo	Disolución química / Corrosión	Deterioro de periostio
Animales	Actividad de carnívoros y roedores (Mordedura, roedura)	Surcos, hoyos

Tabla 3.1 Relación entre agentes, procesos y efectos tafonómicos observables macroscópicamente.

Agente	Proceso	Efecto
Bacterias y hongos	Destrucción de colágeno	Histología
Varios agentes	Pérdida de proteína y disolución de la matriz mineral	Cambios en la porosidad
Varios agentes	Aumento de tamaño de cristales	Cambios en la cristalinidad
Carbonato de calcio	Incorporación de carbonato diagenético	Cambios en contenido de calcita

Tabla 3.2 Relación entre agentes, procesos y efectos tafonómicos observables microscópicamente.

Capítulo 4

Análisis tafonómicos

4.1. Análisis tafonómicos macroscópicos

Los procesos tafonómicos con efectos observables a nivel macroscópico de los cuales se tomaron datos son: meteorización, abrasión, pisoteo, actividad humana, grabado de raíces, disolución química y actividad de roedores y carnívoros. Para la cuantificación de estos efectos, se diseñó una tabla (4.1) de criterios observables en la muestra (adaptada de Flensburg *et. al.*, 2011 y Gutiérrez, 2004).

La observación de estos efectos tafonómicos se realizó examinando la superficie de los huesos a ojo y con una magnificación baja (lupa unifocal de 20x, y microscopio de 40x) para asegurar una correcta identificación (Blumenschine *et. al.*, 1996 en Domínguez-Rodrigo *et. al.*, 2009).

Elemento óseo	D.Q.	G.R.	Met.	A.	A.C.	A.Ro.	P.	A.H.

Tabla 4.1. Procesos tafonómicos con efectos observables a nivel macroscópico. D.Q. = Disolución química. G.R. = Grabado de raíces. Met. = Meteorización. A = Abrasión. A.C. = Actividad de carnívoros. A.Ro. = Actividad de roedores. P = Pisoteo. A.H. = Actividad de humanos

A continuación, se describe cada uno de los procesos tafonómicos con efectos observables a nivel macroscópico, cuáles son los agentes que pueden causarlos, qué nos dice su presencia acerca de la historia tafonómica de la muestra y cómo son observables en los huesos.

4.1.a. Meteorización

La meteorización es definida como el “proceso mediante el cual los componentes microscópicos orgánicos e inorgánicos del hueso son separados y destruidos por agentes físicos y químicos operando en el hueso *in situ*, en la superficie del suelo o en la zona del suelo” (Behrensmeyer, 1978). A diferencia de otros procesos

tafonómicos como la abrasión, la meteorización ocurre sin que haya movimiento del hueso y se da, por lo general, en depósitos *subaéreos*, es decir, cuando el hueso se encuentra sobre la superficie. Aunque existen registros de huesos enterrados afectados por la meteorización, ésta se da a una tasa significativamente más baja (Frison y Todd, 1986).

Diversos factores pueden influir en la tasa de meteorización de un hueso: la humedad, la fluctuación de la temperatura cerca de la superficie, los componentes químicos del suelo y la densidad y grosor original del hueso (Hare, 1980; Gifford, 1981). Behrensmeyer (1978) encontró que puede incluso haber variaciones en el estado de meteorización en un mismo hueso, con estados más avanzados en las superficies del hueso expuestas al aire que en las superficies en contacto con el suelo y, entre las superficies expuestas al aire, con estados más avanzados en las partes del hueso más cercanas a la superficie del suelo. De aquí la importancia de registrar meticulosamente la ubicación de los restos arqueológicos *in situ*, pues la meteorización puede variar significativamente en microambientes cercanos.

A pesar de que la intensidad y la duración de los procesos de meteorización difiere según el hueso y el microambiente al que está expuesto, el proceso de meteorización sigue una misma línea, lo cual implica que “las características estructurales del hueso tienen una gran influencia en las características de la meteorización” (Behrensmeyer, 1978:161). Behrensmeyer (1978) caracterizó este proceso en seis etapas, descritas principalmente a partir de dos efectos tafonómicos observables: las líneas y grietas de desecación, y la exfoliación.

Las líneas y grietas de desecación se producen entre las fibras de colágeno, al haber una desecación del hueso y se observan por lo general paralelas a la estructura fibrosa del hueso (Andrews, 1990; Gutiérrez, 2004). La exfoliación consiste en la pérdida de hueso cortical por desprendimiento en forma de láminas y suele estar asociada a la presencia de grietas de desecación (Behrensmeyer, 1978; Gutiérrez, 2004;).

Las etapas descritas por Behrensmeyer (1978) fueron retomadas por el presente trabajo para caracterizar la muestra estudiada y se describen brevemente a continuación:

- ***Etapas 0 (Hueso fresco):*** La superficie del hueso no muestra signos de agrietamiento ni exfoliación. El hueso puede estar todavía grasiento.
- ***Etapas 1 (Hueso poco meteorizado):*** Hay agrietamiento, normalmente paralelo a la estructura fibrosa del hueso.
- ***Etapas 2 (Hueso poco meteorizado):*** Las capas delgadas concéntricas más externas del hueso presentan exfoliación, asociada generalmente con agrietamiento, pues los bordes de hueso en las grietas tienden a separarse y exfoliarse primero. Pueden encontrarse escamas de hueso largas y delgadas con un lado unido al hueso todavía.
- ***Etapas 3 (Hueso significativamente meteorizado):*** La superficie del hueso está caracterizada por parches de hueso compacto áspero, meteorizado homogéneamente, resultando en una textura fibrosa. En estos parches, el hueso externo ha sido removido en capas concéntricas.
- ***Etapas 4 (Hueso significativamente meteorizado):*** La superficie del hueso es fibrosa y áspera en textura, con astillas grandes y pequeñas que pueden caerse al mover el hueso. La meteorización penetra hasta las cavidades internas.
- ***Etapas 5 (Hueso significativamente meteorizado):*** El hueso se destruye *in situ*, es frágil y se rompe fácilmente al moverse. Puede ser difícil determinar su forma original.

Para registrar la etapa de meteorización de un hueso, y teniendo en cuenta que en un mismo hueso pueden coexistir distintas etapas, Behrensmeyer (1978) sugiere encontrar la etapa más avanzada que cubra un parche de superficie mayor a 1 cm². Ésta forma de registrar el estado de meteorización ha sido discutida (Lyman y Fox, 1989; Saunders, 1997) pero es usada en este trabajo por su practicidad.

Dado que la meteorización se da principalmente en huesos expuestos en superficie, conocer el estado de meteorización de un hueso puede proveer información acerca del tiempo relativo y la tasa⁷ de exposición del hueso en superficie previo a su enterramiento y posterior a la pérdida del tejido blando, pues es en este momento en el que empieza el proceso de meteorización. Igualmente, el estado de meteorización de un hueso puede proveer información acerca de la intensidad de los agentes tafonómicos que pueden producir este proceso: la desecación, los cambios de temperatura y humedad y la química del suelo (Behrensmeyer, 1978; Miller, 1975: 217 en Lyman, 1994; Gutiérrez, 2004: 40).

De igual manera, se ha establecido que un hueso meteorizado sigue una trayectoria tafonómica distinta a un hueso no meteorizado, y por lo tanto es fundamental conocer el estado de meteorización de un hueso para poder establecer su historia tafonómica particular (Johnson, 1985).

4.1.b. Abrasión

La abrasión es el proceso tafonómico mediante el cual “cualquier agente erosiona la superficie del hueso a través de la aplicación de fuerza física” (Bromage, 1984:73). Lyman (1994) menciona distintos agentes que pueden generar abrasión: actividad eólica (Shipman y Rose, 1988), transporte fluvial y pisoteo (Brain, 1967; Gifford, 1981). Estos agentes, además de erosionar la superficie del hueso, pueden generar una dispersión del conjunto óseo (Olsen y Shipman, 1988). El pisoteo genera un tipo de abrasión que puede producir ciertas marcas tafonómicas adicionales que ni la actividad eólica ni el transporte fluvial generan, y por lo tanto es descrito con mayor amplitud en el siguiente apartado.

Bromage (1984) indica que en la abrasión siempre hay una remoción de fibras de colágeno que no están completamente mineralizadas. Además, identifica dos tipos de superficies resultantes del proceso tafonómico de abrasión: las superficies erosionadas suaves y las superficies erosionadas ásperas. Las primeras son producidas por fuerzas como el cepillado y el frotamiento (generalmente en la

⁷ Ver Lyman (1994:358) para una discusión sobre los conceptos de duración y tasa de la meteorización.

excavación o en el laboratorio), el deslizamiento (con papel de lija), y el peso (de los sedimentos sobre los huesos). Este tipo de superficies se caracteriza por la remoción del mineral en la superficie del hueso y la obliteración de detalles en los canales vasculares.

Las superficies erosionadas ásperas, por su parte, son producidas por agentes como partículas sedimentarias y agua transmitidas bajo presión. Estos agentes producen en la superficie del hueso muescas y hendiduras microscópicas, produciendo un brillo característico observable macroscópicamente, como resultado de una mayor reflectancia de la superficie.

Dos efectos tafonómicos principales son usados en este trabajo para identificar la abrasión en la muestra: el redondeo de los bordes anatómicos y el brillo observable macroscópicamente (Gutiérrez, 2004). Shipman (1977) indica que en la abrasión, los bordes y crestas anatómicas de los huesos se redondean, perdiendo su “filo” natural, y establece tres grados de abrasión: poca o ninguna (bordes frescos y afilados); moderada (algunos redondeos); y severa (bordes desvanecidos, hueso superficial posiblemente ausente). Para identificar el grado de abrasión según Shipman (1977) es necesario utilizar un microscopio (ver figura 4.1).

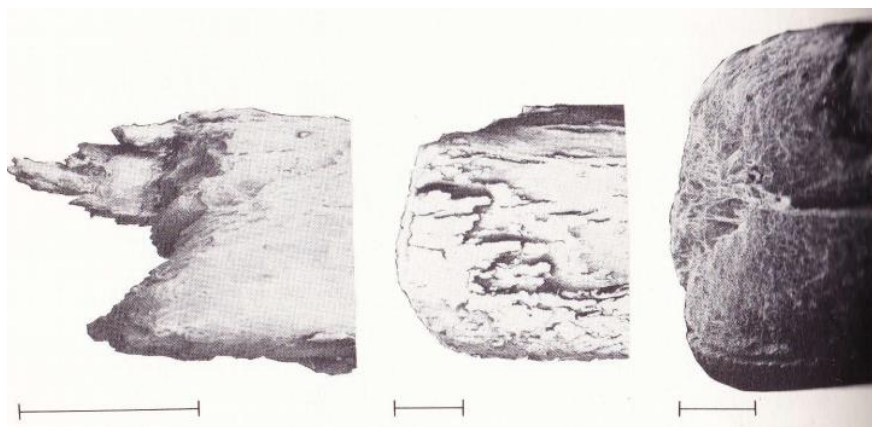


Figura 4.1. Categorías de abrasión (tomado de Shipman, 1977). De izquierda a derecha: poca o ninguna; moderada; severa.

El brillo, en contraste, es, por lo general, observado macroscópicamente. Cuando se encuentra restringido espacialmente en la superficie del hueso, se ha interpretado como evidencia de la utilización del hueso como herramienta, pues la abrasión se da de una manera focalizada. La abrasión de origen natural, por su parte, se observa generalmente en todo el hueso (Bromage, 1984).

Por último, se ha sugerido que, en la historia tafonómica, los huesos en estados avanzados de meteorización son más vulnerables a la abrasión debido a que han perdido la superficie más externa del hueso que retiene su matriz orgánica, la cual amortiguaría los impactos de las partículas (Martill, 1990: 282).

4.1.c. Pisoteo

El tránsito animal sobre la superficie es un agente tafonómico que puede generar un “proceso de fricción entre partículas sedimentarias y huesos” (Pineda *et. al.*, 2014), denominado pisoteo. El pisoteo es por lo tanto, una forma del proceso tafonómico de abrasión sedimentaria. Además de los efectos tafonómicos mencionados en general para los procesos de abrasión, el pisoteo puede generar un efecto adicional en particular: marcas sobre la superficie de los huesos en forma de estrías que pueden asemejarse a las huellas de corte (Domínguez-Rodrigo *et. al.*, 2009).

Distintos estudios se han efectuado para diferenciar microscópicamente las marcas de pisoteo de las huellas de corte (Behrensmeyer *et. al.*, 1986; Olsen y Shipman, 1998; Domínguez-Rodrigo *et. al.*, 2009; Pineda *et. al.*, 2014). Se ha propuesto, además, que para efectuar una identificación correcta se deben tener en cuenta no sólo estas características microscópicas sino también su ocurrencia anatómica (Andrews y Cook, 1985; Behrensmeyer *et. al.*, 1986; Oliver, 1989).

Las marcas en forma de estrías generadas por el pisoteo suelen tener estas características (Domínguez-Rodrigo *et. al.*, 2009): un surco en forma de V ancha o U, pero siempre más ancho que profundo; una trayectoria curva o sinuosa, o aparentemente recta pero con imperfecciones observables microscópicamente; no suele tener microestriaciones internas (excepto en casos cuando el pisoteo es de

muy baja intensidad, pero incluso aquí se pueden distinguir porque son discontinuas y curvas); estrías delgadas y superficiales que atraviesan el surco principal con un ángulo oblicuo; y microabrasión, caracterizada por estrías superficiales alejadas pero asociadas al surco, causada por granos de sedimentos que están en el mismo sustrato que la partícula que ocasionó el surco principal.

En cuanto a la ocurrencia anatómica de las marcas de pisoteo, éstas suelen estar orientadas aleatoriamente en múltiples direcciones en la superficie del hueso, y se presentan con mayor frecuencia en las diáfisis que en las epífisis (Lyman, 1994: 381). Igualmente, suele haber una mayor cantidad de marcas de pisoteo por espécimen que marcas de corte (Domínguez-Rodrigo *et. al.*, 2009).

En la historia tafonómica de un conjunto óseo, identificar entre marcas de pisoteo y huellas de corte es fundamental para generar interpretaciones correctas acerca de la actividad humana en el procesamiento de los huesos estudiados. Dado que el pisoteo puede eliminar algunas de las características propias de las huellas de corte, es necesario tenerlas todas en cuenta al momento de identificar el proceso tafonómico que dio origen a una marca.

4.1.d. Actividad humana

Las huellas de corte son el principal efecto tafonómico generado por la actividad humana estudiado en muestras óseas. Estas huellas se dan en actividades de descuartizamiento principalmente, y suelen encontrarse en muestras zooarqueológicas (Shipman y Rose, 1983).

Las huellas de corte han sido descritas microscópicamente en contraposición con las marcas de pisoteo (ver el anterior apartado) y pueden distinguirse por las siguientes características (Shipman y Rose, 1983; Olsen y Shipman, 1988; Domínguez-Rodrigo *et. al.*, 2009; Pineda *et. al.*, 2014): son profundas y tienen forma de V; su trayectoria suele ser recta; tienen, por lo general, microestriaciones en las paredes internas, y éstas suelen ser rectas y continuas, aunque pueden perderse si el hueso es sometido a pisoteo, así éste no sea intenso; su orientación

suele ser oblicua o perpendicular al eje del hueso; y se encuentran en una menor cantidad por espécimen que las marcas de pisoteo.

En la historia tafonómica de un conjunto óseo, las huellas de corte indican que los huesos fueron utilizados para consumo, elaboración de herramientas u otra actividad cultural.

4.1.e. Grabado de raíces

El grabado de raíces es un proceso tafonómico consistente en la formación de marcas en la superficie cortical de los huesos que se encuentran, por lo general, bajo la superficie. Se ha propuesto que el grabado de raíces puede ser producido por dos agentes distintos: primero, el ácido húmico que emiten las raíces (Behrensmeyer, 1978: 154; Lyman, 1994: 375) y segundo, los hongos asociados a las plantas en descomposición (Morlan, 1980: 56-57; Grayson *et al.*, 1988: 30; Fernández-Jalvo, 1992).

El efecto tafonómico con el cual se identifica el grabado de raíces es la presencia de surcos poco profundos, anchos y con el fondo redondeado (Gutiérrez, 2004: 41), organizados en patrones dendríticos y sinuosos (Lyman, 1994) o de manera irregular y en varias direcciones.

La presencia de marcas de raíces indica que el hueso estuvo en un ambiente sedimentario con plantas en algún momento de su historia tafonómica (Lyman, 1994: 336). Igualmente, la presencia de grabado de raíces sobre superficies de fractura es evidencia de que éste fue posterior a la fractura y que, por lo tanto, es probable que la fractura se haya dado previa al enterramiento (White, 1992: 119). Sin embargo, en pocos casos puede haber también un grabado previo al enterramiento, producido por musgos o líquenes (Lyman, 1994: 375).

El estudio del grabado de raíces en las muestras óseas arqueológicas puede proveer información paleoambiental si se revisa, por ejemplo, su distribución diferencial en muestras obtenidas de distintos estratos en un mismo sitio (Grayson *et al.*, 1988). Aún así, falta mucho por estudiar y comprender sobre el grabado de raíces: aspectos como la velocidad del grabado, si distintas plantas producen

marcas a distintas tasas, la profundidad a la que debe estar enterrado un hueso para ser susceptible al grabado, o la identificación del agente tafonómico (la misma raíz o los hongos asociados a ella) (Lyman, 1994), aún no son entendidos en su totalidad.

4.1.f. Disolución química

La disolución química consiste en una “reacción química entre el hueso y su microambiente más inmediato, resultando en la disolución y el esculpido del hueso” (Gutiérrez, 2004). En los huesos, se observa como corrosión usualmente en forma de hoyos esculpidos sobre la superficie cortical del hueso que, en un estado avanzado, pueden llegar a modificar su morfología (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo, 1992 en Pineda, 2014; Lyman, 1994: 507; Pineda *et. al.*, 2014)

Los hoyos de disolución química son un efecto tafonómico poco estudiado, propuesto y abordado por Johnson *et. al.* (1997) y Gutiérrez (2004), por lo cual no se comprende por completo el proceso que los causa, aunque se supone que éste se da por una interacción de distintos agentes, entre los que están los ácidos fúlvicos y húmicos del suelo, el pH del suelo, la actividad de bacterias y microbios, el tipo de vegetación en el microambiente asociado al hueso, y los ácidos excretados por los hongos en este microambiente (Nicholson, 1996; Gutiérrez, 2004).

Para la identificación de los hoyos de disolución química, se siguen en este trabajo seis categorías propuestas previamente para clasificar la intensidad del proceso (tomado de Gutiérrez, 2004):

- Estadio I: No hay efectos, no hay daños en la superficie cortical; no hay hoyos de disolución.
- Estadio II: Efectos leves; hoyos de disolución sobre algunas porciones del hueso.
- Estadio III: Efectos moderados; la mayor parte de la superficie cortical está afectada.

- Estadio IV: Efectos levemente severos; comienza el esculpido, los hoyos se incrementan y la superficie cortical está erosionada.
- Estadio V: Efectos moderadamente severos; el esculpido se intensifica y los hoyos se profundizan; comienza a modificarse la forma original del hueso.
- Estadio VI: Efectos extremadamente severos; los hoyos se intensifican, agrandan y modifican la forma original del hueso.

En la historia tafonómica de los restos óseos, la disolución química puede ocultar las características con las cuales se pueden identificar otros efectos tafonómicos como las marcas de raíces o de pisoteo, por lo cual en huesos con evidencia de disolución química debe tenerse cuidado con asegurar que hubo ausencia de otros procesos tafonómicos que puedan estar “borrados”.

4.1.g. Actividad de roedores y carnívoros

Dentro del amplio rango de posibles agentes tafonómicos de origen biológico, dos grupos han sido particularmente estudiados debido a su alta frecuencia relativa en los sitios arqueológicos: los carnívoros y los roedores. Los efectos tafonómicos causados por la actividad de estos dos grupos son de dos tipos. En primer lugar, tanto los roedores como los carnívoros tienen conductas que pueden modificar la distribución de los huesos (Gutiérrez, 2004). En segundo lugar, consumen y modifican los restos de fauna de animales vertebrados (Lyman, 1994: 392), lo cual genera efectos observables macroscópicamente en la superficie de los huesos.

En cuanto a la distribución de los huesos, los comportamientos como la acumulación, recolección y fractura de huesos, vistos en ambos grupos, alteran la distribución de la muestra ósea, pues puede haber una selección diferencial de huesos por su tamaño, textura u otras propiedades (Hoffman y Hays, 1987). La cavadura de canales o galerías por parte de los roedores también puede modificar la distribución de los huesos al haber remoción del sedimento desde el interior hacia la superficie (Bocek, 1986). Por esto, es importante registrar, durante el trabajo arqueológico, la presencia de cuevas o galerías en el contexto del sitio.

El estudio de los efectos observables macroscópicamente en la superficie de los huesos permite diferenciar entre los dos grupos de agentes. Las marcas de roedores se identifican como surcos o raspaduras cortas, paralelos y contiguos, cortos y de fondo plano o redondeado, pero sin estrías observables microscópicamente (Maguire *et. al.*, 1980:91; Gutiérrez, 2004).

Las marcas de carnívoros, por su parte, pueden tomar varias formas (Maguire *et. al.*, 1980: 79-80; Binford, 1981: 51; Shipman, 1981: 366). Los bordes denticulados suceden en los extremos de las diáfisis cuando el diente remueve parte del borde del hueso. Las perforaciones (*punctures*) y los hoyos (*pitting*) se dan cuando el diente ejerce una presión sobre el hueso, dejando una depresión oval en el caso de las primeras (Shipman, 1981: 366), y un hoyo poco profundo en el caso de los segundos⁸. El *scoring* consiste en surcos lineares y perpendiculares al eje del hueso que pueden variar en su longitud, encontrados principalmente en las diáfisis de los huesos largos, y generados en el arrastre de los dientes por su superficie.

Tener en cuenta los dos tipos de efectos tafonómicos permite hacer mejores inferencias sobre la historia tafonómica de una muestra. Se debe considerar también que los huesos meteorizados, al estar secos y haber perdido la humedad y su capacidad de absorber energía, responden de manera distinta a la actividad de carnívoros y roedores que los huesos frescos (Johnson, 1985).

Es importante notar, por último, que la acción de carnívoros y roedores se ha estudiado principalmente en muestras de fauna (Lyman, 1994), lo cual se debe probablemente al hecho de que los huesos humanos pueden tender a ser enterrados o protegidos en un punto temprano de su historia tafonómica en vez de quedar expuestos, sobre la superficie, a estos agentes.

⁸ Los hoyos (*pitting*) se producen cuando el hueso es lo suficientemente fuerte para resistir la presión del diente, evitando que se genere una perforación (Lyman, 1994: 206).

4.2. Análisis tafonómicos microscópicos (Parámetros diagenéticos)

Los procesos tafonómicos con efectos observables a nivel microscópico son aquellos que modifican química o estructuralmente al hueso tras su enterramiento (Nielsen-Marsh y Hedges, 2000; Gutiérrez, 2004). En este trabajo, estos procesos se equiparan con la diagénesis, que consiste en un complejo de cambios físicos y químicos postmórtem influido por el ambiente y condiciones geológicas e hidrológicas de enterramiento (Lyman, 1994; Hedges *et. al.*, 1995; Beasley *et. al.*, 2014).

Para estudiar la diagénesis en las muestras óseas, Hedges *et. al.* (1995) propusieron varios parámetros diagenéticos, definidos como “un aspecto singular medible de una muestra ósea que refleja el grado de diagénesis por el que ha pasado el hueso”. Es importante notar que ninguna medida de un parámetro diagenético corresponde con un proceso tafonómico simple (Nielsen-Marsh y Hedges, 2000). Dado que la diagénesis es un proceso único que involucra múltiples agentes y procesos tafonómicos, es necesario buscar patrones coherentes en la relación entre los parámetros diagenéticos con el fin de poder reconstruir la historia tafonómica de los restos estudiados.

Para la identificación y medición de los efectos tafonómicos a nivel microscópico en este trabajo, se miden cuatro parámetros diagenéticos para conocer el estado de preservación del hueso: (i) la integridad histológica, (ii) los cambios en la porosidad, (iii) el índice de cristalinidad y (iv) la medida de carbonato y calcita (Hedges *et. al.*, 1995; Nielsen-Marsh y Hedges, 2000; Weiner, 2010).

Para medir estos parámetros diagenéticos, se tomaron de cada uno de los cuatro individuos dos huesos, la tibia y el fémur izquierdos, y mediante corte se obtuvieron secciones de aproximadamente 2 cm de largo que exhibieran superficie cortical gruesa (Wright y Schwarcz, 1996; King *et. al.*, 2011). Este fragmento de hueso fue a su vez subdividido de modo que se obtuvieran tres fragmentos: uno para estudiar la integridad histológica, uno para estudiar los cambios en la

porosidad y uno para estudiar tanto el índice de cristalinidad como la medida de carbonato y calcita.

A continuación se describe cada uno de los parámetros diagenéticos, por medio de qué método microscópico se observa y la lógica detrás de cada uno de estos métodos, conectando la información con la expuesta en el apartado sobre estructura del hueso de este mismo trabajo.

4.2.a. Integridad histológica

La preservación del hueso puede ser estudiada al nivel del tejido. En este sentido, la paleohistología, definida como el estudio de “secciones microscópicas de huesos antiguos y el reconocimiento de tejidos y células en esas secciones” (Graf, 1949 en Garland 1993), puede utilizarse para estudiar el grado de preservación de la microestructura del hueso, mediante la observación de “rasgos exóticos” en el hueso arqueológico, que son anomalías del hueso en comparación con hueso moderno fresco (ver capítulo 33). Estos rasgos exóticos indican el grado de alteración histológica (Hackett, 1981; Garland, 1993; Gutiérrez, 1998, 2004).

La alteración histológica encontrada en los huesos arqueológicos suele presentarse en forma de “focos destructivos” observables como túneles que siguen el eje de los osteones (Hackett, 1981; Nielsen-Marsh y Hedges, 2000). Sin embargo, también pueden presentarse otros rasgos exóticos como canales Haversianos agrandados o concentración de la tinción en ciertos puntos (Gutiérrez, 1998, 2004). Estos rasgos exóticos están descritos a continuación (tomado de Gutiérrez, 1998):

- *Túneles lineares*: Originados en el canal Haversiano, continuando a través del osteón secundario hasta un osteón vecino; conectan varios canales Haversianos osteonales.
- *Túneles multidireccionales ramificados*: Túneles lineares que forman una red compleja de patrón de túneles.
- *Canales Haversianos agrandados*: Canales Haversianos expandidos por los mismos factores responsables de los túneles.

- *Concentración de tinción:* Depositada indistintamente en los osteones secundarios.

Los túneles tafonómicos pueden confundirse con los canales de Volkmann (canales vasculares originales, descritos en el apartado 3.3) pero se distinguen debido a que los primeros son más gruesos y largos (Gutiérrez, 1998).

Distinta evidencia circunstancial apunta a que la causa de los cambios tafonómicos histológicos no es físico-química sino de origen biológico (Hackett 1981; Hedges *et. al.*, 1995; Nielsen-Marsh y Hedges 2000). Incluso en muestras muy alteradas químicamente, la estructura histológica suele ser observable debido a que la hidroxiapatita en el hueso está sujeta a “sustitución isomórfica y la estructura geométrica está preservada esencialmente intacta” (Stout, 1978), reemplazándose, por ejemplo, los grupos fosfatos por carbonatos (ver sección 3.4.b.iv). Las alteraciones histológicas, por lo tanto, parecen ser causadas por organismos microscópicos—bacterias u hongos—, que acceden al colágeno del hueso destruyendo la estructura mineral (Hackett, 1981). Esta afirmación se apoya en el hecho de que no se han observado focos destructivos en el esmalte, que no tiene colágeno.

Para observar los “rasgos exóticos”, se efectuó un análisis de microscopía de cortes delgados. Se decidió observar cortes transversales de huesos debido a que en los cortes longitudinales muchas estructuras son cortadas oblicuamente y hay una mayor irregularidad con respecto a los cortes transversales (Hackett, 1981).

El análisis de integridad histológica se realizó únicamente con los individuos 1, 2 y 3 debido a que el individuo 5 corresponde a un feto y todavía no está formado completamente el hueso laminillar, que es el que se observa en histología; en cambio, hay una predominancia de hueso fibrilar.

Se analizaron el fémur izquierdo y la tibia izquierda de cada individuo. Después de cortar transversalmente en la diáfisis un fragmento de aproximadamente 5 cm de largo, se adhirió a un portaobjetos y fue lijado con cinco lijas distintas, pasando progresivamente de la más dura a la más suave, hasta obtener el grosor

esperado, de aproximadamente 100µm, revisando que fuera translúcido, de modo que se pudieran observar las estructuras en el microscopio óptico.

Cada corte fue cubierto con un portaobjetos y teñido con azul de metileno para resaltar las estructuras histológicas y fue observado en microscopio a dos aumentos, 40x y 100x. Las imágenes obtenidas se encuentran en las figuras 5.1 (fémures) y 5.2 (tibias).

El grado de alteración histológica se midió con el índice histológico (HI), utilizado en este trabajo y adaptado de Hedges *et. al.* (1995), Nielsen-Marsh y Hedges (2000) y Gutiérrez (1998). El HI consiste en un sistema graduado de 1 a 5 en el cual se le asigna un grado de alteración diagenética a cada muestra estudiada. Este es el índice histológico de cambio diagenético usado:

Índice	% aprox. de hueso alterado	Descripción
1	>95	No se identifica ninguna característica original de la histología del hueso, excepto los canales Haversianos.
2	75	Algunas pequeñas áreas de hueso preservado, o alguna estructura lamelar preservada. Los rasgos exóticos ocupan aprox. el 75% del campo visible.
3	50	Se preservan algunas lagunas de osteocitos. Los rasgos exóticos ocupan aprox. el 50% del campo visible.
4	25	Sólo algunos rasgos exóticos presentes. Características histológicas bien definidas.
5	<5	Hueso bien preservado, todas las estructuras histológicas originales son observables.

Tabla 4.2. Descripción de los índices histológicos usados.

4.2.b. Cambios en la porosidad

La estructura porosa del hueso está definida como “la distribución de la porosidad para un radio de poro dado” (Hedges *et al.*, 1995). Los cambios en la distribución del tamaño de los poros son indicadores de procesos tafonómicos afectando tanto los componentes orgánicos (pérdida de proteína) como inorgánicos (disolución de la matriz mineral) del hueso (Hedges *et. al.*, 1995; Nielsen-Marsh y Hedges, 2000). Por lo tanto, la medida de la porosidad es una de las formas más directas de evaluar el cambio diagenético del hueso (Hedges *et. al.*, 1995) y los cambios en la

porosidad suelen seguir una trayectoria más o menos similar en huesos de distintos contextos (Hedges *et. al.*, 1995).

La porosidad del hueso determina la manera en que interactúa con el agua subterránea, concebida como un agente tafonómico presente en casi todos los contextos arqueológicos. Esta relación entre porosidad y agua subterránea se da debido a que la interacción del agua con el hueso se da en los poros donde ésta es retenida, a que la estructura porosa del hueso define su área superficial interna y, por lo tanto, las características de la reacción sólido-solución, a que la distribución de los tamaños de los poros determina cuáles serán llenados a distintas humedades, y a que el tamaño de los poros determina la conductividad hidráulica del hueso (Hedges *et al.*, 1995).

El agua interactúa con el hueso de la misma manera en que interactúa con el suelo, debido a que ambos son materiales sólidos porosos. Para describir esta interacción se utiliza el concepto de potencial mátrico, que se refiere a la energía potencial o energía libre requerida para mover las moléculas de agua cuando esta se encuentra en contacto con partículas sólidas. El potencial mátrico es la fuerza necesaria para romper la tensión superficial y las micelas⁹ que se forman debido a las fuerzas de atracción entre las moléculas de agua y el sólido. Este potencial está determinado por el “radio máximo del poro que puede llenarse con agua líquida” (Hedges y Millard, 1995), puesto que el agua interactúa únicamente con la superficie de los poros en donde es retenida, es decir, con los poros que se saturan (Hedges y Millard, 1995).

Es por esto que en el presente trabajo se evalúa la distribución de los tamaños de los poros para describir la interacción entre el agua y el hueso, con un método derivado de la física del suelo (Marshall y Holmes, 1988). El análisis de porosidad se efectuó con la tibia izquierda y el fémur izquierdo de cada uno de los tres individuos (1, 2 y 3). Se tomaron mediciones para el fémur del individuo 5 pero, como se esperaba, los valores no fueron los esperados debido a que el

⁹ Las micelas son conjuntos de moléculas con un interior hidrofóbico y un exterior hidrofílico, lo cual les permite transportar sustancias insolubles en el agua.

procedimiento se debe hacer con hueso cortical y, siendo el individuo 5 un feto, no tiene suficiente hueso cortical para medir bien estos valores. Los valores se presentan en el capítulo 5 pero no se tienen en cuenta para el análisis estadístico.

El procedimiento consistió en medir el contenido de agua absorbida por el hueso en una humedad relativa determinada (Hedges *et. al.*, 1995; Nielsen-Marsh y Hedges, 2000):

(1) *Preparación y observación de las muestras.* Se cortaron fragmentos de entre 100 y 300 mg de hueso cortical, se secaron en un horno a 100°C durante 12 horas y se pesaron tres veces, obteniendo así su peso a una humedad relativa aproximada a 0%. Las muestras se pusieron entonces en equilibrio con vapor de agua de una humedad relativa (RH) definida (75%) en una cámara de humedad relativa controlada durante cinco días, controlando el ambiente dentro de la cámara con ácido sulfúrico diluido con una concentración molar de 1.4M. La humedad en la atmósfera se midió usando un higrómetro. Las muestras fueron retiradas y pesadas de nuevo. Después, las muestras fueron saturadas, en el desecador, con agua destilada por 12 horas para obtener una humedad relativa de aprox. 100%, y fueron pesadas de nuevo. Los fragmentos fueron pesados en cada ocasión tres veces y se obtuvo el promedio de las tres mediciones.

(2) *Medición.* Las tres medidas (0, 75, 100 %RH) fueron usadas para obtener valores de porosidad total, micro y macro, con estas ecuaciones:

$$\text{Porosidad total} = (\text{peso saturado} - \text{peso seco}) / \text{peso seco}$$

$$\text{Macroporosidad} = (\text{peso saturado} - \text{peso 75\% RH}) / \text{peso seco}$$

$$\text{Microporosidad} = (\text{peso 75\% RH} - \text{peso seco}) / \text{peso seco}$$

donde la microporosidad es definida como el volumen de agua absorbida sobre gramo¹⁰ (cm³g⁻¹) a una humedad relativa de 75%, en la cual se llenan los poros

¹⁰ La unidad de medida (volumen de poro sobre gramo) se denomina porosidad de masa (mass porosity), y difiere de otras formas de medir la porosidad (i.e. porosidad volumétrica o volume porosity) en cuanto “para un rango de tamaños de poros, [esta medida] es independiente de otros rangos de tamaños de poros” (Hedges et al, 1995), es decir, si se está midiendo la microporosidad, ésta no varía en caso de que aparezcan macro-poros en la muestra.

con un radio $<4\text{nm}$; mientras que la macroporosidad es definida como el volumen de agua absorbida sobre gramo a una humedad relativa entre 75 y 100% de saturación, en la cual se llenan los poros con un radio $>4\text{nm}$ (Hedges *et. al.*, 1995; Gutiérrez, 2004).

En la historia tafonómica de los restos óseos, se ha encontrado que generalmente la porosidad aumenta en huesos alterados diagenéticamente (Hedges *et. al.*, 1995), probablemente, en un primer lugar, por la pérdida del colágeno, haciendo al hueso más vulnerable a la alteración diagenética debido a un aumento en su área de superficie (Weiner, 2010). Igualmente, se ha identificado una proporcionalidad inversa entre la macro y la microporosidad, debida posiblemente a la redistribución del tamaño de los poros en el mineral óseo (Hedges *et. al.*, 1995).

4.2.c. Índice de cristalinidad

La estructura del hueso en vida está regulada por inhibidores que evitan que crezcan los cristalitos (cristales diminutos) de los que está compuesta la fase mineral. La fase mineral del hueso es termodinámicamente metaestable, es decir, está en un equilibrio aparente que cambia a un estado más estable al morir el individuo, cuando los inhibidores dejan de actuar y se genera un proceso de recristalización espontánea en el cual los cristales aumentan de tamaño, se ordenan y se vuelven más estables. Este conjunto de propiedades se denomina “cristalinidad” (Weiner y Bar Yosef, 1990; Wright y Schwarcz, 1996; Nielsen-Marsh y Hedges, 2000; Weiner, 2010; Berna *et. al.*, 2004; Beasley *et. al.*, 2014).

Estudiar la cristalinidad, por lo tanto, provee información acerca del estado de preservación de la fase mineral. El proceso de recristalización está mediado e influido por la disponibilidad de agua y la temperatura ambiente (Weiner, 2010: 290), y parece estar asociada con la pérdida de colágeno, la disolución de los cristalitos más pequeños, la pérdida de carbonato y la captación de flúor (Nielsen-Marsh y Hedges, 2000; Beasley *et. al.*, 2014).

Medición de índice de cristalinidad con espectroscopía FTIR

Para medir la cristalinidad, es necesario usar una técnica espectroscópica (Nielsen-Marsh y Hedges, 2000; Weiner, 2010). En este trabajo, se usa la espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), que ofrece ciertas ventajas sobre otras técnicas como la difracción de rayos X (XRD): se requiere una pequeña cantidad de la muestra, los resultados son más exactos y se puede medir, con la misma técnica, el contenido de carbonato (Nielsen-Marsh y Hedges, 2000).

La espectroscopía FTIR “usa radiación infrarrojo para medir qué fracción de la radiación incidente es absorbida en una longitud de onda particular; esto puede ser usado para establecer medidas semi-cuantitativas de la composición ósea” (Beasley *et. al.*, 2014:17). El espectrómetro FTIR transmite fotones de radiación infrarrojo a través de la muestra, excitando las moléculas de la bioapatita a distintos estados de vibración; esto hace que ciertas longitudes de onda de luz sean absorbidas y otras no, lo cual está condicionado por la estructura molecular de la muestra (Wright y Schwarcz, 1996; Beasley *et. al.*, 2014). El resultado es un espectro con distintas bandas que representan las vibraciones de distintos grupos moleculares.

Con el espectro obtenido tras el análisis por espectroscopía FTIR, se puede calcular el índice de cristalinidad, una medida basada en la homogeneidad de la red cristalina (crystal lattice), que indica qué tanto ha cambiado la composición del hueso en comparación con la apatita biológica (Wright y Schwarcz, 1996; King *et. al.*, 2011).

El índice de cristalinidad corresponde a la medida de *splitting factor* (IR-SF). El IR-SF es una función del grado de división entre dos bandas de absorción encontrados en la región de las huellas digitales¹¹ del espectro FTIR: 603 cm⁻¹ y 565 cm⁻¹. Estas bandas se separan más a medida que aumenta la cristalinidad y,

¹¹ La región de las huellas digitales de un espectro FTIR es la comprendida entre 1500 y 500 cm⁻¹ aproximadamente, e involucra una amplia serie de absorciones.

por lo tanto, el orden de la red cristalina, con lo cual el IR-SF aumenta (Termine y Posner, 1966; Surovell y Stiner, 2001; Beasley *et. al.*, 2014).

Para medir el índice de cristalinidad (IR-SF), se utilizó la técnica propuesta por Weiner y Bar Yosef (1990), que es la más utilizada actualmente para este propósito. El procedimiento llevado a cabo se describe a continuación:

(1) *Preparación de las muestras.* Se obtuvo, mediante raspado del hueso, una cantidad de aproximadamente 1.5 mg. Se depositó la muestra en un mortero de ágata, en donde se molió hasta tener polvo de hueso. Se añadió aproximadamente 200 mg de KBr (bromuro de potasio), volviendo a moler sin hacer mucha presión. Esta mezcla se pasó a un tambor metálico en el cual se comprimió la muestra por medio de una prensa hidráulica, obteniendo pastillas transparentes de KBr con hueso molido que permiten dejar pasar el rayo infrarrojo.

(2) *Observación.* El tambor metálico conteniendo la pastilla de KBr es insertado en el espectrómetro FTIR, obteniendo el espectro a partir del cual se hace el análisis correspondiente.

(3) *Medición.* El IR-SF se obtuvo dibujando una línea base entre 750 y 495 cm^{-1} y midiendo las alturas de las bandas de absorción en 603 y 565 cm^{-1} , así como el valle en el medio, a aproximadamente 590 cm^{-1} . La fórmula para obtener el IR-SF es:

$$\text{IR-SF} = (a+b)/c$$

donde a = altura de la banda en 603 cm^{-1} ; b = altura de la banda en 565 cm^{-1} ; c = altura del valle.

El IR-SF en huesos modernos se encuentra entre 2.5 y 2.9 (Ziv y Weiner, 1994) y en huesos arqueológicos entre 3 y 4, aunque puede aumentar hasta 7 (Berna *et. al.*, 2004). El rango de error del IR-SF es ± 0.2 .

El análisis por espectroscopía infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) se efectuó usando el equipo Thermo Nicolet NEXUS FT-IR, y los análisis fueron realizados en el OMNIC Specta Software. Este análisis se llevó a cabo en las

tibias izquierdas de los individuos 1, 2, 3 y 5 y en los fémures izquierdos de los individuos 1, 2 y 5. Sin embargo, la información del individuo 5 no fue utilizada para el análisis estadístico debido a la naturaleza del hueso, que no tiene la misma proporción de hueso cortical que los otros huesos debido a que pertenece a un feto. Esto altera el resultado esperado y evita que pueda ser comparado con los otros resultados obtenidos.

4.2.d. Contenido de carbonato y calcita

La fase mineral del hueso, es decir la bioapatita, siempre incorpora carbonato diagenético en contextos arqueológicos, por lo cual siempre se encuentra como hidroxiapatita carbonatada (ver capítulo 3). El carbonato (CO_3^{-2}) puede depositarse de dos formas al hueso: estructural o superficialmente (Lee-Thorp y Merwe, 1991; Nielsen-Marsh y Hedges, 2000). Ambas formas son identificables usando espectroscopía FTIR¹². En general, la banda de carbonato observada en el espectro obtenido con espectroscopía FTIR incluirá carbonato adicional¹³ al incorporarse carbonato diagenético (Nielsen-Marsh y Hedges, 2000).

La incorporación estructural del carbonato a la fase mineral del hueso se da cuando éste reemplaza al fosfato (PO_4^{-3}) biogénico de la bioapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})$), mediante procesos de recristalización o disolución, afectando el tamaño y la estabilidad de la red cristalina (Wright y Schwarcz, 1996). En la incorporación superficial, el carbonato se deposita como carbonato de calcio (CaCO_3) tanto en la superficie, por adsorción, como en las grietas y poros del hueso (Krueger, 1991; Nielsen-Marsh y Hedges, 2000).

La cantidad de carbonato diagenético que se ha incorporado al hueso puede medirse con dos valores: para la incorporación estructural, se usa el contenido total de carbonato y para la incorporación superficial se usa el contenido de calcita (Gutiérrez, 2004). Se analiza la calcita debido a que, dentro de la familia de los

¹² El Kimmel Center for Archaeological Science tiene disponible una colección de referencia de espectros de materiales arqueológicos en <http://weizmann.ac.il/kimmel-arch/islib.html>

¹³ En general, un pico entre 1400 y 1450 cm^{-1} indica que hay carbonato presente en la muestra (Weiner, 2000).

minerales del carbonato de calcio, es el más estable y el más común encontrado en contextos arqueológicos (Weiner, 2010).

El contenido total de carbonato (C/P) diagenético fue calculado a partir de una proporción entre las bandas de carbonato CO_3^{-2} (1415 cm^{-1}) y fosfato PO_4^{-3} (1035 cm^{-1}) en el espectro. Esta no es una medida directa del contenido total de carbonato pero se correlaciona bien con él. La fórmula para obtener el contenido de carbonato es:

$$\text{C/P} = a/b$$

donde a = altura de la banda a 1415 cm^{-1} y b = altura de la banda a 1035 cm^{-1} (Nielsen-Marsh, 2000; Gutiérrez, 2004).

La calcita (carbonato de calcio) está representada en tres bandas del espectro: 1435 , 875 y 713 cm^{-1} , pero las primeras dos bandas pueden ser afectadas por otros carbonatos diagenéticos, mientras que la tercera es una señal exclusiva del carbonato de calcio, por lo cual es la que se utiliza con frecuencia para calcular el contenido de calcita (Lee-Thorp y van de Merwe, 1991; Wright y Schwarcz, 1996; Nielsen-Marsh, 2000; Gutiérrez, 2004).

En la historia tafonómica de los restos óseos, al incorporarse carbonato estructuralmente a la red cristalina, se espera que se modifique el IR-SF (cristalinidad) y la porosidad, al cambiar el tamaño y orden de los cristales y, por consiguiente, la porosidad. En caso de que el carbonato esté depositado superficialmente, no se espera encontrar esta misma correlación con otros parámetros diagenéticos. Aunque la incorporación de calcita superficialmente puede aumentar el valor de C/P, esto se puede controlar mediante su identificación particular. Si el valor de C/P es bajo, esto puede deberse a la pérdida diagenética del carbonato (Nielsen-Marsh y Hedges, 2000).

Igualmente, el contenido de carbonato se ha usado como una medida para determinar si el tratamiento con ácido acético de las muestras remueve

exitosamente el carbonato diagenético¹⁴ (Wright y Schwarcz, 1996; Beasley *et. al.*, 2014). La identificación del tipo de incorporación de carbonato en la muestra ayuda también a determinar si la muestra es susceptible en el laboratorio a un mecanismo de remoción de carbonato (en caso de que sea superficial) o no (estructural) (Gutiérrez, 2004).

En el siguiente capítulo, se exponen los resultados de la identificación y medición de procesos tafonómicos en la muestra de restos óseos pertenecientes a los cuatro individuos excavados en el sitio Cacaramoa.

¹⁴ Las muestras óseas son tratadas con ácido acético ya que éste disuelve el carbonato de calcio, que es insoluble en agua.

Capítulo 5

Resultados

5.1. Análisis tafonómicos macroscópicos

Para el análisis de procesos con efectos observables a nivel macroscópico, se observaron en total 461 fragmentos: 197 del individuo 1, 91 del individuo 2, 129 del individuo 3 y 44 del individuo 5. Se omitieron los fragmentos que no estaban identificados y los fragmentos catalogados como no identificables por el análisis bioantropológico que se había efectuado previamente en el laboratorio de Antropología Biológica de la Universidad de los Andes (Ramos, comunicación personal).

En todos los fragmentos se identificó presencia, ausencia o estado de los efectos de cada uno de los siete procesos tafonómicos estudiados: meteorización, abrasión, pisoteo, actividad humana, grabado de raíces, disolución química y actividad de carnívoros y roedores (ver tabla 5.1 y figuras 5.1 y 5.2). La tabla con el análisis de los 461 fragmentos se encuentra como anexo a este documento.

	Estado	Total	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 5
Hoyos de disolución química	1	349	139	70	111	29
	2	82	51	15	13	3
	3	15	5	6	3	1
	4	4	2	0	2	0
	No observ.	11	0	0	0	11
Marcas de raíces	Presente	244	110	47	67	20
	Ausente	207	87	44	62	14
	No observ.	10	0	0	0	10
Meteorización	0	201	76	40	58	27
	1	225	109	45	61	10
	2	26	12	6	8	0
	3	2	0	0	2	0
	No observ.	7	0	0	0	7
Abrasión	Presente	351	163	63	86	39
	Ausente	108	34	28	43	3
	No observ.	2	0	0	0	2
Pisoteo	Presente	42	39	3	0	0
	Ausente	408	158	88	129	33
	No observ.	11	0	0	0	11

Tabla 5.1. Cantidad de fragmentos con efectos tafonómicos observados. No observ.: No observable.

En las tablas se omiten los procesos de actividad humana y actividad de carnívoros y roedores porque hubo ausencia de sus efectos tafonómicos en todos los elementos analizados. Es importante recordar que estas categorías suelen usarse en zooarqueología, sobre todo en depósitos subaéreos de huesos producidos por agentes biológicos, humanos o no humanos. Como el caso que nos concierne es de enterramientos humanos, tiene sentido que los individuos no se hayan visto expuestos a estos agentes, sino principalmente a los agentes que operan después de ser depositados.

El 24.3% de los huesos analizados presentan disolución química en estado 2, 3 o 4, el 53% marcas de raíces, el 54.9% meteorización en estado 1, 2 o 3, el 76.14% presenta abrasión y sólo el 9.1% presenta marcas de pisoteo. La abrasión es, por lo tanto, y significativamente, el proceso tafonómico que más afectó a la muestra, lo cual tiene sentido debido a que el agente tafonómico que genera la abrasión es el agua subterránea. El sitio de Cacaramoa se encuentra en las cercanías de la Ciénaga del Convento, en un ambiente húmedo donde la infiltración de agua en el suelo es uno de los elementos climáticos más importante (ver capítulo 2), y la evidencia en los huesos indica que el agua subterránea jugó un papel fundamental en la historia tafonómica del sitio.

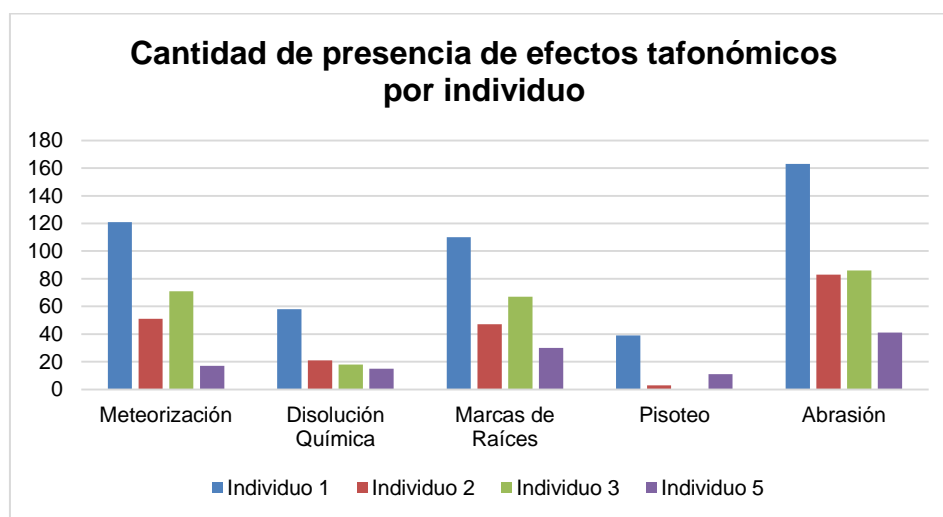


Figura 5.1. Cantidad de presencia de efectos tafonómicos por individuo.

En cuanto a la meteorización, el 98.5% de los fragmentos meteorizados están en la etapa 1 (la segunda etapa, porque la primera etapa es la etapa 0), es decir, únicamente se observan grietas y líneas de desecación, sin llegar a haber exfoliación y pérdida de hueso por lascas. Cabe recordar que el proceso de meteorización descrito por Behrensmeyer (1978) involucra seis etapas. Por lo tanto, se deduce que, aunque la meteorización afecta a más de la mitad de la muestra, su intensidad es baja.

Aunque los efectos producidos por la meteorización se observan generalmente en huesos en depósitos subaéreos, cercanos a la superficie, ésta también puede darse en huesos enterrados, pero a una tasa mucho menor (Lyman y Fox 1989; Barrientos y Gutiérrez 1996 en Gutiérrez 2004). En este sentido, el hecho de que los huesos de la muestra estén meteorizados no implica que hayan estado expuestos sobre la superficie en algún momento de su historia tafonómica. Es posible, y el estado poco avanzado de la meteorización apoya esta idea, de que este proceso tafonómico se haya dado bajo tierra. Actualmente no hay, sin embargo, una forma de distinguir entre estos dos tipos de meteorización, por lo que no se tiene una forma de corroborar esta hipótesis (Gutiérrez 2004). Son necesarios más estudios actualísticos al respecto, sea con restos óseos de fauna o de humanos, para identificar diferencias entre los efectos de la meteorización subaérea y la meteorización bajo tierra.

Las raíces son otro agente con gran incidencia en la formación del registro bioantropológico en el sitio, pues más de la mitad de los fragmentos estudiados estuvieron sometidos al grabado de raíces. La identificación de las marcas de raíces, no obstante, no fue sencilla, puesto que en la literatura se indica que son surcos poco profundos, anchos y con el fondo redondeado, organizados en patrones dendríticos y sinuosos.

La naturaleza de la muestra puso en evidencia dos problemas con esta identificación: primero, en fragmentos muy pequeños, como muchos de los que componen la muestra estudiada, no se ven los patrones dendríticos simplemente porque no hay suficiente superficie para ser observados. Por lo tanto, muchas

veces se ve sólo una parte corta de un surco; segundo, en el momento de la excavación se evidenció que en el contexto había muchas raíces muy delgadas, por lo cual los grabados que dejaron sobre los huesos no son anchos sino angostos (E. Ramos, comunicación personal, 2014). Hay que tener cuidado, entonces, con la identificación de procesos tafonómicos en la literatura porque puede haber una variación no registrada en distintos contextos. Esta es una de las razones por las que resulta necesaria la investigación tafonómica en distintas regiones del mundo, pues las condiciones locales pueden variar significativamente.

Algo similar ocurre con la disolución química, pues los estadios que definió Gutiérrez (2004) a partir de una muestra estudiada en Argentina van desde la presencia de hoyos de disolución en algunas porciones del hueso hasta la erosión y esculpido de la superficie cortical. Sin embargo, en la muestra de Cacaramoa se vio que en algunas ocasiones se daba la erosión del periostio uniformemente, sin la presencia de hoyos definidos claramente.

En muchos casos, los huesos más pequeños (especialmente tarsianos), mostraron muy pocos efectos tafonómicos a pesar de estar en el mismo contexto con otros huesos que sí evidenciaron más efectos (sobre todo huesos más largos como metatarsianos). Esto puede explicarse porque los huesos más pequeños tienen una menor superficie de área respecto al volumen, por lo que son menos vulnerables a la acción de agentes tafonómicos externos.

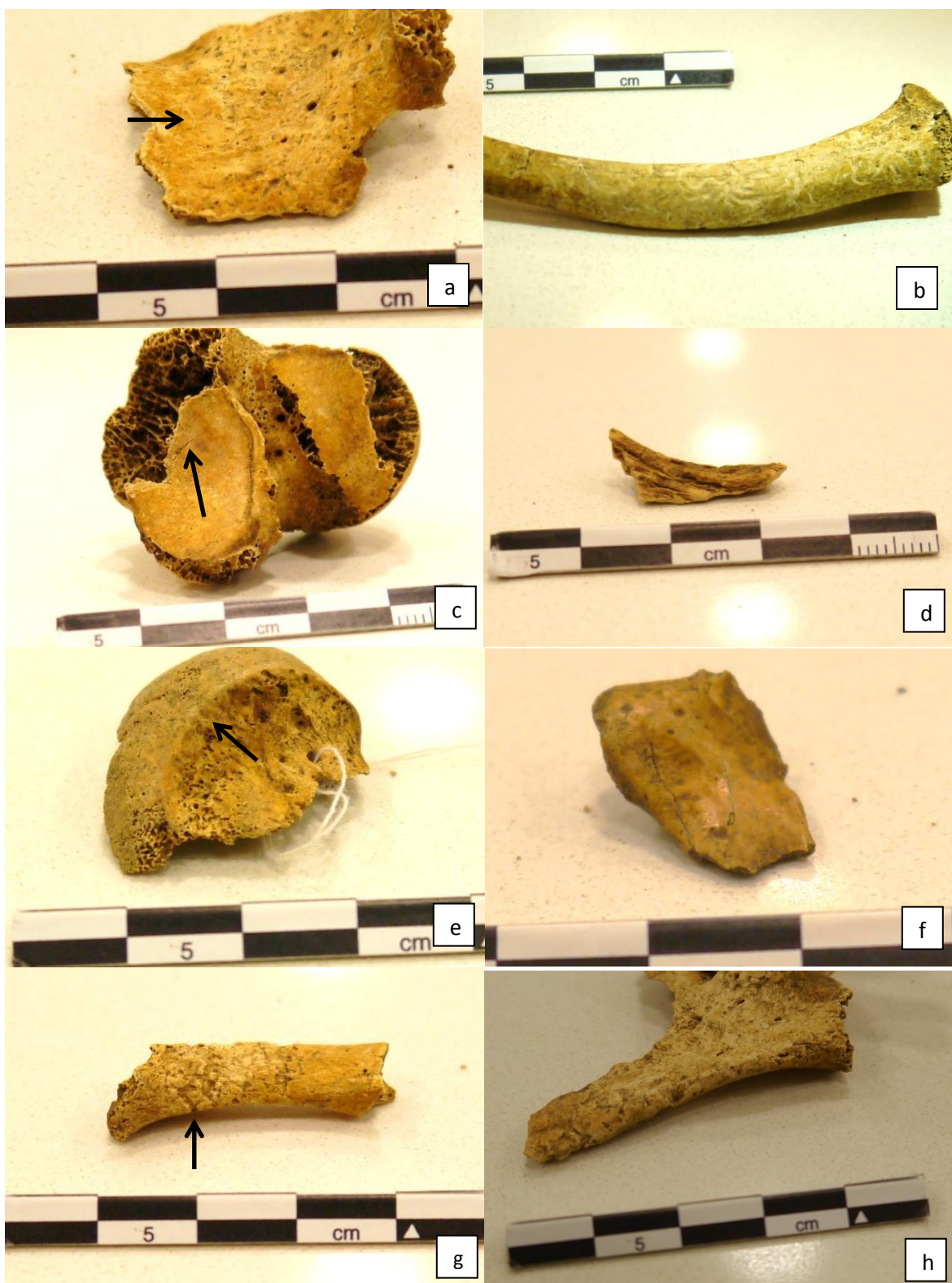


Figura 5.2. Efectos tafonómicos observables macroscópicamente. Marcas de raíces: (a) Marca en forma de Y (b) Patrones dendríticos en el periostio. Meteorización: (c) Estado de meteorización 1, ver grieta de desecación (d) Estado de meteorización 3, ver pérdida de hueso por lascas. Abrasión: (e) Redondeo de borde anatómico (f) Brillo asociado a grietas de desecación (meteorización). Disolución química: (g) Deterioro por parches en el periostio, la flecha indica una marca de raíz posterior a la disolución química (h) Todo el hueso tiene la superficie deteriorada.

5.2. Análisis tafonómicos microscópicos

Los resultados de los análisis tafonómicos microscópicos corresponden a los análisis de los cuatro parámetros diagenéticos estudiados: integridad histológica, cambios en la porosidad, índice de cristalinidad y contenido de calcita.

5.2.1. Integridad histológica

Para el análisis de integridad histológica, se tomaron el fémur izquierdo y la tibia izquierda de los individuos 1, 2 y 3. De un total de seis huesos analizados, cuatro están en estado 1, uno en estado 2 y uno en estado 3 (ver tabla 4.2). El estado 1 quiere decir que aproximadamente un 95% del hueso está alterado y no se identifican las características originales de la histología del hueso, a excepción de los canales Haversianos. El estado 2 indica que un 75% aproximadamente del hueso está alterado y algunas estructuras lamelares preservadas. El estado 3 indica que aproximadamente un 50% del hueso está alterado, y se observan mejor las características histológicas, aunque no del todo definidas. Ninguno de los huesos estudiados está en estado 4 (25% de hueso alterado) ni en estado 5 (5% del hueso alterado).

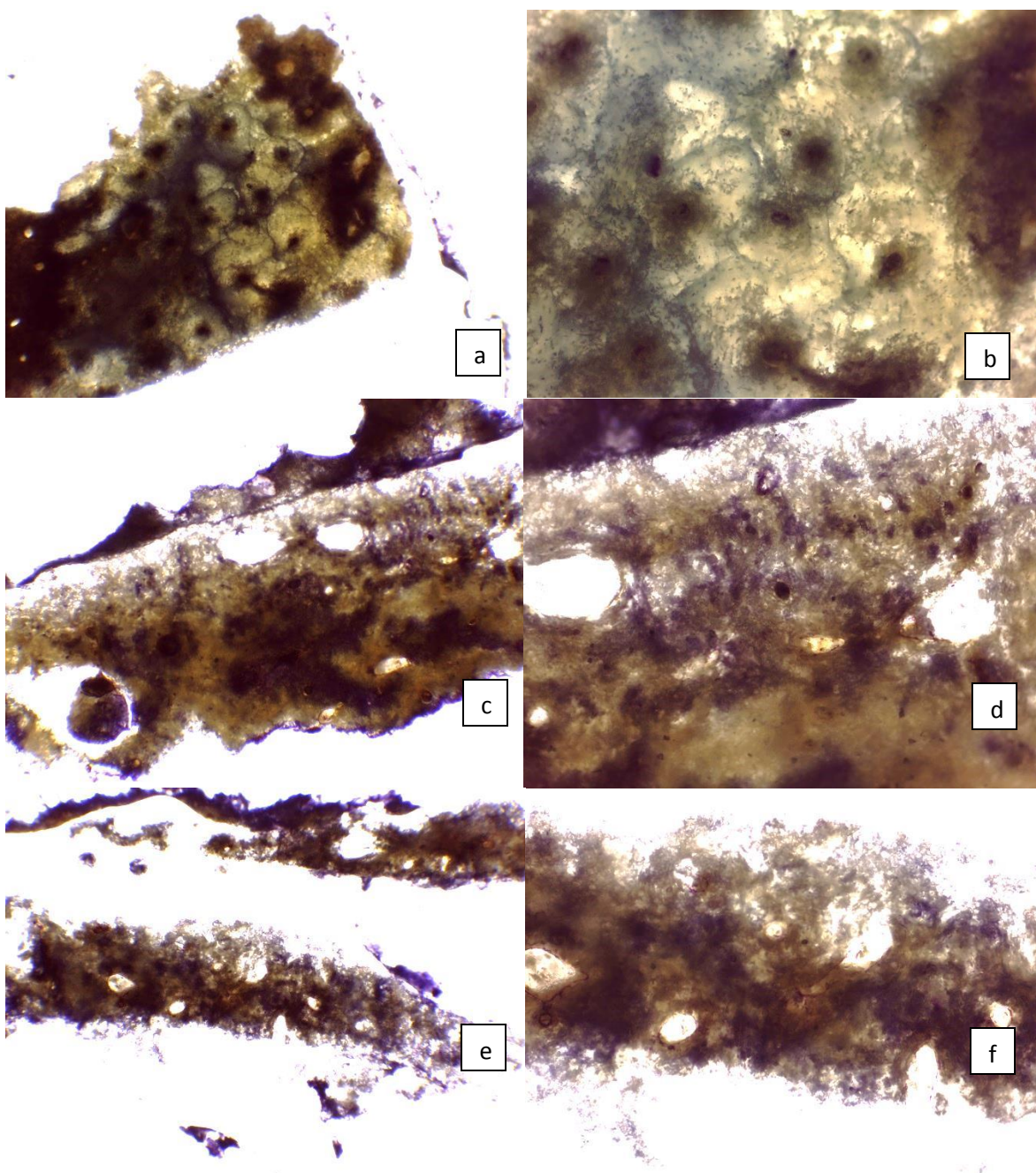


Figura 5.3. Cortes histológicos de fémures izquierdos de individuos 1, 2 y 3. Individuo 1: (a) y (b) Índice 3 Se distinguen las estructuras osteonales pero hay rasgos exóticos como túneles lineares, canales Haversianos agrandados y concentración de tinción. Individuo 2: (c) y (d) Índice 1: Se identifican únicamente los canales Haversianos agrandados, con concentración de tinción. Individuo 3: (e) y (f) Índice 1: Se identifican únicamente algunos canales Haversianos.

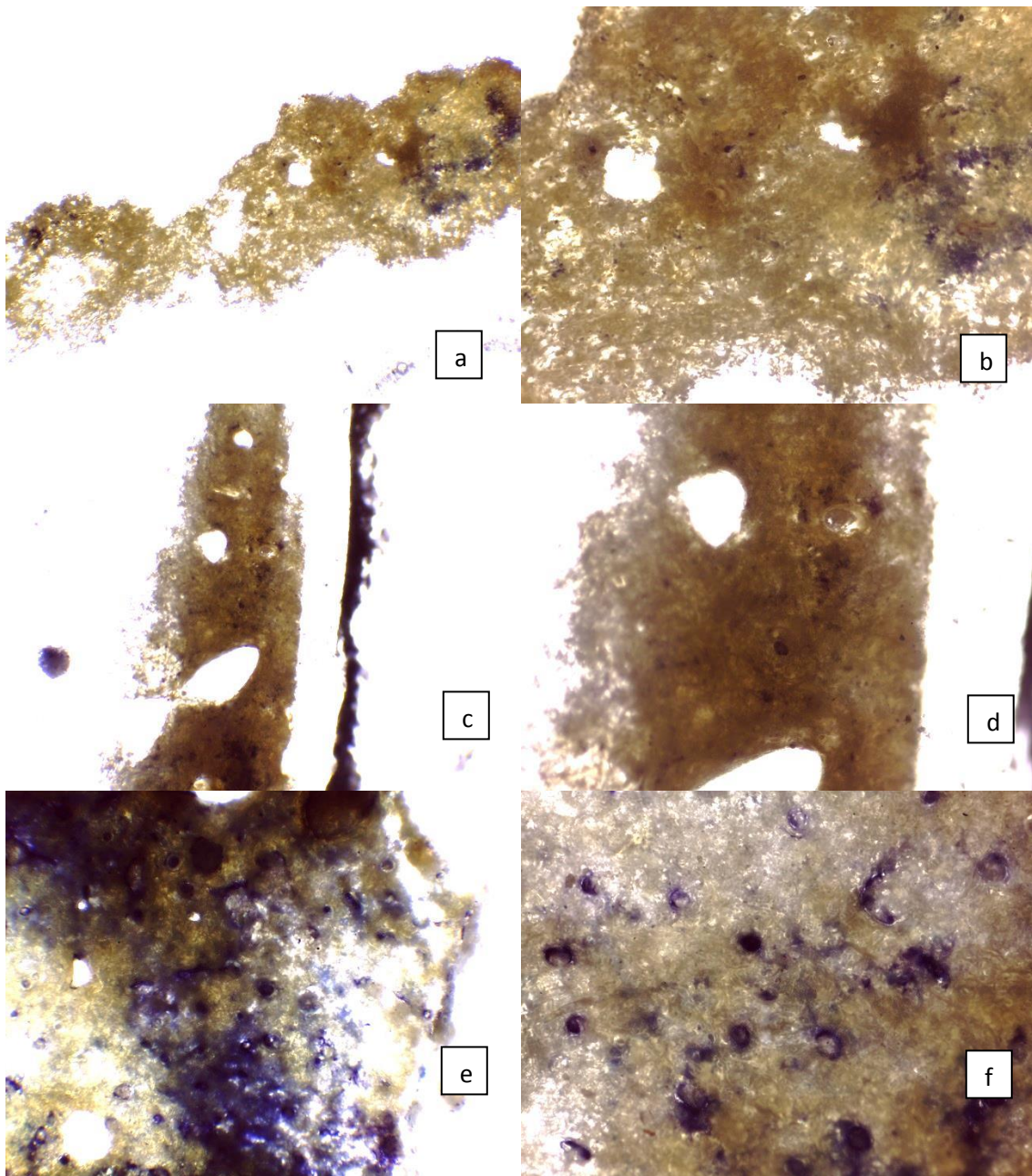


Figura 5.4. Cortes histológicos de tibias izquierdas de individuos 1, 2 y 3. Individuo 1: (a) y (b) Índice 1: Hueso muy deteriorado, no se identifica ninguna estructura de la histología original. Individuo 2: (c) y (d) Índice 1: Se identifican únicamente algunos canales Haversianos. Individuo 3: (e) y (f) Índice 2: Se identifican muchos canales Haversianos y algunos rasgos exóticos como túneles lineares y concentración de tinción. No se observa el cemento de los osteones.

Lo que esta información indica, a grandes rasgos, es que la muestra tiene un alto grado de alteración histológica, lo cual es evidencia de que agentes tafonómicos biológicos—es decir, hongos y bacterias—, fueron importantes en

alterar las muestras, posiblemente mediante la destrucción del colágeno y de paso la destrucción de la estructura mineral del hueso.

5.2.2. Cambios en la porosidad

Para la medición de cambios en la porosidad, también se tomaron la tibia y el fémur izquierdo de los individuos 1, 2 y 3. Se presentan los resultados obtenidos con el fémur del individuo 5, pero estos no se tienen en cuenta en el análisis por razones expuestas anteriormente. La tabla 5.1 resume los valores obtenidos e indica los valores de porosidad total, macroporosidad y microporosidad de cada hueso, obtenidos mediante las ecuaciones que se encuentran en el apartado 4.2.b.

Hueso analizado	RH 0%	RH 75%	RH 100%	P.T.	MacroP.	MicroP.
Ind. 1 Tibia	108.8	115.8	143.5	0.319	0.255	0.064
Ind. 1 Fémur	161.0	170.2	224.9	0.397	0.340	0.057
Ind. 2 Tibia	232.0	246.7	327.3	0.411	0.347	0.063
Ind. 2 Fémur	188.0	198.6	271.4	0.444	0.387	0.056
Ind. 3 Tibia	106.6	111.8	155.0	0.454	0.405	0.049
Ind. 3 Fémur	264.4	276.7	371.1	0.404	0.357	0.046
Ind. 5 Fémur	56.3	59.0	98.1	0.742	0.694	0.048

Tabla 5.2. Peso (mg) de muestras con humedad relativa (RH) 0%, 75% y 100%, y valores de porosidad total (P.T.), macroporosidad (MacroP.) y microporosidad (MicroP.) Los tres valores de porosidad están en unidades de cm^3g^{-1}

5.2.3. Índice de cristalinidad, contenido de carbonato y calcita

Para medir el índice de cristalinidad, el contenido de carbonato y calcita, se tomaron espectros infrarrojos para las tibias izquierdas de los individuos 1, 2, 3 y 5 y para los fémures izquierdos de los individuos 1, 2 y 5.

En la figura 5.5 se presentan dos ejemplos de espectros. Para verlos todos, referirse a los anexos de este documento. Los valores de IR-SF, contenido de carbonato (C/P) y calcita obtenidos para las muestras analizadas están resumidos en la tabla 5.3.

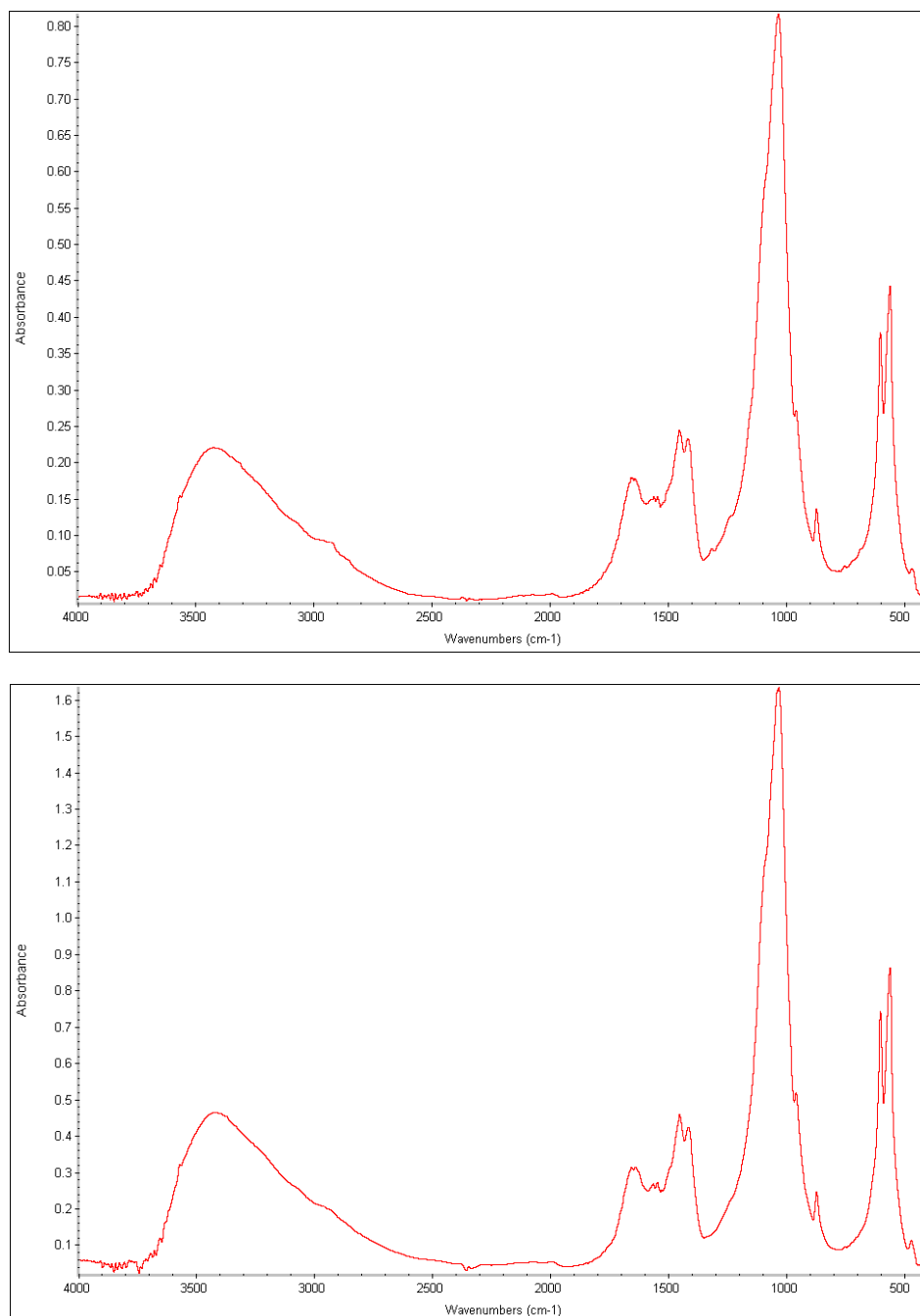


Figura 5.5. Espectro obtenido con el análisis de la tibia izquierda del individuo 1 (arriba) y espectro obtenido con el análisis del fémur izquierdo del individuo 2. Los picos de la derecha en la región de 500-700 cm^{-1} son los usados para medir el *splitting factor*. Entre más separados están, mayor es el SF. La calcita se mide con la altura del pico en 713 cm^{-1} . Sin embargo, como se puede observar en estos espectros, no hay picos a esta longitud de onda. En ninguno de los espectros obtenidos se encontró este pico. El contenido de carbonato C/P se mide usando los picos en 1415 cm^{-1} y 1035 cm^{-1} .

	SF	C/P	Calcita (cm ⁻¹)
Ind 1 Tibia	3.4	0.227	0.023
Ind 1 Fémur	3.4	0.226	0.036
Ind 2 Tibia	3.2	0.270	0.027
Ind 2 Fémur	3.6	0.209	0.031
Ind 3 Tibia	3.5	0.182	0.029
Ind 5 Tibia	3.3	0.154	-0.001
Ind 5 Fémur	3.3	0.292	0.003

Tabla 5.3. Valores de splitting factor (SF), contenido de carbonato (C/P) y calcita obtenidos para las muestras analizadas. Estos resultados son semi-cuantitativos puesto que no indican un valor exacto de contenido de calcita, sino que se usan como referencia para comparar el contenido de calcita de las distintas muestras. Este análisis se complementa con la observación de los espectros tomados.

5.3. Reconstrucción de la historia tafonómica

Para reconstruir la historia tafonómica de los restos óseos estudiados, es necesario integrar la información obtenida en todos los análisis realizados. A continuación se evaluarán uno a uno los resultados de los análisis, relacionando uno con otro y construyendo así la historia tafonómica de la muestra.

En primer lugar, la meteorización, aunque está presente en más de la mitad de los restos analizados, no es severa en ningún caso: los estados 4 y 5 de meteorización definidos por Behrensmeyer (1978) no están presentes en la muestra y el 88,9% de los huesos meteorizados están en estado 1, el de menor intensidad.

La meteorización es el efecto tafonómico más notable previo al enterramiento, debido a que se da por lo general en la superficie. Sin embargo, la baja intensidad de la meteorización en toda la muestra indica que ésta se dio bajo tierra, donde el proceso ocurre de una manera más lenta. Igualmente, el proceso de meteorización se da con lentitud cuando los restos tienen todavía tejidos orgánicos adheridos que los protegen de las condiciones externas. Por lo tanto, el tiempo entre la muerte de los individuos y el enterramiento probablemente fue corto.

Los enterramientos de los cuatro individuos estudiados fueron enterramientos primarios. Esta idea es apoyada por varios hechos en este trabajo: la baja intensidad de la meteorización, la distribución espacial de los individuos, que no

parece haber sido alterada, y el hecho de que no hay evidencia de actividad de carnívoros o actividad humana (marcas de mordedura, huellas de corte).

La actividad de raíces, por su parte, afectó a más de la mitad de la muestra, lo cual indica que los huesos estaban enterrados en un ambiente con mucha vegetación, lo cual ha sido corroborado con las notas de campo: los individuos fueron encontrados entre los 30 y los 60 cm de profundidad, es decir, no muy lejos de la superficie (E. Ramos, publicación en preparación). La baja intensidad de la meteorización puede deberse en parte también a la gran cantidad de raíces en el suelo, puesto que éstas pueden proteger al hueso de los agentes tafonómicos de la meteorización (Gutiérrez, 1998). Hay que tener en cuenta también que los huesos más pequeños y compactos no suelen mostrar grabado de raíces, debido a que tienen una menor superficie para interactuar con ellas, o porque usualmente tienen una mayor densidad ósea (Elkin y Zanchetta, 1991) que dificulta la modificación del hueso por la raíz.

La abrasión es el proceso tafonómico más significativo en la muestra, afectando a más de tres cuartas partes de los restos óseos analizados. El agente tafonómico asociado con la abrasión es el agua subterránea, pues ésta se da debido a la fricción de las partículas suspendidas en el agua con la superficie del hueso. En Cacaramoa, aunque las precipitaciones son escasas (menos de 1000 mm anuales), hay dos temporadas lluviosas en las cuales el agua puede saturar el subsuelo y una buena infiltración de agua en el suelo, influida por su cercanía a la zona de ciénagas y, en específico, a la Ciénaga del Convento. Por lo tanto, tiene sentido que sea el agua el agente tafonómico más importante en este lugar.

Es además, un agente que está presente durante toda la historia tafonómica, pues el brillo característico de la abrasión se observa en la superficie cortical de los huesos tanto antes como después de los efectos de otros agentes. En huesos que han estado sometidos a disolución química, por ejemplo, se observa el brillo en todo el hueso, incluyendo la parte afectada previamente por la disolución.

El hecho de que el agua sea el agente tafonómico más importante no implica, sin embargo, que los huesos hayan estado en un ambiente anegado, puesto que

éste tipo de ambiente suele ser anaeróbico y reduce la actividad de los microorganismos. Como veremos más adelante, los microorganismos son otro de los agentes tafonómicos principales en el sitio. Se deduce entonces que el agua está presente en corrientes de agua subterráneas. Dado que hay dos temporadas lluviosas anuales en las que el subsuelo se satura, probablemente haya habido períodos de saturación que inhibieron levemente la actividad de los microorganismos y períodos con agua pero menos saturados.

En cuanto a la disolución química, sus efectos fueron observados en el 24% de los restos. Es, por lo tanto, un proceso de alguna manera relevante en la historia tafonómica de la muestra, y está relacionado con la actividad de microorganismos (Gutiérrez, 1998: 194).

Los efectos del pisoteo fueron observados en menos del 10% de los restos, por lo cual no es un proceso verdaderamente significativo. Esto puede deberse a que la profundidad de los enterramientos impidió que el tránsito superficial tuviera un efecto directo sobre los restos.

En cuanto a los análisis tafonómicos microscópicos, se decidió buscar correlaciones entre pares de los parámetros diagenéticos medidos mediante el uso del coeficiente de correlación de Pearson. El coeficiente de correlación de Pearson, o “r” de Pearson, mide la dirección y la fuerza de asociación entre dos variables numéricas. Teniendo dos variables x y y , el valor “r” es positivo cuando hay una relación positiva entre ambas variables, es decir, cuando X aumenta al aumentar Y ; y es negativo cuando X aumenta mientras Y disminuye (Drennan, 2009; Gabucio *et al.*, 2003). Este valor se encuentra en una escala entre -1 y 1, representando -1 y 1 correlaciones perfectas y 0 ninguna relación. Se escogió este coeficiente por ser una forma sencilla de visualizar las relaciones entre las variables y porque genera preguntas acerca de por qué se observan correlaciones entre ciertas variables.

Los coeficientes de correlación se tomaron para los parámetros diagenéticos medidos: el *splitting factor* (IR-SF o SF), el contenido de carbonato (C/P), el

contenido de calcita, la macroporosidad y la microporosidad. Los resultados se presentan en la tabla 5.4 y la figura 5.6.

	IR-SF	C/P	Calcita	Macrop.	Microp.
IR-SF	1,000				
C/P	<u>-0,555</u>	1,000			
Calcita	0,475	0,035	1,000		
Macrop.	-0,203	<u>0,503</u>	-0,496	1,000	
Microp.	-0,171	0,380	<u>0,612</u>	<u>-0,590</u>	1,000

Tabla 5.4. Matriz de coeficientes de correlación (" r " de Pearson) entre parámetros diagenéticos medidos.

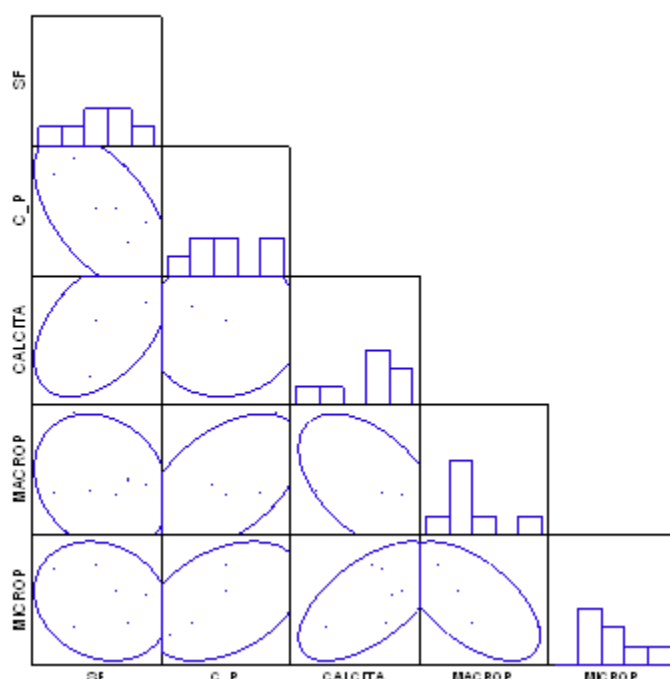


Figura 5.6. Gráficas de relación entre parámetros diagenéticos medidos. Los diámetros de las elipses disminuyen entre más fuerte es la relación entre las dos variables.

En general, las relaciones entre las variables no son muy fuertes, lo cual confirma que los procesos tafonómicos son distintos unos de otros, operan cada uno a un ritmo y con condiciones distintas, y aportan cada uno "información única acerca de la interacción del hueso con su ambiente de enterramiento" (Hedges et al, 1995). Aunque las relaciones no sean muy fuertes, se toman aquellas por

encima de 0.5 o por debajo de -0.5 como correlaciones generales, que sirven como base para evaluar la historia tafonómica e la muestra¹⁵.

Se deduce entonces que las correlaciones generales son las siguientes: (a) el *splitting factor* y el contenido de carbonato tienen una relación negativa, (b) el contenido de carbonato y la macroporosidad tienen una relación positiva, (c) el contenido de calcita y la microporosidad tienen una relación positiva, (d) la macroporosidad y la microporosidad tienen una relación negativa. Estas relaciones serán explicadas más adelante.

Debido a que el parámetro diagenético de integridad histológica no es una variable cuantitativa sino que corresponde a un índice asignado de acuerdo a los rasgos exóticos observados en las secciones delgadas de los huesos, no fue incluido en el diagrama de dispersión. No obstante, algunas conclusiones se pueden sacar del análisis realizado. De los seis huesos analizados, cuatro están en estado 1, uno en estado 2, uno en estado 3 y ninguno en estado 4 y 5. Esto quiere decir que la preservación histológica del hueso es muy pobre.

La creación de focos destructivos en la estructura histológica del hueso está asociada con la presencia de microorganismos—hongos o bacterias—, lo cual refuerza la importancia de este agente tafonómico que ya habíamos deducido al observar la presencia de restos con disolución química, puesto que la disolución química se da al interactuar el hueso con los ácidos excretados por los microorganismos. Estos microorganismos pueden existir con mayor facilidad en un ambiente donde hay mucha vegetación, y por la presencia de marcas de raíces en gran parte de la muestra se puede deducir que el ambiente en el que estaba enterrada cumple con estas características.

La incidencia de los microorganismos implica también una pérdida de la proteína (especialmente el colágeno), pues éstos ingresan al hueso en búsqueda de la proteína y al removerla modifican también su estructura histológica. La pérdida de proteína se ve confirmada por los altos valores de macroporosidad, que

¹⁵ Para Nielsen-Marsh y Hedges (2000), un valor r de 0.6 indica una correlación general, y un valor r de 0.65 indica ya una correlación fuerte.

a su vez se correlaciona con los bajos valores de microporosidad. Al perderse la proteína, quedan espacios libres en el hueso, volviéndose inestable la fase mineral, por lo cual los cristales de bioapatita se reorganizan. Esta reorganización empieza por la disolución de los cristalitos más pequeños efectuándose una redistribución del tamaño de los poros. En esta redistribución se ha observado, en todos los casos, en huesos arqueológicos, que aumenta la macroporosidad y disminuye la microporosidad (Nielsen-Marsh, 1997; Gutiérrez, 2004). Esta redistribución del tamaño de los poros suele asociarse tanto a la acción de microorganismos como a la interacción con el agua, que ayuda a disolver la proteína. En el caso de Cacaramoa, ya vimos cómo los análisis tafonómicos macroscópicos apuntaban también al agua como el agente tafonómico más significativo.

La relación entre el aumento de macroporosidad y la disminución de microporosidad todavía no se entiende del todo, y es necesaria la realización de más estudios actualísticos para comprenderla. Es posible que la microporosidad presente entre los cristales de hidroxiapatita se pierda al reorganizarse y aumentar de tamaño, mientras que el espacio previamente ocupado por el colágeno permanece en forma de macroporos. Los bajos valores en microporosidad se han asociado también con bajos valores de proteína (Nielsen-Marsh, 1997; Nielsen-Marsh y Hedges, 2000).

La reorganización y aumento del tamaño de los cristales implica un aumento en el IR-SF (*splitting factor*), la medida de la cristalinidad. En toda la muestra se observa que el IR-SF está entre 3.17 y 3.57, valores esperados para el hueso arqueológico, puesto que en hueso moderno el valor se ubica generalmente entre 2.0 y 2.8.

En esta muestra, la cristalinidad (SF) y el contenido de carbonato (C/P) tienen una correlación negativa. Cabe recordar que el carbonato diagenético puede incorporarse de dos maneras al hueso: estructural o superficialmente. Cuando lo hace estructuralmente, se espera que se modifiquen tanto la cristalinidad como la porosidad, pues implica que el carbonato está reemplazando algunos de los

grupos fosfatos en la hidroxiapatita y, por lo tanto, desestabilizándola y modificando el tamaño y orden de los cristales. Cuando el carbonato está depositado superficialmente, esta correlación entre contenido de carbonato, porosidad y cristalinidad no necesariamente existe. El hecho de que los valores de SF y C/P se correlacionen nos señala, entonces, que el carbonato diagenético está depositado estructuralmente.

Aún no se sabe a ciencia cierta por qué esta correlación es en ocasiones positiva y en ocasiones negativa (Gutiérrez, 2004). En el caso de Cacaramoa, es negativa, lo que implicaría que entre mayor sea el índice de cristalinidad, es menor el contenido de carbonato diagenético. Es necesaria en este punto la realización de más estudios actualísticos para entender con mayor claridad este proceso.

La incorporación superficial de carbonato, por su parte, no es significativa en la muestra estudiada. Esta incorporación se mide con los valores de calcita, que son bajos en todos los huesos analizados (en los espectros obtenidos con espectroscopía infrarrojo no están presentes los picos correspondientes a la calcita), por lo cual podemos asegurar que el valor obtenido para contenido de carbonato corresponde al carbonato estructural y no está sumando valores de carbonato depositado superficialmente.

El hecho de que el carbonato diagenético en la muestra esté incorporado estructuralmente a la matriz mineral implica que es imposible su remoción en el laboratorio mediante técnicas como la utilización de ácido acético, el cual se utiliza para disolver el carbonato de calcio (calcita). Esto dificulta la realización de estudios analíticos con la muestra a futuro (análisis de isótopos estables, por ejemplo), pues la hidroxiapatita está modificada a nivel molecular.

La correlación positiva encontrada entre el contenido de calcita y la microporosidad no parece ser una causalidad sino una coincidencia ayudada por el hecho de que ambos valores son bajos y de que el tamaño de la muestra no es muy grande.

Capítulo 6

Conclusiones

De acuerdo a los análisis tafonómicos macroscópicos y microscópicos realizados en la muestra, se puede deducir que los agentes tafonómicos más importantes en el sitio de Cacaramoa son el agua subterránea, los microorganismos (bacterias y hongos) y la vegetación. En menor medida se observaron los efectos del proceso de disolución química, que también puede estar asociado a la acción de microorganismos.

La historia tafonómica de los restos óseos de los cuatro individuos estudiados indica que su entierro fue inmediatamente posterior a su muerte, por lo cual los efectos observados corresponden a procesos que ocurrieron bajo tierra y no expuestos en una superficie subaérea. Evidencia de esto es, primero, la baja intensidad de la meteorización que, a pesar de haber actuado durante más de 500 años en gran parte de la muestra, no aparece nunca de forma severa; segundo, la ausencia de marcas de actividad animal (humanos, carnívoros, roedores). Igualmente, la información indica que son entierros primarios y que probablemente no hay una diferencia significativa en los micro-contextos de cada uno de los individuos, pues la distribución de los efectos tafonómicos observados en ellos fue similar. Sin embargo, sería fructífero en estudios futuros registrar mayor información acerca de los micro-contextos con el fin de encontrar diferencias a una escala menos general en las historias tafonómicas de distintos individuos.

A pesar de que la historia tafonómica es similar para los cuatro individuos, sí se observan diferencias a nivel de elemento óseo. Hay una preservación diferencial que está determinada por el tamaño y la forma de los huesos. En huesos pequeños y compactos (e.g. carpos y tarsos), fue menos común observar efectos tafonómicos que en huesos largos. Esto se debe a que la superficie que tienen los huesos pequeños para interactuar con el ambiente es menor, y a que usualmente tienen una mayor densidad ósea.

También hay una diferencia importante entre huesos de subadultos y huesos de adultos, puesto que la proporción entre hueso cortical y hueso trabecular, y entre hueso laminillar y hueso fibrilar varía. En fetos, por ejemplo, el hueso está organizado de manera fibrilar por lo cual es imposible observar las estructuras histológicas características del hueso laminillar.

Los restos fueron enterrados en un ambiente con una importante presencia de vegetación, evidenciado por la presencia de marcas de raíces, y con una buena infiltración de agua. Sin embargo, no es un ambiente que haya estado saturado todo el tiempo porque, de haber sido así, no sería tan evidente la acción de microorganismos, puesto que hay menos de éstos en ambientes anaeróbicos. Por lo tanto, se deduce que el agua que interactuó con los huesos corresponde a corrientes subterráneas, además de períodos de saturación que probablemente corresponden con los períodos lluviosos identificados para la zona.

La vegetación, a su vez, facilita la propagación de microorganismos. Los microorganismos se infiltran en los huesos en busca del colágeno, ocasionando una pérdida de la proteína y a la vez modificando la estructura mineral. Esto se hace evidente en la redistribución de los tamaños de los poros y en el bajo nivel de integridad histológica, puesto que los ácidos orgánicos metabólicos de los microorganismos disuelven la matriz mineral (Von Endt y Ortner, 1984).

El agua también es un agente en la pérdida de proteína, puesto que puede contribuir a su hidrólisis debilitando sus uniones con la matriz mineral, al aportar iones minerales que entran al hueso a sustituir el mineral original (Gutiérrez, 2004).

La modificación de la estructura mineral implica que los cristales de hidroxiapatita se reorganizan, aumentando su tamaño y volviéndose más estables termodinámicamente. La molécula de hidroxiapatita, además, incorporó carbonato de manera estructural y no depositado superficialmente, aunque entre más carbonato se incorporaba, menor era la organización y el tamaño de los cristales después de la recristalización.

Este es el modelo tafonómico del sitio de Cacaramoa, a partir del estudio de los efectos tafonómicos observados tanto macroscópica como microscópicamente en la muestra. Este modelo se convierte también en un modelo predictivo para futuras excavaciones en el sitio de Cacaramoa y en otros sitios de la región con características similares, de modo que se conocen *a priori* los procesos tafonómicos más relevantes que determinan el estado de la muestra que se va a encontrar. Igualmente, este modelo tafonómico puede usarse para comparar con otros modelos en la región y en otras regiones del mundo, de modo que se pueda entender con mayor claridad la complejidad de las relaciones entre las múltiples variables que interactúan para formar un sitio y una muestra.

Incitar la realización de estudios como éste, además, tiene como objetivo corroborar o cuestionar las identificaciones de efectos tafonómicos y las relaciones agente-proceso-efecto que se han propuesto en la literatura. En el caso de Cacaramoa, las raíces han dejado en los huesos marcas distintas a las que se esperaba encontrar según la descripción más utilizada en los artículos (surcos poco profundos, anchos y con el fondo redondeado), y sería necesario, para futuros estudios en tafonomía, tener en cuenta la diversidad de raíces que pueden dejar su marca sobre el hueso y encontrar otra manera más certera de identificar sus grabados. Algo similar sucede con la disolución química, pues se observó que la erosión de la superficie cortical característica de este proceso no se da necesariamente en forma de hoyos discretos, sino que se puede dar por parches de un tamaño mayor.

De la misma manera, esta investigación se propone abrir una discusión en la región Caribe y en el país acerca de la importancia de registrar sistemáticamente la información tafonómica para comprender los procesos de formación de sitios y de muestras y evitar perder información o confundir las causas de los fenómenos observados. Es necesaria la realización de estudios actualísticos que ayuden a comprender la causalidad entre agentes y efectos tafonómicos, y éste es un campo que no se ha explorado en el país y cuyos resultados pueden integrarse a la discusión tafonómica que se está dando desde distintas partes del mundo.

Es particularmente importante la realización de estudios actualísticos porque cada contexto es distinto: aunque estén en operación los mismos agentes tafonómicos, la intensidad de cada uno de ellos y la interacción entre ellos puede generar efectos diferentes. Es necesario, por ejemplo, realizar estudios experimentales observando las marcas dejadas en los restos óseos por raíces de vegetación local, que puede dejar señales distintas a las de otros tipos de raíces, sobre las cuales se han basado las descripciones encontradas en la literatura. Igualmente, se debe contribuir al estudio de la disolución química, un proceso tafonómico que no ha sido estudiado exhaustivamente.

Los procesos tafonómicos pueden también afectar diferencialmente a la muestra dependiendo de sus características intrínsecas, pues la estructura misma del hueso es un condicionante para que se puedan o no observar en alguna medida los efectos estudiados. Así, es necesaria la realización de estudios experimentales que determinen si hay o no diferencias, y en qué grado, entre los efectos tafonómicos en huesos de adultos y subadultos, entre huesos de individuos masculinos y femeninos, entre huesos de distintos tamaños, e incluso entre distintos elementos óseos, pues la densidad ósea y la proporción entre hueso cortical y hueso trabecular varía entre ellos, y son características que pueden afectar la respuesta del hueso a los agentes tafonómicos que actúan sobre él.

Aunque la naturaleza de este tipo de estudios experimentales implica que se extiendan por años, sin un compromiso con la generación de este tipo de conocimiento no se podrá avanzar significativamente en el conocimiento tafonómico, y en la comprensión de cómo se forman los registros bioarqueológicos.

Igualmente, se sugiere para próximos estudios el registro detallado de los micro-contextos, y no solamente del contexto más general de la excavación, puesto que puede haber variaciones a nivel microscópico que sean detectadas únicamente en la etapa de laboratorio.

Bibliografía

- Aguilera, María M. 2006. *Documentos de trabajo sobre economía regional, 72: El Canal del Dique y su subregión: Una economía basada en la riqueza hídrica*. Cartagena, Colombia: Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER). Bogotá, Banco de la República.
- Alfano, David, Alexandra Romina Albunia, Oriana Motta y Antonio Proto. 2009. Detection of diagenetic alterations by Spectroscopic Analysis on Archaeological Bones from the Necropolis of Poseidonia (Paestum): A case study. *Journal of Cultural Heritage* 10, pp. 509-513.
- Andrews, Peter. 1990. *Owls, caves and fossils*. Chicago, University of Chicago Press.
- Andrews, Peter y Jill Cook. 1985. Natural modifications to bones in a temperate setting. *Man* 20 (4), pp. 675-691.
- Angulo, Carlos. 1981. *La tradición Malambo. Un complejo temprano en el noroeste de Suramérica*. Bogotá, Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales.
- Angulo, Carlos. 1951. Arqueología de Turbana. *Divulgaciones etnológicas* 2 (3), pp. 7-53.
- Angulo, Carlos. 1955. *Arqueología de Tubará*. Barranquilla, Universidad del Atlántico.
- Angulo, Carlos. 1978. *Arqueología de la Ciénaga Grande de Santa Marta*. Bogotá, Banco de la República.
- Angulo, Carlos. 1981. *La tradición Malambo*. Bogotá, Banco de la República.
- Angulo, Carlos. 1988. Arqueología de la llanura Atlántica de Colombia. Balance y proyecciones. En *Actas del segundo simposio de la Fundación Arqueológica del Caribe*, pp. 37-56. Washington.
- Angulo, Carlos. 1995. *Modos de vida en la prehistórica de la llanura atlántica en Colombia*. Barranquilla, Universidad del Norte.
- Beasley, Melanie M., Eric J. Bartelink, Lacy Taylor y Randy M. Miller. 2014. Comparison of transmission FTIR, ATR and DRIFT spectra: implications for assessment of bone bioapatite diagenesis. *Journal of Archaeological Science* 46, pp. 16-22.
- Behrensmeyer, Anna. 1978. Taphonomic and ecological information from bone weathering. *Paleobiology*, 4, pp. 150-162.
- Behrensmeyer, Anna y Susan Kidwell. 1985. Taphonomy's contribution to paleobiology. *Paleobiology*, 11 (1), pp. 105-119.
- Behrensmeyer, Anna, Kathleen D. Gordon y Glenn T. Yanagi. 1986. Trampling as a cause of bone surface damage and pseudo-cutmarks. *Nature* 319, pp. 768-771.

Berna, Francesco, Alan Matthews y Stephen Weiner. 2004. Solubilities of bone mineral from archaeological sites: the recrystallization window. *Journal of Archaeological Science* 31 (7), pp. 867-882.

Binford, Lewis R. 1981. *Bones: Ancient men and modern myths*. Nueva York, Academic Press.

Binford, Lewis R. 1977. General introduction. En *For theory building in archaeology*, eds. Binford, Lewis R, pp. 1-10. Nueva York, Academic Press.

Blumenshine, Robert J., Curtis W. Marean y Salvatore D. Capaldo. 1996. Blind tests of inter-analyst correspondence and accuracy in the identification of cut marks, percussion marks, and carnivore tooth marks on bone surfaces. *Journal of Archaeological Science* 23 (4), pp. 493-507.

Bocek, Barbara. 1986. Rodent ecology and burrowing behavior: Predicted effects on archaeological site formation. *American Antiquity* 51 (3), pp. 589-603.

Borrero, Luis A. 1998a. Tafonomía regional. En: *De procesos, contextos y otros huesos*, eds. N. Ratto y A. Haber, pp. 9-15. Buenos Aires, ICA y Facultad de Filosofía y Letras (UBA).

Borrero, Luis A. 1998b. Estudios tafonómicos en Tierra del Fuego: Su relevancia para entender procesos de formación del registro arqueológico. En: *Arqueología contemporánea argentina: Actualidad y perspectivas*, pp. 13-31. Buenos Aires, Ediciones Búsqueda.

Borrero, Luis A., 2001. Regional taphonomy: Background noise and the integrity of the archaeological record. En: *Ethnoarchaeology of Andean South America. Contributions to archaeological method and theory*, ed. L. A. Kuznar, pp. 243-254. International Monographs in Prehistory, Ethnoarchaeological Series 4.

Botiva, Álvaro, Ana María Groot, Leonor Herrera y Santiago Mora. 1989. *Colombia prehispánica: Regiones arqueológicas*. Bogotá, Colcultura, Instituto Colombiano de Antropología.

Brain, Charles K. 1967. Bone weathering and the problem of bone pseudo-tools. *South African Journal of Science* 63, pp. 97-99.

Bray, Warwick. 1984. Across the Darien gap: A Colombian view of Isthmian archaeology. En *Archaeology of Lower Central America*, eds. F. Lange y D. Stone, pp. 305-340. University of New Mexico Press.

Bromage, Timothy G. 1984. Interpretation of scanning electron microscopic images of abraded forming bone surfaces. *American Journal of Physical Anthropology* 64, pp. 161-178.

Bunn, Henry T. 1991. A taphonomic perspective on the archaeology of human origins. *Annual Review of Anthropology* 20, pp. 433-467.

Cadena, Bibiana. 2011. Isótopos estables, subsistencia e interpretación arqueológica: El caso de Tubará. Tesis de Maestría en Antropología, Facultad de Ciencias Sociales. Bogotá, Universidad de los Andes.

Cartajena, Isabel, Patricio López, Diego Carabias, Carla Morales y Gabriel Vargas. 2011. Arqueología subacuática y tafonomía: Recientes avances en el estudio de sitios finipleistocénicos sumergidos en la costa Pacífico de Chile central. *Antípoda*, 13: 201-226.

Child, A. M. 1995. Microbial taphonomy of archaeological bone. *Studies in Conservation* 40 (1), pp. 19-30.

Currey, John D. 1984. *The mechanical adaptations of bones*. Princeton, Princeton University Press.

Domínguez-Rodrigo, M., S. de Juana, A. B. Galán y M. Rodríguez. 2009. A new protocol to differentiate trampling marks from butchery cut marks. *Journal of Archaeological Science* 36, pp. 2643-2654.

Drennan, Robert D. 2009. Statistics for archaeologists: A commonsense approach. Nueva York, Springer.

Efremov, Ivan. 1940. Taphonomy: A new branch of paleontology. *Pan-American Geologist*, LXXIV (2), pp. 81-93.

Elkin, Dolores C. y J. R. Zanchetta. 1991. Densitometría ósea de camélidos – Aplicaciones arqueológicas. *Actas del X Congreso Nacional de Arqueología Argentina* 3, pp. 195-204.

Escalante, Aquiles. 2002. *Los Mocaná: Bases antropológicas del departamento del Atlántico*. Barranquilla, Universidad Simón Bolívar.

Falchetti, Ana María. 1978. Orfebrería Sinú. *Boletín Museo del Oro* Año 1 (enero-abril), pp. 33-37.

Fernández-López, Sixto R. y Yolanda Fernández-Jalvo. 2002. The limit between biostratigraphy and fossilization. En *Current topics on taphonomy and fossilization*, eds. Miquel de Renzi, Miguel V. Pardo Alonso, Margarita Belinchón, Enrique Peñalver, Plinio Montoya y Ana Márquez-Aliaga, pp. 27-36. Valencia, Adjuntament de Valencia.

Fernández-Jalvo, Yolanda. 1992. Tafonomía de microvertebrados del complejo cárstico de Atapuerca (Burgos). Tesis de PhD., Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Flensburg, Gustavo, Gustavo Martínez, Mariela González y Pablo Bayala. 2011. Revisión de los restos óseos humanos del sitio La Petrona (Transición Pampeano-Patagónica Oriental, Argentina). *Magallania* 39 (1), pp. 179-191.

Fortich, Orlando y Octavio D. Galvis. 1989. *Recursos hidrobiológicos del departamento del Atlántico. Problemas y alternativas de desarrollo*. Barranquilla, Investigaciones Uniatlántico.

Frison, George C. y Lawrence C. Todd. 1986. *The Colby Mammoth Site: Taphonomy and archaeology of a Clovis kill in northern Wyoming*. Albuquerque, University of New Mexico Press.

Gabucio, Maria J., Jordi Rosell Ardevol e Isabel Cáceres. 2010. Statistics applied to skeletal representation studies: A methodological approach. En: *Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010*, eds. F. Contreras, M. Farjas y F. J. Melero. Oxford, Archaeopress.

Garland. A. Neil. 1993. An introduction to the histology of exhumed mineralized tissue. En *Histology of Ancient Human Bone: Methods and Diagnosis*, eds. G. Grupe y A. N. Garland, pp. 1-16. Nueva York, Springer-Verlag.

Geneser, Finn. 1998. *Atlas de histología*. Madrid, Editorial Médica Panamericana.

Gifford-González, Diane P. 1981. Taphonomy and paleoecology: A critical review of archaeology's sister disciplines. En *Advances in Archaeological Method and Theory*, ed. Michael B. Schiffer, pp. 365-438. Academic Press.

Graf, W. 1949. Preserved histological structures in Egyptian and ancient Swedish skeletons. *Acta Anatomica* 8, pp. 236-250.

Grayson, Donald K., Paul W. Parmalee, R. Lee Lyman y Jim I. Mead. 1988. Danger Cave, Last Supper Cave, and Hanging Rock Shelter: The faunas. *American Museum of Natural History. Anthropological Papers* 66 (1), pp. 1-130.

Gutiérrez, María A. 2004. Análisis tafonómicos en el área interserrana (provincia de Buenos Aires). Tesis de PhD, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Gutiérrez, María A. 1998. Taphonomic effects and state of preservation of the guanaco (*Lama guanicoe*) bone bed from Paso Otero 1 (Buenos Aires Province, Argentina). Tesis de Maestría, Texas Tech University, Lubbock.

Hackett, C. J. 1981. Microscopical focal destruction (tunnels) in exhumed human bones. *Medicine, Science and the Law* 21, pp. 243-265.

Haglund, William D. y Marcella H. Sorg, eds. *Advances in forensic taphonomy: Method, theory and archaeological perspectives*. Boca Raton, Florida, CRC Press.

Hare, P. E. 1980. Organic geochemistry of bone and its relation to the survival of bone in natural environments. En *Fossils in the making*, eds. Anna K. Behrensmeyer y Andrew P. Hill, pp. 108-219. Chicago, University of Chicago Press.

Harris, David. 1972. The origins of agriculture in the tropics. *American Scientist* 60, pp. 180-193.

Haynes, Gary. 2006. Foreword. En *Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains*, eds. William D. Haglund y Marcella H. Sorg, pp. xvii-xx. Boca Raton, Florida, CRC Press.

Hedges, Robert E. M., Andrew R. Millard y A. W. G. Pike. 1995. Measurements and Relationships of Diagenetic Alteration of Bone from Three Archaeological Sites. *Journal of Archaeological Science* 22 (2), pp. 201–209.

Hochrein, Michael J. 2002. An autopsy of the grave: Recognizing, collecting and preserving forensic geotaphonomic evidence. En *Advances in forensic taphonomy: Method, theory and archaeological perspectives*, eds. William D. Haglund y Marcella H. Sorg, pp. 45-70. Boca Raton, Florida, CRC Press.

Hoffman, Rob y Christopher Hays. 1987. The Eastern Wood rat (*Neotoma floridana*) as a taphonomic factor in archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 14, pp. 325-337.

Hunter, John. 2002. Foreword: A pilgrim in forensic archaeology. En *Advances in forensic taphonomy: Method, theory and archaeological perspectives*, eds. William D. Haglund y Marcella H. Sorg, pp. xxv-xxxii. Boca Raton, Florida, CRC Press.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1986. *Atlántico, características geográficas*. Bogotá, Subdirección de Geografía.

Johnson, Eileen, María A. Gutiérrez, Gustavo Politis, G. Martínez y W. Hartwell. 1997. Holocene taphonomy at Paso Otero 1 on the Eastern Pampas of Argentina. En *Proceedings of the 1993 bone modification conference, Hot Spring, South Dakota*, eds. L. A. Hannus, L. Rossum y R. P. Winham, pp. 105-121. Occasional Publication No. 1, Sioux Fall, Archaeology Laboratory, Augustana College.

Johnson, Eileen. 1985. Current developments in bone technology. En *Advances in archaeological method and theory*, vol. 8, ed. Michael B. Schiffer, pp. 157-235. New York, Academic Press.

Junqueira, Luis Carlos y José Cameiro. 1991. *Basic histology*. Los Altos, California, Lange Medical Publications.

King, Charlotte L., Nancy Tayles y Keith C. Gordon. 2011. Re-examining the chemical evaluation of diagenesis in human bone apatite. *Journal of Archaeological Science* 38 (9), pp. 2222-2230.

Krueger, Harold W. 1991. Exchange of carbon with biological apatite. *Journal of Archaeological Science* 18, pp. 355-361.

Langebaek, Carl. 1996. *Noticias de caciques muy mayores: Origen y desarrollo de sociedades complejas en el nororiente de Colombia y norte de Venezuela*. 2ª ed. Medellín, Ediciones Uniandes. Editorial Universidad de Antioquia.

Langebaek, Carl y Alejandro Dever. 2000. *Arqueología en el Bajo Magdalena: Un estudio de los primeros agricultores del Caribe colombiano*. Bogotá, Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

Langebaek, Carl y Alejandro Dever. 2001. Arqueología en el Bajo Magdalena: Un modelo de poblamiento para los primeros agricultores del Caribe colombiano. En *Arqueología en estudios de impacto ambiental*. Vol 3, eds. Carlo Piazzini y Juan Carlos Álvarez. Bogotá, ISA.

Langley, Michelle C., Christopher Clarkson y Sean Ulm. 2011. From small holes to grand narratives: The impact of taphonomy and sample size on the modernity debate in Australia and New Guinea. *Journal of Human Evolution* 61, pp. 197-208.

Lawrence, David R. 1971. The nature and structure of Paleoecology. *Journal of Paleontology* 45, pp. 593-607.

Lawrence, David R. 1979a. Biostratigraphy En *Encyclopedia of paleontology*, eds. Rhodes Whitmore Fairbridge y David Jablonski, pp. 99-102. Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross Inc.

Lawrence, David R. 1979b. "Diagenesis of fossils – fossilization". En: *Encyclopedia of paleontology*, eds. Rhodes Whitmore Fairbridge y David Jablonski, pp. 245-247. Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross.

Legros, R., Balmain, N. y Bonel, G. 1987. Age-related changes in mineral of rat and bovine cortical bone. *Calcified Tissue International* 41, pp. 137-144.

Legros, Therry, C. Rodríguez y C. Pauly. 1988. Puerto Chacho: La céramique à dégraissant de fibres végétales et le formatif ancien du Nord de la Colombie. *Congreso internacional de americanistas* 46.

Lee-Thorp, Julia A. y Nikolaas J. van der Merwe. 1991. Aspects of the chemistry of modern and fossil biological apatites. *Journal of Archaeological Science* 18, pp. 343-354.

Lees, S. 1989. Some characteristics of mineralized collagen. En *Calcified tissue: Topics in molecular and structural biology*, ed. D. W. Hukins. Londres, Macmillan Press.

Lozada, Natalia. 2012. *Etnicidad, cultura material y ocupación humana en el Caribe colombiano: Análisis de la cerámica de los sitios San Isidro y Cacaramoa, departamento del Atlántico*. Tesis (Magíster en Antropología). Bogotá, Universidad de los Andes.

Lyman, R. Lee. 1994. *Vertebrate taphonomy*. Cambridge, Cambridge University Press.

Lyman, R. Lee y Gregory L. Fox. 1989. A critical evaluation of bone weathering as an indication of bone assemblage formation. *Journal of Archaeological Science* 16, pp. 293-317.

Maguire, J., D. Pemberton y M. H. Collett. 1980. The Makapansgat limeworks grey breccia: Hominids, hyaenas, hystricids or hillwash?. *Palaeontologia Africana* 23, pp. 75-98.

Marshall, T. y J. W. Holmes. 1998. *Soil physics*. 2nd ed. Cambridge, Cambridge University Press.

Martill, David. M. 1990. Bones as stones: The contribution of vertebrate remains to the lithologic record. En *The processes of fossilization*, ed. Stephen K. Donovan, pp. 270-292. New York, Columbia University Press.

Martin, Ronald E. 1999. *Taphonomy: A process approach*. New York, Cambridge University Press.

Meneghini, Carlo, Maria Chiara Dalconi, Stefania Nuzzo, Settimio Mobilio y Rudy H. Wenk. 2003. Rietveld refinement on X-Ray diffraction patterns of bioapatite in human fetal bones. *Biophysical Journal* 84 (3), pp. 2021-2029.

Miller, George. J. 1975. A study of cuts, grooves, and other marks on recent and fossil bones: II, weathering cracks, fractures, splinters, and other similar natural phenomena. En *Lithic technology*, ed. Earl H. Swanson, pp. 212-226. La Haya, Mouton.

Mondini, Mariana y Sebastián Muñoz. 2011. Aproximaciones y escalas de análisis en la zooarqueología y tafonomía sudamericanas. Algunas reflexiones sobre su estado actual y perspectivas para su desarrollo. *Antípoda* 13, pp. 229-250. Bogotá, Universidad de los Andes.

Morlan, Richard E. 1980. *Taphonomy and archaeology in the upper Pleistocene of the Northern Yukon Territory: A glimpse of the peopling of the New World*. Archaeological Survey of Canada Paper No. 94. Mercury Series. Ottawa, National Museum of Men.

Nicholson, Rebecca. A. 1996. Bone degradation, burial medium and species representation: Debunking the myths, and experiment-based approach. *Journal of Archaeological Science* 23 (4), pp. 513-533.

Nielsen-Marsh, Christina. 1997. *Bone diagenesis. Investigations into the influence of the burial environment on archaeological bone preservation*. Tesis doctoral. Oxford, University of Oxford.

Nielsen-Marsh, Christina. M., y Robert E. M. Hedges. 2000. Patterns of Diagenesis in Bone I: The Effects of Site Environments. *Journal of Archaeological Science* 27 (12), pp. 1139-1150.

Oliver, James. S. 1989. Analogues and site context: Bone damages from Shield Trap Cave (24CB91), Carbon County, Montana, USA. En *Bone modification*, eds. Robert Bonnicksen y Marcella H. Sorg, pp. 73-98. Orono, University of Maine. Center for the Study of the First Americans.

Olsen, Sandra. L. y Pat Shipman. 1988. Surface modification on bone: Trampling versus butchery. *Journal of Archaeological Science* 15, pp. 535-553.

Oyuela, Augusto. 1987. Dos sitios arqueológicos con desgrasante de fibra vegetal en la serranía de San Jacinto (departamento de Bolívar). *Boletín de Arqueología* 2 (91), pp. 5-26.

Pineda, Antonio, Palmira Saladié, Josep Maria Vergès, Rosa Huguet, Isabel Cáceres y Josep Vallverdú. 2014. Trampling versus cut marks on chemically altered surfaces: an experimental approach and archaeological application at the Barranc de la Boella site (la Canonja, Tarragona, Spain). *Journal of Archaeological Science* 50, pp. 84-93.

Ramos, Elizabeth y Sonia Archila. 2008. *Arqueología y subsistencia en Tubará: Siglos IX-XVII dC*. Bogotá, Universidad de los Andes.

Ramos, Elizabeth. 2010. La hicotea y sus usos desde tiempos prehispánicos: Zooarqueología aplicada, tradiciones culturales y conservación de especies en el Caribe colombiano: Informe final de investigación. Bogotá, Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH).

Ramos, Elizabeth. 2013. Crawling and walking at the time: challenges of the archaeology of the animals in the North of South America. En *The Archaeology of Mesoamerican Animals. La Arqueología de los Animales de Mesoamérica*, eds. Christopher M. Götz y Kitty F. Emery, pp. 531-555. Lockwood Press.

Reay, Donald T. 2002. Foreword. En *Advances in forensic taphonomy: Method, theory and archaeological perspectives*, eds. William D. Haglund y Marcella H. Sorg, pp. xix-xxii. Boca Raton, Florida, CRC Press.

Reichel-Dolmatoff, Gerardo. 1954. A preliminary study of space and time perspective in Northern Colombia. *American Antiquity* 4, pp. 352-366.

Reichel-Dolmatoff, Gerardo. 1955. Excavaciones en los conchales de la costa de Barlovento. *Revista Colombiana de Antropología* 4, pp. 249-272.

Reichel-Dolmatoff, Gerardo. 1956. Momil – Excavaciones arqueológicas en el Sinú. *Revista Colombiana de Antropología* 5, pp. 109-334.

Reichel-Dolmatoff, Gerardo y Alicia Dussán. 1957. Reconocimiento arqueológico en la hoya del río Sinú. *Revista Colombiana de Antropología* 6, pp. 31-149.

Reichel-Dolmatoff, Gerardo. 1965. Excavaciones arqueológicas en Puerto Hormiga (departamento de Bolívar). *Antropología (Bogotá)* 2, pp. 1-60.

Reichel-Dolmatoff, Gerardo. 1982. Colombia indígena – Periodo prehispánico. En *Manual de historia de Colombia*, eds. Juan Gustavo Cobo y Santiago Mutis. Instituto Colombiano de Cultura.

Reichel-Dolmatoff, Gerardo. 1986. *Arqueología de Colombia: Un texto introductorio*. Bogotá, Presidencia de la República, Fundación Segunda Expedición Botánica, Editorial ARCO.

Richter, Rudolf. 1928. Aktuopalaontologie und Palaobiologie, eine Abgrenzung. *Senckenbergiana* 10, pp. 285-292.

Roksandic, Mirjana. 2002. Position of skeletal remains as a key to understanding behavior. En: *Advances in forensic taphonomy: Method, theory and archaeological perspectives*, eds. William D. Haglund y Marcella H. Sorg, pp. 99-118. Boca Raton, Florida, CRC Press.

Ross, Michael H. y Wojciech Pawlina. 2003. *Histology: A text and atlas: With correlated cell and molecular biology*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins.

Rudwick, Martin J. S. 1976. *The meaning of fossils*, 2nd edition. New York, Neale Watson Academic Publications.

Salmon, Merrilee H., Wesley C. Salmon. 1979. Alternative models of scientific explanation. *American Anthropologist* 81 (1), pp. 61-74.

Salmon, Wesley C. 1963. *Logic*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc.

Salter, Robert B. 1986. *Trastornos y lesiones del sistema muscoesquelético: Introducción a la ortopedia, fractura y lesiones articulares, reumatología, osteopatía metabólica y rehabilitación*. Barcelona, Salvat.

Saul, Julie y Frank P. Saul. 2002. Forensics, archaeology and taphonomy: The symbiotic relationship. En *Advances in forensic taphonomy: Method, theory and archaeological perspectives*, eds. William D. Haglund y Marcella H. Sorg, pp. 71-98. Boca Raton, Florida, CRC Press.

Saunders, Jeffrey J. 1977. *Late Pleistocene vertebrates of the western Ozark Highland, Missouri*. *Illinois State Museum Reports of Investigations No. 33*. Springfield, Illinois State Museum.

Semma Tamayo, Alexandra. 2010. Análisis tafonómico de las prácticas de cremación del Valle del Cauca; el caso específico de la tumba 43 del Estadio del Deportivo Cali (Palmira). Tesis de pregrado en antropología, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional, Bogotá.

Schultz, Michael. 2006. Microscopic structure of the bone. En *Advances in forensic taphonomy: Method, theory and archaeological perspectives*, eds. William D. Haglund y Marcella H. Sorg, pp. 187-199. Boca Raton, Florida, CRC Press.

Shipman, Pat. 1977. *Paleoecology, taphonomic history and population dynamics of the vertebrate assemblage from the Middle Miocene of Fort Terman Kenya*. Tesis doctoral. Nueva York, New York University.

Shipman, Pat. 1981. *Life history of a fossil: An introduction to taphonomy and paleoecology*. Cambridge, Harvard University Press.

Shipman, Pat y Jeannie J. Rose. 1983. Evidence of butchery and hominid activities at Torralba and Ambrona: An evaluation using microscopic techniques. *Journal of Archaeological Science* 10 (5), pp. 465-474.

Shipman, Pat y Jennie J. Rose. 1988. Bone tools: An experimental approach. En *Scanning electron microscopy in archaeology*, ed. Sandra L. Olsen, pp. 303-335. British Archaeological Reports International Series 452.

Sorg, Marcella y William Haglund. 2002. Advancing forensic taphonomy: Purpose, theory and process". En: *Advances in forensic taphonomy: Method, theory and archaeological perspectives*, eds. William Haglund y Marcella Sorg, pp. 3-30. Boca Raton, Florida, CRC Press.

- Stahl, Peter W. y Augusto Oyuela-Caycedo. 2007. Early prehistoric sedentism and seasonal animal exploitation in the Caribbean lowlands of Colombia. *Journal of Anthropological Archaeology* 26 (3), pp. 329-349.
- Stout, Samuel. 1978. *Histological structure and its preservation in ancient bone*. Current Anthropology 19 (3), pp. 601-608. University of Chicago Press.
- Termine, John y Aaron Posner. 1966. *Infra-red determination of the percentage of crystallinity in apatitic calcium phosphates*. Nature 211, pp. 268-270.
- Trillos, María. 2001. *Ayer y hoy del Caribe colombiano en sus lenguas*. Bogotá, Universidad del Atlántico – Universidad de los Andes – Observatorio del Caribe colombiano.
- Ubelaker, Douglas. 2006. Taphonomic applications in forensic anthropology. *Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains*, eds. William Haglund y Marcella Sorg, pp. 77-90. Boca Raton, Florida, CRC Press.
- Van der Hammen, Thomas. 1956. *Descripción de algunos géneros y especies de polen y esporas fósiles*. Boletín Geológico IV (2,3), pp. 103-109. Instituto Geológico Nacional.
- Von Endt, David W. y Donald J. Ortner. 1984. Experimental effects of bone size and temperature on bone diagenesis. *Journal of Archaeological Science* 2, pp. 247-253.
- Weiner, Stephen y H. D. Wagner. 1998. The material bone: Structure-mechanical function relations. *Annual review of materials science* 28, pp. 271-298.
- Weiner, Stephen. 2010. *Microarcheology: Beyond the visible archaeological record*. New York, Cambridge University Press.
- Weiner, Stephen y O. Bar-Yosef. 1990. *States of preservation of bones from prehistoric sites in the Near East: A survey*. Journal of Archaeological Science 17, pp. 187-196.
- White, Tim. 1992. *Prehistoric cannibalism at Mancos. 5MTUMR-2346*. Princeton, Princeton University Press.
- Wippem, A. M. 1987. Debate sobre Monsú. *Boletín Cultural y Bibliográfico* 12, pp. 84-87.
- Wright, Lori E. y Henry P. Schwarcz. 1996. *Infrared and isotopic evidence for diagenesis of bone apatite at Dos Pilas, Guatemala: Palaeodietary implications*. Journal of Archaeological Science 23 (6), pp. 933-944.
- Zapata, Gilberto, Germán Reyes y Rodolfo Barrera. 2000. *Mapa geológico generalizado del departamento del Atlántico. Escala 1:100.000. Memoria explicativa*. Bogotá, Ministerio de Minas y Energía. Instituto de Investigación e Información Geocientífica.
- Ziv, Vivi y Stephen Weiner. 1994. *Bone crystal sizes: a comparison of transmission electron microscopic and X-ray diffraction line width broadening techniques*. Connective Tissue Research 30 (3), pp. 165-175.

Anexos

Anexo 1: Tabla con efectos tafonómicos observables a nivel macroscópico identificados en la muestra.

Anexo 2: Espectros infrarrojo tomados para tibias y fémures de individuos de la muestra.

<i>Ind.</i>	<i>Elemento óseo (marca en bolsa)</i>	<i>Hoyos d.q.</i>	<i>M. raíces</i>	<i>Meteoriz.</i>	<i>Abrasión</i>	<i>Carnívoros</i>	<i>Roedores</i>	<i>Pisoteo</i>	<i>H. de corte</i>	<i>Comentarios</i>
1	Fémur der. 34 277 Cuello	1	A	0	A	A	A	A	A	Porosidad y pérdida ósea, origen desconocido
1	Tibia der. A 25 311 Cavity glenoidea medial	1	P	0	A	A	A	A	A	
1	Epífisis distal	1	A	0	A	A	A	A	A	
1	Tibia izq. 312 1323 Cavity glenoidea lateral	1	A	0	A	A	A	A	A	Microporosidad
1	Carpo izq. Trapezoide	1	A	0	A	A	A	A	A	
1	Costilla 37 247-256	1	A	0	A	A	A	A	A	Fragmento muy pequeño
1	1 Sacro última lumbar 223 2/3 153-156	1	P	0	A	A	A	A	A	
1	4 Sacro 221 159 Sacro	1	P	0	A	A	A	A	A	
1	Tibia parte proximal nivel 5 (582)	1	P	0	A	A	A	A	A	Periostio deteriorado, hueso trabecular expuesto.
1	Cavity glenoidea 208 503	1	P	0	A	A	A	A	A	
1	Pequeño	1	A	0	A	A	A	A	A	Las epífisis son pequeñas, con pocas tienen marcas tafonómicas.
1	Mandíbula der. (cóndilo)	1	P	0	A	A	A	A	A	
1	Carpo izq. Piramidal	2	P	0	A	A	A	A	A	
1	Ilion derecho 1	2	P	0	A	A	A	A	A	
1	Ilion derecho 4	2	P	0	A	A	A	A	A	
1	Pelvis hueso iliaco 235 511-513	2	P	0	A	A	A	A	A	
1	Cuerpo vertebral 230 576-579 250	2	A	0	A	A	A	A	A	
1	Húmero izq. 228 556 Troclea humeral	1	A	1	A	A	A	A	A	
1	Epífisis no id. (02)	1	A	1	A	A	A	A	A	
1	Torácica 11 77 (82)	1	P	1	A	A	A	A	A	
1	2 Falange prox.	1	A	1	A	A	A	A	A	
1	4 Metacarpo 381 1132	1	P	1	A	A	A	A	A	Pisoteo post DQ, abrasión pre DQ
1	Astrágalo 85 414-423 (fragmento pequeño)	1	A	1	A	A	A	A	A	
1	Epífisis no id. (01)	3	A	1	A	A	A	A	A	DQ post-abrasión posiblemente oculta
1	Fémur izq. 820 284 Trocanter mayor	1	A	2	A	A	A	A	A	
1	Fémur derecho 34D 286 Cóndilo lateral	1	A	0	P	A	A	A	A	Mucha microporosidad; en mitad de cóndilo perdido periostio hasta ¾ mm por DQ
1	Fémur der. 34 13 285 Cóndilo medial	1	A	0	P	A	A	A	A	Microporosidad
1	Fémur der. 34A 279-281 Cabeza	1	A	0	P	A	A	A	A	Microporosidad
1	Tibia der. 25	1	A	0	P	A	A	A	A	Microporosidad en superficie
1	Costilla 37 247-256	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	4ª costilla 42 201-202	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	7ª costilla 45 209	1	P	0	P	A	A	A	A	Fragmento pequeño
1	7ª costilla 54 188	1	P	0	P	A	A	A	A	Surcos delgados y cortos
1	10ª costilla 57 193	1	P	0	P	A	A	A	A	Destrucción periostio y surcos delgados y cortos
1	12ª costilla 59 196	1	P	0	P	A	A	A	A	Fragmento muy pequeño
1	1 Sacro última lumbar 223 3/3 153-156	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	4 Metacarpo 121 380	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Ganchoso	1	A	0	P	A	A	A	A	

1	Semilunar	1	A	0	P	A	A	A	A	
1	Piramidal	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Trapezoide	1	A	0	P	A	A	A	A	
1	Falanges	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Falanges	1	A	0	P	A	A	A	A	
1	Falanges	1	A	0	P	A	A	A	A	Surcos verticales paralelos
1	5 Metacarpo 126 383	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Astrágalo 85 414-423 (fragmento grande)	1	A	0	P	A	A	A	A	
1	Falange proximal pie 95 558	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Falange proximal 4 98 484	1	A	0	P	A	A	A	A	
1	Falange distal 1 106 457	1	A	0	P	A	A	A	A	
1	Cuña medial 100 411	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Pubis 216 264	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Kaka Corte 2ª Female Epífisis brazo derecho 600	1	A	0	P	A	A	A	A	Fragmento pequeño y compacto (epífisis)
1	Epífisis distal radio der Prox.	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Epífisis distal radio der Distal	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Epífisis falanges 601-607 Grande	1	A	0	P	A	A	A	A	
1	Metatarso pie 5 D 111	1	A	0	P	A	A	A	A	
1	Maxilar superior (c/dientes) (fragmento pequeño)	1	A	0	P	A	A	A	A	
1	Cigomático	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Mandíbula der. (plano)	1	P	0	P	A	A	A	A	
1	Costilla 37 247-256	2	P	0	P	A	A	A	A	
1	5ª costilla 43 203-206	2	P	0	P	A	A	A	A	
1	8ª costilla 46 210-211	2	P	0	P	A	A	A	A	Varios hoyos tafonómicos
1	11ª costilla 58 194-195	2	P	0	P	A	A	A	A	
1	1 Sacro última lumbar 223 1/3 153-156	2	P	0	P	A	A	A	A	
1	Pubis Isquium 220 160 Sacro	2	A	0	P	A	A	A	A	
1	1 Metacarpo 126 374	2	P	0	P	A	A	A	A	
1	Falange 136 389/396 II	2	P	0	P	A	A	A	A	
1	Falange 136 389/396 IV	2	P	0	P	A	A	A	A	Deterioro periostio en parche
1	Metatarso 1 189 446	2	A	0	P	A	A	A	A	
1	Ilion drecho 2	2	P	0	P	A	A	A	A	
1	Ilion derecho 3	2	P	0	P	A	A	A	A	Hoyo parece tafonómico. Abrasión post-hoyo
1	Mediano	2	A	0	P	A	A	A	A	Es diferente un lado al otro del hueso; pérdida de periostio por parches.
1	Falange I 136 389-396	2	A	0	P	A	A	A	A	
1	Falange proxmial 455 105 435 Pie der.	2	P	0	P	A	A	A	A	
1	Metatarso pie? 96 557	2	A	0	P	A	A	A	A	
1	Húmero derecho	2	P	0	P	A	A	A	A	Parches erosionados
1	Radio izquierdo	2	A	0	P	A	A	A	A	Parches erosionados

1	Tibia Kaka Ind 1 597-598	3	P	0	P	A	A	A	A	DQ oculta Mra
1	Escápula derecha 2/2 #149-150 Bolsa 6	1	A	1	P	A	A	A	A	Abrasión post-meteorización
1	Tibia der. 24 310 Epífisis distal	1	A	1	P	A	A	A	A	Microporosidad; exfoliación, no se da en formas de grietas.
1	Peroné der. 28 459-461 521	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Húmero der. 234 615-618	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Carpo izq. Escafoides / Navicular	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Carpo izq. Semilunar	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Carpo izq. Trapecio	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Axis (fragmento pequeño)	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Costilla 37 247-256	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Costilla 37 247-256	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Costilla 37 247-256	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	1ª costilla 39 197	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	2ª costilla 40 198	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	3ª costilla 41 199-200	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	6ª costilla 44 207-208	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	11ª costilla 47 212	1	P	1	P	A	A	A	A	Destrucción periostio en dos partes; surcos cortos paralelos a estructura fibrosa
1	12ª costilla 213-215	1	P	1	P	A	A	A	A	Los mismos surcos delgados y cortos.
1	Costilla 37 247-	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	1ª costilla 49 176	1	P	1	P	A	A	A	A	Destrucción periostio, M.Ra
1	3ª costilla 51 180-182	1	P	1	P	A	A	A	A	2 líneas, surcos apenas sugeridos, color claro, rectos
1	4ª costilla 52 183-184	1	P	1	P	A	A	A	A	Surcos delgados y cortos
1	5ª costilla 53 185-187	1	P	1	P	A	A	A	A	Destrucción periostio
1	9ª costilla 56 192	1	P	1	P	A	A	A	A	Destrucción periostio
1	3/4 Sacro Pubis isq. 222 158	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	2 Metacarpo 115 376	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	3 Metacarpo 122 378	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	5 Metacarpo 117 382	1	P	1	P	A	A	A	A	Surcos cortos delgados paralelos a estructura fibrosa
1	4 Falange prox.	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	5 Falange prox.	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Falanges (grande)	1	P	1	P	A	A	A	A	Deterioro periostio en una parte
1	Falanges (mediana)	1	A	1	P	A	A	A	A	Deterioro periostio en una parte
1	Falanges (pequeña)	1	A	1	P	A	A	A	A	Deterioro periostio en una parte
1	1 Metacarpo 135 375	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	2 Metacarpo 134 372	1	P	1	P	A	A	A	A	Deterioro periostio en parche
1	3 Metacarpo 133 379	1	P	1	P	A	A	A	A	Deterioro periostio en parche
1	Falange 136 389/396 I	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Falange 136 389/396 VI	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Falange distal pie 1 91 458	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Falange pie (sin marca)	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Falange proximal 1 Dedo 90 456	1	A	1	P	A	A	A	A	

1	Metatarso 4 103 452	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Falange medial 101 487	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Metatarso 3 102 450	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Inicio de piernas o caderas 233	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Sacro Kaka Ind 1 587-596 (fragmento grande)	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Sacro Kaka Ind 1 587-596 (fragmento pequeño)	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Pie I o D 234 608-613	1	A	1	P	A	A	A	A	
1	Cráneo	1	P	1	P	A	A	A	A	En órbita izquierda hay varios hoyos.
1	Maxilar superior (c/dientes) (fragmento grande)	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Mandíbula der. (alveolo)	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Mandíbula der. (parte de rama mandibular)	1	P	1	P	A	A	A	A	
1	Húmero izq. 32A 134-137	2	A	1	P	A	A	A	A	
1	Pelvis izq. Isquium 215 266	2	A	1	P	A	A	A	A	
1	Falange 136 389/396 III	2	P	1	P	A	A	A	A	
1	Falange 136 389/396 V	2	A	1	P	A	A	A	A	Deterioro periostio en parche
1	3 Falange Prox. 120 386	2	A	1	P	A	A	A	A	Deterioro periostio en parche
1	Metatarso 2 104 448	2	P	1	P	A	A	A	A	Deterioro general en periostio puede ser exfoliación
1	Metatarso 5 107 453	2	P	1	P	A	A	A	A	
1	Falange proximal 2 99 486	2	P	1	P	A	A	A	A	
1	Tibia izquierda	2	P	1	P	A	A	A	A	
1	Tibia derecha	2	P	1	P	A	A	A	A	Parche erosionados
1	Cúbito derecho	2	P	1	P	A	A	A	A	
1	Cúbito izquierdo	2	P	1	P	A	A	A	A	
1	Peroné derecho	2	P	1	P	A	A	A	A	Hay dos surcos rectos delgados de profundidad media.
1	Peroné izquierdo	2	P	1	P	A	A	A	A	Parches erosionados en superficie, ¿exfoliación o DQ?
1	Radio derecho	2	P	1	P	A	A	A	A	Parches erosionados en superficie
1	Metatarso 1 84 447	3	P	1	P	A	A	A	A	Deterioro de periostio en parches
1	Metatarso 2 87 449	3	A	1	P	A	A	A	A	Deterioro de periostio en parches
1	Metatarso 3 88 451	3	P	1	P	A	A	A	A	Deterioro de periostio en parches
1	Escápula derecha #149-150 Bolsa 6	4	A	1	P	A	A	A	A	
1	Metatarso 5 89 454	4	P	1	P	A	A	A	A	
1	Clavícula derecha	1	P	2	P	A	A	A	A	Varios hoyos pequeños en parte lateral. Meteorización post Mra
1	Clavícula izquierda	1	P	2	P	A	A	A	A	
1	Escápula derecha 213 499 (fragmento pequeño)	1	A	2	P	A	A	A	A	
1	Escápula izquierda 151-152 211 Proceso coronoide	1	A	2	P	A	A	A	A	Abrasión post-meteorización
1	Costilla 37 247-256	1	P	2	P	A	A	A	A	
1	8ª costilla 55 189-191	1	P	2	P	A	A	A	A	Surcos delgados y cortos
1	1 Falange prox.	1	A	2	P	A	A	A	A	Pérdida de periostio en parches
1	2ª costilla 50 177-179	2	P	2	P	A	A	A	A	

1	Falange pie 3 93 488	2	A	2	P	A	A	A	A	
1	Senos paranasales 583-586 (Balde con mandíbula)	1	A	0	A	A	A	P	A	
1	Carpo izq. Grande	1	P	1	A	A	A	P	A	M. Ra cortas porque hueso pequeño.
1	Torácica 12 78 (83)	1	A	1	A	A	A	P	A	
1	Última lumbar / 2° Sacro 224 157	1	A	1	A	A	A	P	A	Fragmento muy pequeño
1	Torácica 6? 72 77	2	P	1	A	A	A	P	A	
1	Torácica 7 73 78	2	P	1	A	A	A	P	A	Porosidad
1	Torácica 8 74 (79)	2	A	1	A	A	A	P	A	
1	Torácica 10 76 (81)	2	P	1	A	A	A	P	A?	Microscópicamente, en la parte posterior, líneas paralelas delgadas verticales.
1	Lumbar 4 81 (86)	2	A	1	A	A	A	P	A	
1	Atlas (fragmento pequeño)	1	A	0	P	A	A	P	A	Pisoteo observable microscópicamente
1	Maxilar inferior (dientes puestos)	1	P?	0	P	A	A	P	A	Marcas de raíces podrían ser de pisoteo.
1	Pelvis izq. Ilion 214 273-274	2	A	0	P	A	A	P	A	
1	Pelvis izq.	2	A	0	P	A	A	P	A	
1	Tibia izq Kaka Ind 1 580	2	P	0	P	A	A	P	A	
1	Escápula izquierda 212 500 (fragmento pequeño)	1	P	1	P	A	A	P	A	
1	Carpo izq. Ganchoso	1	A	1	P	A	A	P	A	Pisoteo observable microscópicamente
1	Atlas (fragmento grande)	1	P	1	P	A	A	P	A	Pisoteo observable microscópicamente
1	Axis (fragmento grande)	1	A	1	P	A	A	P	A	Pisoteo observable microscópicamente
1	Cervical 4	1	A	1	P	A	A	P	A	
1	Cervical 6	1	P	1	P	A	A	P	A	
1	Cervical 7	1	A	1	P	A	A	P	A	
1	Torácica 1 o 2 68 23	1	A	1	P	A	A	P	A	
1	Torácica 1? 67 72	1	A	1	P	A	A	P	A	
1	Torácica 4 178 (75)	1	P	1	P	A	A	P	A	
1	Torácica 2 o 3? 69 74	1	A	1	P	A	A	P	A	
1	Torácica 5 71 (76)	1	A	1	P	A	A	P	A	
1	Torácica 9 75 (80)	1	A	1	P	A	A	P	A	
1	Lumbar 1 79 (89)	1	P	1	P	A	A	P	A	
1	Lumbar 2 80 (85)	1	P	1	P	A	A	P	A	
1	Lumbar 5 82 (87)	1	P	1	P	A	A	P	A	Pisoteo observable microscópicamente
1	Pelvis der. Isquium 218-265	1	A	1	P	A	A	P	A	
1	Pelvis der. Pubis 217-265	1	A	1	P	A	A	P	A	
1	Pelvis der. Ilion 219 267-272	1	A	1	P	A	A	P	A?	Líneas blancas rectas no parecen surcos sino exfoliación con esa forma
1	Costilla 37 247-256	1	P	1	P	A	A	P	A	
1	Fémur derecho	2	P	1	P	A	A	P	A	Parches erosionados en todo el hueso, con marcas de pisoteo.
1	Fémur izquierdo	2	P	1	P	A	A	P	A	Surcos cortos aleatorios, parches erosinoados
1	Húmero izquierdo	2	P	1	P	A	A	P	A	Parches erosionados, hueso muy brillante y erosionado.
1	Cervical 3 62 67	1	A	2	P	A	A	P	A	

1	Cervical 5	1	A	2	P	A	A	P	A	
2	Cóndilo medial 11	1	P	0	A	A	A	A	A	
2	Fémur (fragmento 15)	1	A	0	A	A	A	A	A	
2	Cóndilo	1	A	0	A	A	A	A	A	
2	Tibia der. Cavidad glenoidea (grande)	1	P	0	A	A	A	A	A	
2	Rótula derecha 84 (superf. posterior)	1	A	0	A	A	A	A	A	Hueso trabecular expuesto.
2	Cuboides 157	1	A	0	A	A	A	A	A	
2	Epífisis proximal 190	1	A	0	A	A	A	A	A	Pequeño
2	Cuello fémur 67	1	A	0	A	A	A	A	A	Pequeño
2	Fragmento 2	1	P	0	A	A	A	A	A	
2	Huesos 4	1	P	0	A	A	A	A	A	
2	Fragmento 1	1	P	0	A	A	A	A	A	
2	Húmero diáfisis 68	2	A	0	A	A	A	A	A	Parches erosionados.
2	Calcáneo 152-154 (fragmento mediano)	2	A	0	A	A	A	A	A	
2	Cuña intermedia 144	2	A	0	A	A	A	A	A	Las cuñas generalmente no tienen modificaciones.
2	Fémur (fragmento 11)	1	A	1	A	A	A	A	A	
2	Rótula izquierda 85	1	P	1	A	A	A	A	A	Se mira la parte posterior, el resto ha perdido el periostio.
2	Epífisis (fragmento muy pequeño)	1	A	1	A	A	A	A	A	
2	Sacro 65 3b	1	P	1	A	A	A	A	A	Tienen unas líneas delgadas en todo el periostio.
2	Sacro 7b	1	P	1	A	A	A	A	A	Tienen unas líneas delgadas en todo el periostio.
2	Astrágalo 148-150 (fragmento pequeño)	1	P	1	A	A	A	A	A	
2	Cuña medial 147	1	A	1	A	A	A	A	A	
2	Frag 2	1	P	1	A	A	A	A	A	
2	Frag 3 (cóncavo)	1	P	1	A	A	A	A	A	
2	Fémur derecho (c)	2	A	1	A	A	A	A	A	Tienen unas líneas delgadas en todo el periostio.
2	Ilium II	2	P	1	A	A	A	A	A	M. Ra en forma de Y. DQ post abrasión.
2	Astrágalo 151	1	P	2	A	A	A	A	A	
2	Tibia peroné d. 2 (c)	1	P	0	P	A	A	A	A	
2	Fémur (frag 6) (pequeño)	1	A	0	P	A	A	A	A	
2	Tibia (2 fragmentos)	1	P	0	P	A	A	A	A	
2	Tibia (a)	1	P	0	P	A	A	A	A	
2	Diáfisis	1	P	0	P	A	A	A	A	
2	Cresta iliaca pelvis	1	A	0	P	A	A	A	A	Muchas líneas paralelas a estructura fibrilar
2	Metatarso 2 163	1	P	0	P	A	A	A	A	
2	Metatarso 5 171	1	A	0	P	A	A	A	A	
2	Falange prox 2 189	1	P	0	P	A	A	A	A	
2	Calcáneo 152-154 (fragmento grande)	1	A	0	P	A	A	A	A	
2	Astrágalo 148-150 (fragmento mediano)	1	P	0	P	A	A	A	A	
2	Cuña lateral 145	1	A	0	P	A	A	A	A	
2	Porción poplítea hacia cóndilo 66	1	A	0	P	A	A	A	A	Pequeño
2	Cabeza fémur 65	1	A	0	P	A	A	A	A	Pequeño
2	Trapezio mano 184	1	A	0	P	A	A	A	A	Parche brillante

2	Navicular sin lateralizar 159	1	A	0	P	A	A	A	A	
2	Astrágalo 61	1	P	0	P	A	A	A	A	
2	Frag 1 (curvo)	1	P	0	P	A	A	A	A	
2	Frag 1 (medio esférico)	1	A	0	P	A	A	A	A	
2	Fémur (varios fragmentos con cinta)	2	A	0	P	A	A	A	A	Parches erosionados
2	Falange prox 4 175	2	A	0	P	A	A	A	A	
2	Epífisis distal E 20 72	2	A	0	P	A	A	A	A	
2	Metatarso 5 172	3	P	0	P	A	A	A	A	M. Ra anterior a DQ, poco visible
2	Metatarso 3 107	3	P	0	P	A	A	A	A	M. Ra anterior a DQ, poco visible. Abrasión post DQ
2	Tibia peroné d. 2 (a)	3	P	0	P	A	A	A	A	Se ha perdido casi todo el periostio
2	Fémur derecho (d)	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Tibia der. Cavity glenoidea (pequeña)	1	A	1	P	A	A	A	A	Fragmento pequeño, poco hueso cortical expuesto
2	Tibia extremo proximal medial 64	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Tibia (b)	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Cresta iliaca ilium izq.	1	P	1	P	A	A	A	A	Sólo un pequeño parche de periostio expuesto y observado
2	Peroné 46	1	P	1	P	A	A	A	A	
2	Metatarso 4 169	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Cuña lateral 144	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Cuña medial 146	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Cuña intermedia 143	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Calcáneo 152-154	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Astrágalo 148-150 (frag grande)	1	P	1	P	A	A	A	A	
2	Falange proximal 1 173	1	P	1	P	A	A	A	A	
2	Metatarso 4 170	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Falange prox 3 174	1	P	1	P	A	A	A	A	
2	Cuboides 158	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Peroné (3 fragmentos unidos)	1	P	1	P	A	A	A	A	
2	Calcáneo sin lateralizar 156	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Tarso no identificado 60	1	P	1	P	A	A	A	A	
2	Frag 3	1	P	1	P	A	A	A	A	
2	Huesos 3 (carpo)	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Frag 2	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Frag 3	1	A	1	P	A	A	A	A	
2	Fémur (dos fragmentos unidos)	2	P	1	P	A	A	A	A	Parches erosionados en superficie
2	Tibia (c)	2	A	1	P	A	A	A	A	Parches erosionados
2	Tibia (d)	2	P	1	P	A	A	A	A	Parches deteriorados
2	Peroné 48	2	P	1	P	A	A	A	A	
2	Metatarso 3 165-166 (fragmento grande)	2	P	1	P	A	A	A	A	
2	Metatarso 3 165-166 (fragmento pequeño)	2	P	1	P	A	A	A	A	
2	Metatarso 2 164 (2 fragmentos)	2	P	1	P	A	A	A	A	
2	Peroné 52	3	P	1	P	A	A	A	A	
2	Tibia peroné d. 2 (b)	3	P	1	P	A	A	A	A	Surco M. Ra en forma de Y

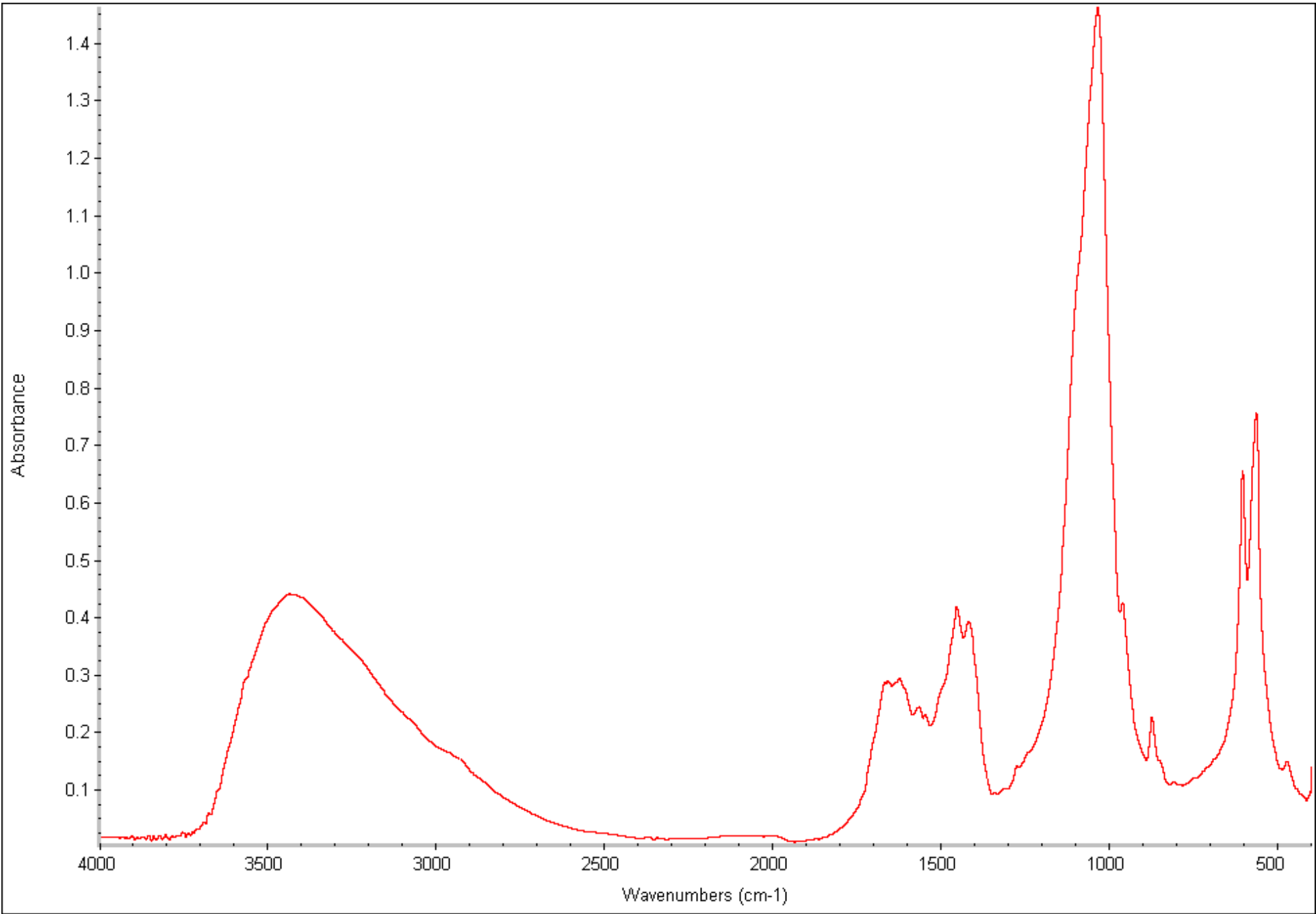
2	Fémur derecho (b)	1	P	2	P	A	A	A	A	
2	Fémur derecho (e)	1	P	2	P	A	A	A	A	
2	Falange prox 4 176	1	A	2	P	A	A	A	A	
2	Calcáneo 155	1	P	2	P	A	A	A	A	
2	Huesos 2	1	P	2	P	A	A	A	A	
2	Cóndilo (frag peq)	1	A	0	A	A	A	P	A	
2	Tibia peroné d. 2 (d)	3	P	1	A	A	A	P	A	Varios surcos
2	Fémur derecho (a)	1	P	1	P	A	A	P	A	Surcos cortos aleatorios
3	Falange prox 2 Pie Izq (105)	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Carpo ganchoso derecho 67	1	A	0	A	A	A	A	A	
3	Carpo ganchoso izquierdo 68	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Carpo semilunar derecho 69	1	A	0	A	A	A	A	A	
3	Metacarpo 5 izquierdo 75	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Falange distal 1 mano 76	1	A	0	A	A	A	A	A	Muy frágil
3	Falange prox 2 mano derecha 77	1	A	0	A	A	A	A	A	
3	Falange medial 2 mano der 79	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Cervical 4 (52)	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Falange no identificados 109-110 (Fragmento grande)	1	A	0	A	A	A	A	A	
3	Falange no identificados 109-110 (Fragmento pequeño)	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Tarso cuneiforme 1 der cuña medial 85	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Dedo gordo falange prox 1 pie izq 98-100	1	A	0	A	A	A	A	A	
3	Falange medial 4 pie derecho 107	1	A	0	A	A	A	A	A	
3	Metatarso 1 (extremo proximal sin lateralizar) 89-91	1	A	0	A	A	A	A	A	Es pequeño, casi sin hueso cortical
3	Tarso navicular der 88	1	A	0	A	A	A	A	A	
3	Falange prox 2 pie der 102-103	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Metatarso 3 pie izq 95	1	A	0	A	A	A	A	A	
3	(poco h. cortical)	1	A	0	A	A	A	A	A	Poco hueso cortical
3	Pelvis cr. iliaca con superf auricular der. 30	1	A	0	A	A	A	A	A	
3	Tibia der Parte de fibular notch 41	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Rótula izq. 20	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Pubis derecho 31	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Fosas nasales L (646-651) (Frag 2)	1	P	0	A	A	A	A	A	
3	Falange medial 4 derecha 80	1	P	1	A	A	A	A	A	
3	Falange medial 4 izq 81	1	A	1	A	A	A	A	A	
3	Costillas 16-19	1	P	1	A	A	A	A	A	
3	Vértebra torácica 2 57	1	A	1	A	A	A	A	A	
3	Proceso espinoso lumbar 59	1	A	1	A	A	A	A	A	
3	Frag 1	1	A	1	A	A	A	A	A	
3	Frag 2	1	A	1	A	A	A	A	A	

3	Metatarso 2 pie izq 93	1	P	1	A	A	A	A	A	
3	Astrágalo izq. 86	1	P	1	A	A	A	A	A	
3	Metatarso 1 pie derecho 92	1	P	1	A	A	A	A	A	
3	Tarso cuña intermedia izq 83	1	A	1	A	A	A	A	A	
3	Rótula 21-22	1	P	1	A	A	A	A	A	
3	Occipital 4-7	1	P	1	A	A	A	A	A	
3	Cráneo (No id) (9-15)	1	P	1	A	A	A	A	A	
3	Cervical Axis 50-51	2	P	1	A	A	A	A	A	
3	Metatarso 3 derecho 94	2	P	1	A	A	A	A	A	
3	Falange distal 1 pie izquierdo 108	3	P	1	A	A	A	A	A	Parte del deterioro de DQ parece M Ra
3	Posible pelvis 37	3	A	1	A	A	A	A	A	Varios hoyos en superficie
3	Escápula 28-29	1	P	2	A	A	A	A	A	Grieta se convierte en parche (meteorización)
3	Órbita (22)	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Falange medial 5 Mano izq 62	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Metacarpo 3 izquierdo 72	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Metacarpo 5 derecho 74	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Falange prox 4 mano izquierda 78	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Costillas 16-19	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Vértebras 64-65 (fragmento grande)	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Vértebras 64-65 (fragmento pequeño)	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Faceta articular izq. lumbar	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Torácica 56	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Cuboides sin lateral 87	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Falange prox derecha 1 101	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Falange proximal 4 pie derecho 106	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Metatarso 3 derecho 94	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Cúbito izq (Porción medial epíf.) 38	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Maxilar inferior 1-2 (maxilar inferior)	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Max. Sup. Der. Alrededor molar 3 (3)	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Húmero D (4,5)	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Esternón C (3)	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Parietal P17 (6)	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Caca G Mano y pie P17 (Pie falange proximal 4)	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Cráneo 645 (Posible cigomático)	1	A	0	P	A	A	A	A	Muy pequeño
3	Fosas nasales L (646-651)	1	P	0	P	A	A	A	A	Parece haber exfoliación asociada a raíces
3	Cráneo 641 – Esplacnocráneo	1	P?	0	P	A	A	A	A	Para las M Ra se observa deterioro en surcos.
3	642 Costilla	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	H (18,19) 4R Cráneo occipital	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Parietal	1	P	0	P	A	A	A	A	
3	Vértebra torác. (proc. transv.) (630)	1	A	0	P	A	A	A	A	
3	Costillas (637,638)	1	P	0	P	A	A	A	A	

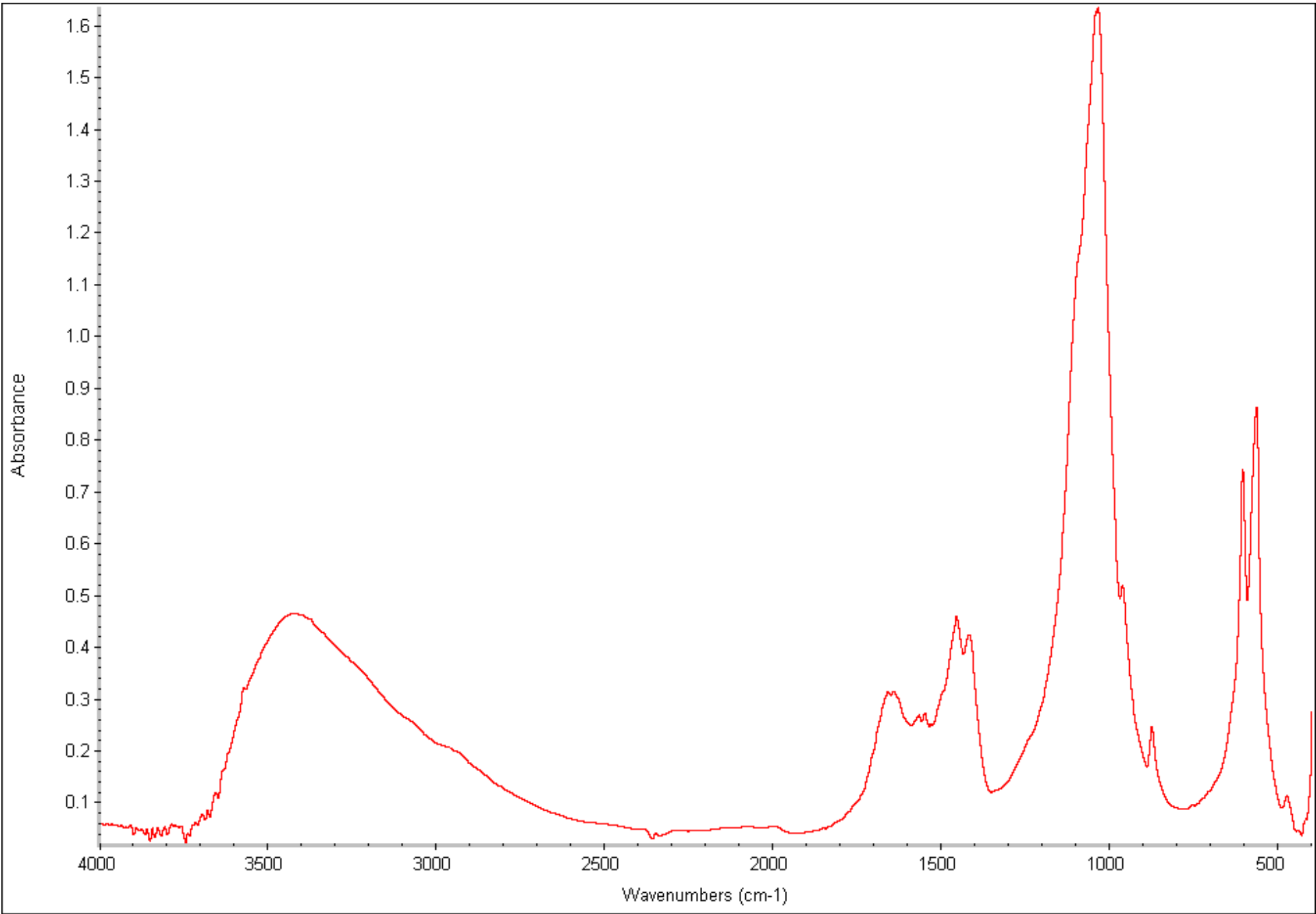
3	Parietal 8	2	P	0	P	A	A	A	A	
3	Maxilar inferior 1-2 (cóndilo izq.)	2	A	0	P	A	A	A	A	
3	Caca G Mano y pie P17 (Pie izq falange medial 5)	2	A?	0	P	A	A	A	A	
3	Fémur/Cresta intertroc. F	4	A	0	P	A	A	A	A	
3	H (2D 4R) Cráneo frontal	4	P	0	P	A	A	A	A	Abrasión post DQ
3	Tibia izq 92-94 (Frag grande)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Tibia izq 92-94 (Frag mediano)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Tibia izq 92-94 (Frag pequeño)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Tibia 5 45-49 (Frag 1)	1	A	1	P	A	A	A	A	Muy similar a 2, 3, 4
3	Tibia 5 45-49 (Frag 2)	1	A	1	P	A	A	A	A	Muy similar a 1, 3, 4
3	Tibia 5 45-49 (Frag 3)	1	A	1	P	A	A	A	A	Muy similar a 1, 2, 4
3	Tibia 5 45-49 (Frag 4)	1	A	1	P	A	A	A	A	Muy similar a 2, 3, 4
3	Falange Prox 3 Pie Der 104	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Carpo trapecio derecho 70	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Metacarpo 3 mano derecha 71	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Costillas 16-19 (Frag 3)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Costillas 16-19 (Frag 4)	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Cervical Axis 50-51 (Frag pequeño)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Proceso transverso torácica 50	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Cervical rasgo 6 3A (66) (55) (fragmento grande)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Cervical rasgo 6 3A (66) (55) (fragmento pequeño)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Facetas cervical (53-59) izq. (Frag 1)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Facetas cervical (53-59) izq. (Frag 2)	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Facetas cervical (53-59) izq. (Frag 3)	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Cuña lateral izq 84	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Metatarso 4 der 96-97	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Pelvis superf. Auricular 32-25	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Peroné sin lateralizar 39	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Metacarpo 4 cabeza 73	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Escápula 28-29	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Metatarso 1 Izq J (60) 94	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Fémur/Cresta intertroc. F	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Metacarpo 4 Izq. B (605) Epíf. (Subad.)	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Semilunar izq. I (59)	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Falange prox. 4 der. Mano der. (10,17)	1	A	1	P	A	A	A	A	Fragmento muy pequeño
3	Mano izq (2 frags) (fal. distal 3) G (12)	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Frag 2	1	P	1	P	A	A	A	A	Fragmento muy pequeño
3	643 Maxilar superior	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Clavícula derecha (porc. lateral) (628)	1	A	1	P	A	A	A	A	

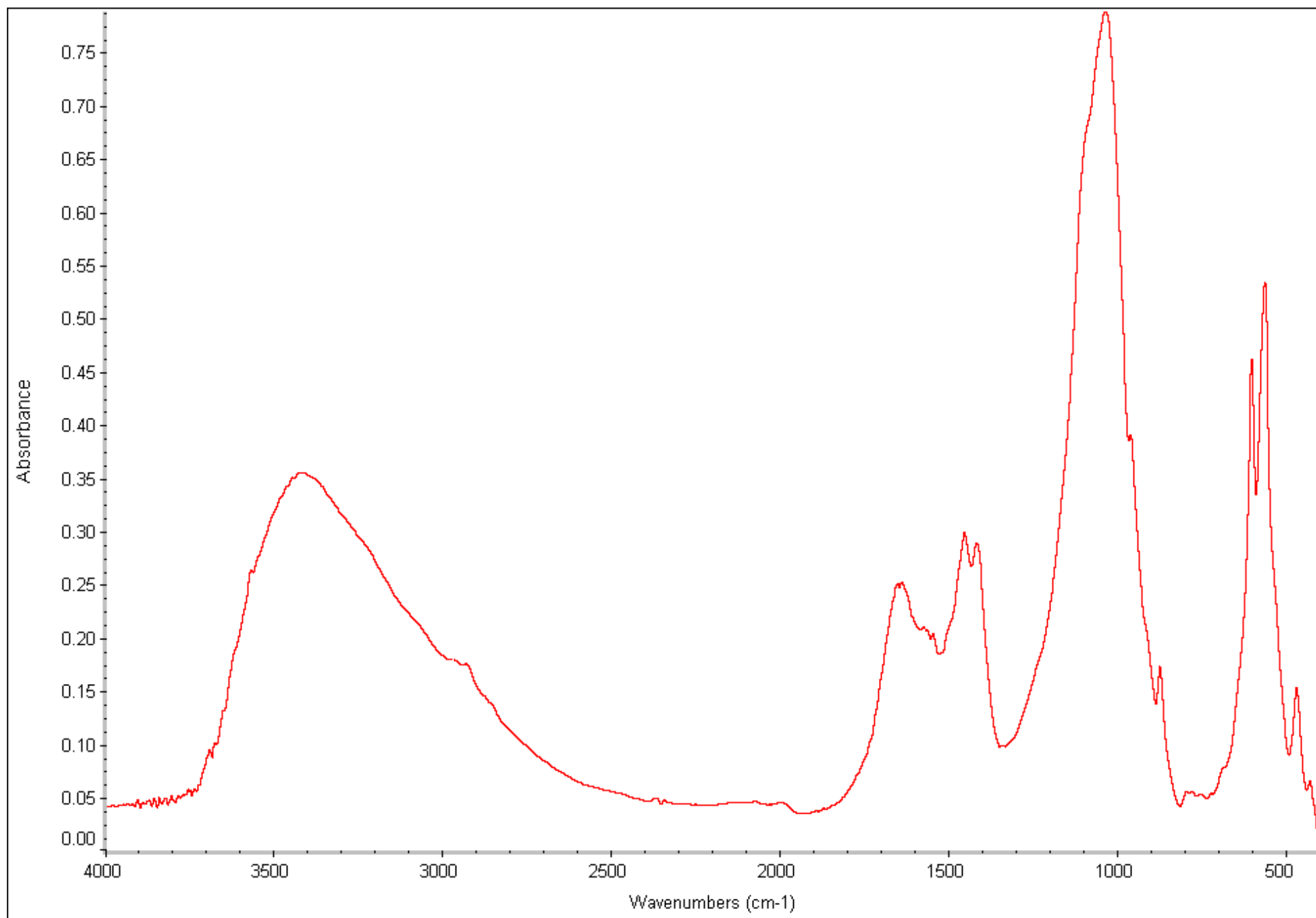
3	Pubis izq. (sínfisis) (631)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Radio (parte distal) (629)	1	P	1	P	A	A	A	A	
3	Costilla, extremo esternal (639)	1	A	1	P	A	A	A	A	
3	Caca P17 Pie Izq Falange Prox 3 (15)	2	P	1	P	A	A	A	A	
3	Pubis-isquium (sin lateralizar) 36	2	P	1	P	A	A	A	A	
3	Mano izq. Falange medial 2 (14)	2	P	1	P	A	A	A	A	
3	Húmero D (4,5) 2 frags	2	P	1	P	A	A	A	A	
3	Cráneo P17 (6,7,8) (Frag peq) (Occip.)	2	A	1	P	A	A	A	A	
3	Costillas (637,638) (Grande)	2	A	1	P	A	A	A	A	
3	Tibia (2 frags) E 9, 10 (Grande)	1	A	2	P	A	A	A	A	
3	Tibia (2 frags) E 9, 10 (Pequeño)	1	P	2	P	A	A	A	A	
3	Cráneo P17 (6,7,8) (frag. gr)	1	A	2	P	A	A	A	A	Deterioro general de periostio
3	Mano izq (2 frags) (fal. distal 1) G (11)	1	A	2	P	A	A	A	A	
3	Frag 1	1	P	2	P	A	A	A	A	Parece haber exfoliación asociada a raíces
3	640 Maxilar inferior	1	P	2	P	A	A	A	A	
3	K (61) Cráneo 001	2	P	2	P	A	A	A	A	
3	Temporal (23)	2	P	3	P	A	A	A	A	Hoyos oscuros pequeños (DQ). Pierde hueso por lascas (meteorización)
3	Parietal (5 frags) (Frag. Grande II)	3	A	3	P	A	A	A	A	Pierde hueso por lascas (meteorización). Abrasión post DQ
5	Costillas izquierdas	-	-	0	-	-	-	-	-	Poco periostio
5	Occipital	-	-	0	-	-	-	-	-	No hay periostio, sólo canales pequeños laberínticos
5	Esfenoides	-	-	0	P	-	-	-	-	No hay periostio, sólo canales pequeños laberínticos
5	Temporales	-	-	0	P	-	-	-	-	Poco periostio
5	Costillas izquierdas (1)	-	-	1	P	-	-	-	-	Poco periostio
5	Costillas izquierdas (3)	-	P	1	P	-	-	-	-	Poco periostio
5	Occipital (3)	-	-	1	P	-	-	-	-	
5	Esfenoides (1)	-	-	-	P	-	-	-	-	Sin periostio, muchos canales delgados
5	Costillas derechas (2)	-	-	-	P	-	-	-	-	Poco periostio
5	Costillas derechas (3)	-	-	-	P	-	-	-	-	Poco periostio
5	Occipital (4)	-	-	-	P	-	-	-	-	
5	Palatinos	1	P	0	A	A	A	A	A	
5	Arcos neur. cervic. (1)	1	A	0	A	A	A	A	A	
5	Manos y pies (3)	1	A	0	A	A	A	A	A	
5	Arcos neurales (1)	1	P	0	P	A	A	A	A	
5	Fémur izq.	1	P	0	P	A	A	A	A	
5	Húmero izq.	1	P	0	P	A	A	A	A	
5	Tibia izq.	1	P	0	P	A	A	A	A	
5	Radio der.	1	A	0	P	A	A	A	A	
5	Cúbito izq.	1	A	0	P	A	A	A	A	
5	Occipital (1)	1	P	0	P	A	A	A	A	
5	Escápulas (Grande)	1	P	0	P	A	A	A	A	
5	Cigomáticos (1)	1	A	0	P	A	A	A	A	

5	Cigomáticos (2)	1	P	0	P	A	A	A	A	
5	Frontales (2)	1	P	0	P	A	A	A	A	
5	Maxilar	1	P	0	P	A	A	A	A	
5	Parietales (fragmento grande)	1	A	0	P	A	A	A	A	
5	Manos y pies (1)	1	A	0	P	A	A	A	A	
5	Manos y pies (2)	1	A	0	P	A	A	A	A	
5	Arcos neurales torác. (3)	1	A	0	P	A	A	A	A	
5	Húmero der.	2	P	0	P	A	A	A	A	
5	Arcos neurales torác. (1)	2	A	0	P	A	A	A	A	Pequeños hoyos redondos
5	Arcos neurales torác. (2)	2	P	0	P	A	A	A	A	Pequeños hoyos redondos
5	Radio izq.	3	A	0	P	A	A	A	A	Deformidad de periostio
5	Tibia der.	1	P	1	P	A	A	A	A	
5	Atlas	1	P	1	P	A	A	A	A	
5	Axis	1	A	1	P	A	A	A	A	
5	Clavícula izquierda	1	P	1	P	A	A	A	A	
5	Frontales (1)	1	P	1	P	A	A	A	A	
5	Arcos neur. cervic. (2)	1	A	1	P	A	A	A	A	
5	Parietales	1	A	1	P	A	A	A	A	
5	Arcos neurales (2)	1	P	-	P	A	A	A	A	
5	Costillas derechas (1)	1	P	-	P	A	A	A	A	
5	Occipital (2)	1	P	-	P	A	A	A	A	

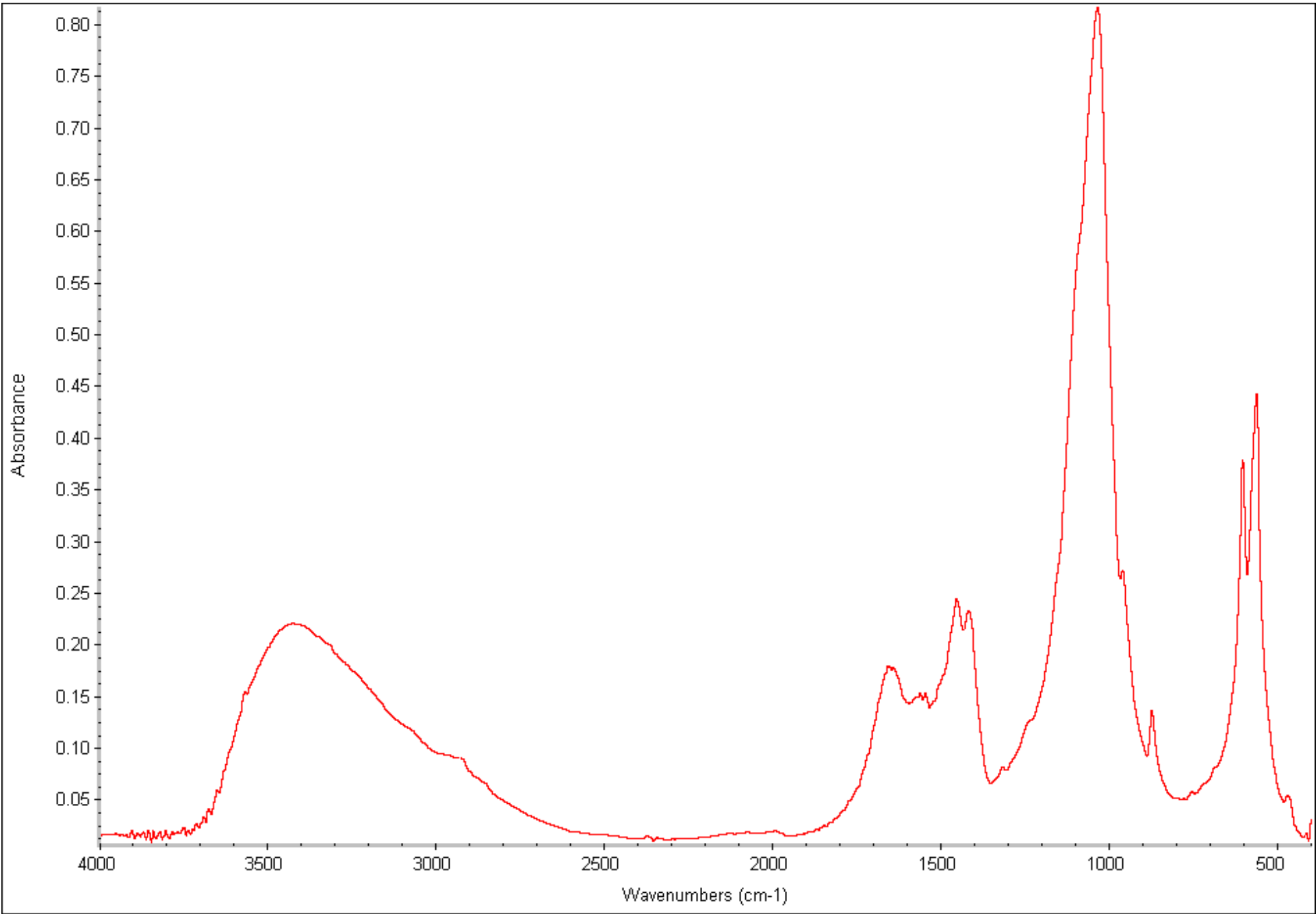


Cacaramoa – Individuo 2 – Fémur Izquierdo

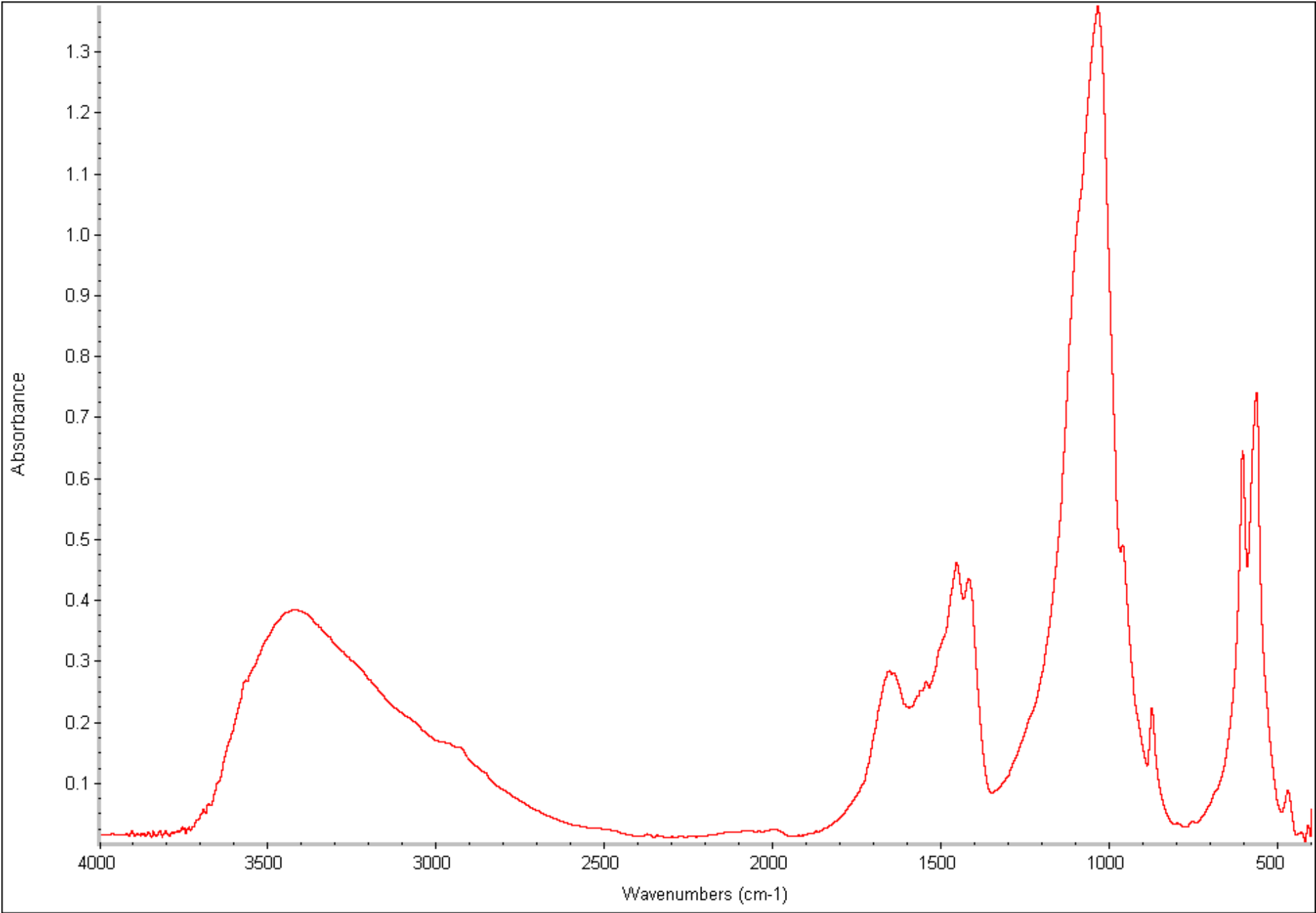




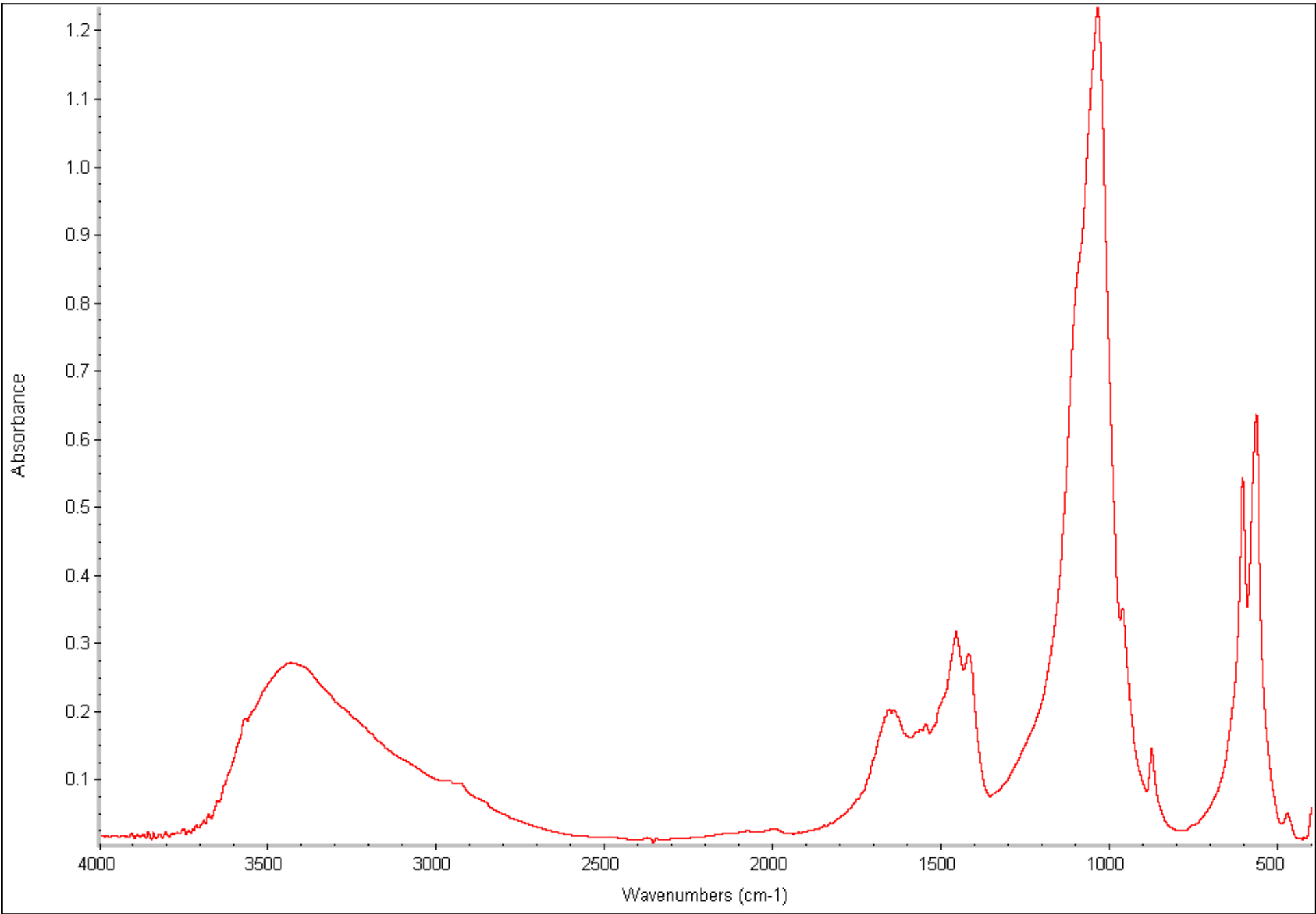
Cacaramoa – Individuo 5 – Fémur Izquierdo



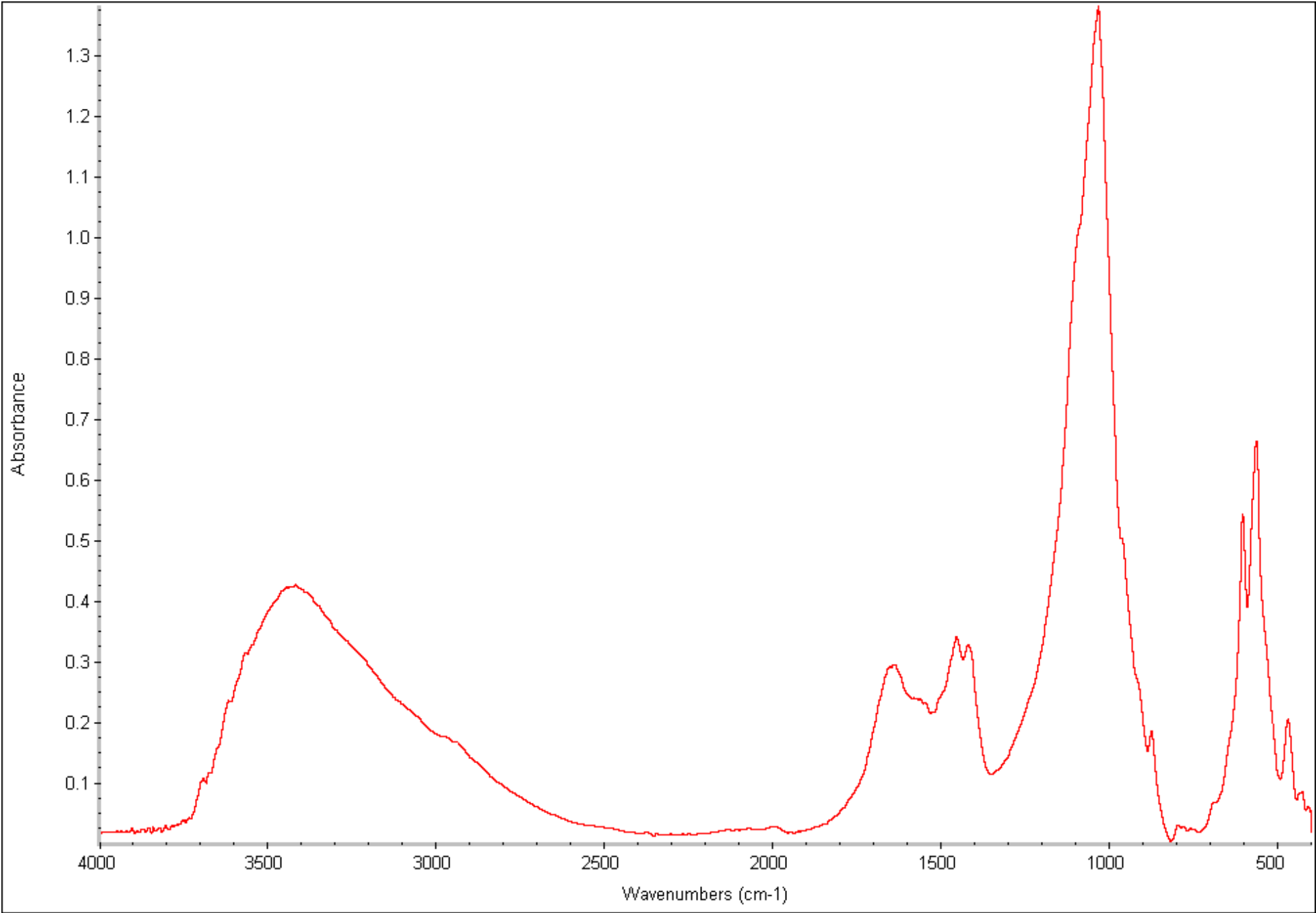
Cacaramoa – Individuo 1 – Tibia izquierda



Cacaramoa – Individuo 2 – Tibia derecha



Cacaramoa – Individuo 3 – Tibia izquierda



Cacaramoa – Individuo 5 – Tibia izquierda

