

CAPÍTULO III

ASPECTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS

INTRODUCCIÓN _____	25
LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO TAFONÓMICO _____	28
ESTRUCTURA BÁSICA DEL HUESO _____	32
LAS FASES MINERAL Y ORGÁNICA DEL HUESO _____	33
TIPOS DE HUESO EN MAMÍFEROS _____	34
IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA Y ANÁLISIS CUANTITATIVOS BÁSICOS _____	36
PROCESOS Y EFECTOS TAFONÓMICOS MACROSCÓPICOS _____	37
METEORIZACIÓN _____	38
MARCAS DE RAÍCES _____	41
ABRASIÓN GEOLÓGICA _____	42
DEPOSITACIÓN QUÍMICA _____	43
ACTIVIDAD DE CARNÍVOROS _____	44
ACTIVIDAD DE ROEDORES _____	46
PISOTEO _____	47
DISOLUCIÓN QUÍMICA _____	48
FRACTURAS ÓSEAS _____	51
ACTIVIDADES RELACIONADAS AL PROCESAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE CARCASAS _____	52

INTRODUCCIÓN

La **tafonomía** fue originalmente definida por Efremov (1940) como la disciplina que estudia las "leyes del enterramiento". Posteriormente diferentes autores la definieron como: "todos los aspectos del pasaje del material orgánico desde la biósfera a la litósfera" (Olson 1980: 5) ; "...es el estudio de los procesos de preservación y cómo ellos afectan la información en el registro fósil" (Behrensmeyer y Kidwell 1985:105); "la reconstrucción de las historias de vida de los fósiles desde el momento en que un animal muere hasta que el hueso es recuperado" (Shipman 1981: 6). La tafonomía incluye no sólo los efectos postmortem que afectan los fósiles y sedimentos, sino también incluye procesos diagenéticos (Olson 1980). La tafonomía se construye teniendo en cuenta las historias postmortem, pre- y post-entierro de los restos faunísticos (Lyman 1994a). En base a las definiciones arriba mencionadas, se considera que la tafonomía de

vertebrados es el estudio de todos los procesos que ocurren en los huesos desde el momento de la muerte de un organismo, a través del entierro, y hasta que los huesos son recuperados y estudiados. Cuando se trata de material óseo recuperado en sitios arqueológicos, la tafonomía incluye tanto los procesos naturales como culturales.

Cada uno de los conjuntos óseos recuperados está compuesto por elementos individuales con sus propias historias tafonómicas, para lo cual es necesario identificar los agentes responsables de los patrones de modificación. Estos agentes perturbadores del registro arqueológico responden a principios y modelos que tienen efectos físicos predecibles (Schiffer 1983, 1987) y por lo tanto pueden ser identificados e inferidos (Politis y Madrid 1988; Nash y Petraglia 1984), lo cual abre una buena perspectiva para el conocimiento de los mecanismos de formación de los sitios arqueológicos (Borrero *et al.* 1988). Como se desarrollará más adelante en este mismo capítulo, los estudios tafonómicos forman parte de los estudios actualísticos, cuyo fundamento teórico descansa en principios uniformitaristas.

Cuando el material óseo se preserva en los sitios arqueológicos, se convierte en una valiosa fuente de información. En este sentido, los huesos proveen datos sobre las conductas humanas, la composición faunística del sitio y del área y constituyen además, datos *proxy* sobre la vegetación y el clima del ambiente donde fueron recuperados. En algunos casos, la información biológica que está contenida en un organismo vivo puede ser ocultada o destruida como resultado de complejos cambios físicos y químicos que usualmente ocurren en los huesos luego de su entierro. En este sentido, si la preservación diferencial no es entendida, puede conducir a la mala interpretación de los análisis faunísticos, de la reconstrucción de la dieta tanto humana como animal, de los fechados radiocarbónicos y de la patología ósea.

Este registro arqueológico donde los huesos forman parte, constituye el marco de referencia para realizar inferencias acerca de la subsistencia de sociedades prehistóricas ya que incluyen una gran variedad de expresiones de la conducta humana de dichas poblaciones. En este sentido, la tafonomía contribuye a generar un *corpus* básico de información que facilita la identificación de

contextos primarios versus secundarios en un sitio arqueológico (Binford 1981; Shipman 1981). El estudio de la tecnología ósea, así como de la distribución espacial y temporal, la modificación y la frecuencia de los huesos proveen una información valiosa sobre la interacción entre las sociedades humanas y el ambiente (por ejemplo, patrones de subsistencia y estrategias de matanza y procesamiento de las presas por parte de las sociedades cazadoras-recolectoras prehistóricas) (Shipman 1981; Johnson 1985; Lyman 1994a).

Los estudios tafonómicos aportan importantes datos para entender cómo los procesos tafonómicos afectan los análisis cuantitativos y la distribución espacial de los materiales óseos dentro del sitio y para comprender la diferencia entre el conjunto óseo recuperado y la comunidad biótica en la cual se originaron (Morlan 1980; Lyman 1994a). Además, los resultados de los estudios sobre modificación, integridad, identificación, frecuencia, distribución espacial y temporal de los restos óseos proporcionan una adecuada base de datos para examinar, en los registros arqueofaunísticos, los patrones de subsistencia, prácticas de matanza y procesamiento, tecnología de fracturas óseas, y el uso de los huesos como un recurso o materia prima. Por otra parte, los estudios tafonómicos llevados a cabo en el registro óseo humano permiten examinar las condiciones potenciales de modificación tanto naturales como culturales antes, durante y con posterioridad a las prácticas mortuorias y a los enterramientos.

La **historia tafonómica** de un conjunto óseo es un modelo de inferencia de eventos tafonómicos sucesivos, construido a partir de agentes y procesos responsables de la estructura dada de un sitio arqueológico. Un **agente tafonómico** es la causa física de la modificación producida a un hueso y al conjunto óseo (por ejemplo, hidrología, homínidos, carnívoros, etc.). Un **proceso tafonómico** es la acción de un agente sobre un hueso y el conjunto óseo (por ejemplo, el transporte hídrico, fractura, etc.); y un **efecto tafonómico** es la modificación resultante de la alteración sufrida por el hueso y el conjunto óseo (Johnson 1985; Gifford-Gonzalez 1991; Lyman 1994a).

Es necesario destacar que en estos tipos de estudios, al responder a eventos históricos singulares con características únicas, los **modelos tafonómicos** resultan útiles dentro de áreas limitadas. Los análisis de tipo

regional son necesarios a los fines de conocer los potenciales procesos, qué agentes los producen y en qué condiciones actúan, a los efectos de controlar la distorsión producida en contextos arqueológicos (Borrero 1988a). La definición de regiones tafonómicas incluye la escala apropiada para captar las diferentes combinaciones, magnitudes y ritmos determinados por la acción de agentes y los procesos generados por los mismos. De esta manera se busca elaborar mapas de zonas de factibilidad de determinadas distorsiones (Borrero 1988a).

LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO TAFONÓMICO

La tafonomía forma parte de los estudios actualísticos y por ende, contribuye a la construcción de teoría de rango medio (*sensu* Binford 1977). Esta teoría de rango medio se apoya en observaciones empíricas acerca de los procesos y principios responsables de la formación del registro arqueológico con el fin de interpretar las conductas de las sociedades prehistóricas (Binford 1977; Yacobaccio 1991; Bettinger 1991). Debido entonces a los propósitos de las investigaciones arqueológicas, el hecho de entender el impacto de dichos procesos en el registro arqueológico es crucial ya que ofrecen la posibilidad de distinguir entre los restos materiales de origen antrópico o de origen natural. Los experimentos y observaciones de los estudios actualísticos proveen una fuente valiosa de información para luego hacer inferencias, a través de un proceso analógico, de la intensidad y tipo de procesos que pudieron afectar a un organismo desde su muerte hasta que es estudiado.

En los últimos años, los estudios sobre modificaciones óseas han utilizado la información proveniente de observaciones y experimentos contemporáneas “...to specify causal linkages between the action of various agents on bones and the physical results of those actions” (Gifford-González 1991: 216). En este sentido, los estudios actualísticos, basándose en principios uniformitaristas, buscan disminuir la ambigüedad entre las causas y los efectos, cuya relación determinó la formación de sitios arqueológicos particulares. Estas relaciones causales pueden ser entendidas en términos de principios que actuaron en el

pasado y actúan en el presente. El objetivo principal de los estudios actualísticos es el de ofrecer información acerca de las causas y los contextos bajo los cuales los efectos dejados han sido producidos (Gifford-González 1991; Yacobaccio 1991). Así, reduciendo la ambigüedad, el proceso inferencial a partir del registro arqueológico tiene grandes posibilidades de ser correcto (Binford 1983).

Las sucesivas replicaciones de un experimento sobre procesos tafonómicos y las observaciones de eventos naturales permiten demostrar que un agente particular está relacionado a un tipo de modificación específica. En este sentido, los experimentos y las observaciones constituyen dos fuentes valiosas de información para el tafónomo (Reitz y Wing 1999). Los experimentos ofrecen la oportunidad de controlar artificialmente y de este modo, medir directamente, las variables que el investigador desea estudiar. Por otro lado, en las observaciones de campo no existe la posibilidad de manipular variables pero ofrece la oportunidad de registrar los sucesivos estadios durante el proceso natural de enterramiento (por ejemplo, documentar la posición de los miembros de la carcasa, la descomposición de los tejidos blandos y la resultante dispersión de los huesos, la aparición de material fragmentado o mordisqueado por carroñeros, pisoteado o meteorizado, etc).

Según Marean (1995) es posible identificar dos tipos de tafonomía en base a la metodología empleada para generar el conocimiento tafonómico y, específicamente, al modo de relacionar los argumentos que vinculan la traza con el o los agentes causales. Un tipo de tafonomía enfatiza los estudios actualísticos (*actualistic taphonomy*, *sensu* Marean 1995) como primer paso para la generación del conocimiento tafonómico. Este tipo de tafonomía está influido metodológicamente por principios de las ciencias naturales y experimentales, en donde el analista tiene tanto la posibilidad de observar el proceso y el patrón resultante directamente como la de controlar los parámetros del proceso observado. Es decir, la relación entre el efecto y la causa parecieran ser incuestionables ya que el analista tiene la oportunidad de observar el proceso directamente. El otro tipo de tafonomía (*comparative method*, *sensu* Marean 1995), enfatiza en los efectos tafonómicos como paso inicial para generar dicho conocimiento y utiliza el método comparativo como herramienta metodológica

(Gifford 1981; Klein y Cruz-Urbe 1984). Los modelos explicativos que resultan de la aplicación de este método son el resultado del estudio de las trazas pero en ausencia de la observación, por parte del analista, del proceso. Esta última aproximación utiliza también la información resultante de los estudios actualísticos pero diseñados ya sea en el área de estudio o en otras áreas, por el investigador o por otros investigadores. Cada una de las vías metodológicas arriba mencionadas y, en consecuencia, los dos diferentes tipos de tafonomías resultantes, pueden asociarse según Marean (1995) a disciplinas como la zooarqueología y a la paleontología, respectivamente.

De todos modos, no todas las variables que participan en la naturaleza son estrictamente controlables ni todos los paleoambientes pueden llegar a replicarse en diseños experimentales actuales. Es decir, la incertidumbre sobre la relación unívoca causa-efecto sigue presente en ambos tipos de tafonomía. Sin embargo, el mecanismo lógico de generación del conocimiento tafonómico es diferente, sin por eso dejar de ser correcto cualquiera de los dos. El método comparativo pareciera moverse más en el ámbito de la inducción y deducción continua, mientras que la tafonomía actualística aplica el método hipotético-deductivo de las ciencias naturales. Ambos utilizan a la analogía como una herramienta clave para la interpretación, tal vez en distintos momentos y con diferente énfasis durante la cadena interpretativa. Entonces, existe una forma de hacer tafonomía mejor que la otra? Se considera que la decisión sobre la elección de un tipo u otro de tafonomía pasa por las preguntas que los investigadores intentan resolver a partir de una aproximación tafonómica, la disciplina dentro de la cual se enmarquen dichos estudios, la región seleccionada para llevar a cabo las investigaciones, el conocimiento paleoambiental previo en dicha región y, por supuesto, las posibilidades de realizar estudios actualísticos en el área. En consecuencia, la respuesta sería que no existe un tipo de tafonomía mejor que la otra. Por el contrario, se cree que los datos que puede obtenerse de cada una constituye fuentes de información valiosas y complementarias que los investigadores deberían explorar indistintamente.

Dadas las características particulares de la región pampeana en donde existe un bajo grado de visibilidad arqueológica, la casi total ausencia en los

ambientes actuales de la región de las especies recuperadas en los sitios arqueológicos (e.g., guanaco, venado, megafauna, etc.) y un alto impacto en los ambientes debido a la actividad agrícola intensa, hacer uso de una metodología donde se enfatice los efectos tafonómicos como pasos iniciales para la construcción de modelos o historias tafonómicas parece una metodología adecuada, siempre y cuando se respeten los niveles jerárquicos de inferencia. Sin embargo, esto no significa que simultáneamente a la aplicación del método comparativo para construir el conocimiento tafonómico no deban plantearse diseños actualísticos. A pesar de que resulte casi imposible replicar las situaciones del pasado en la actualidad, siempre es posible obtener información útil sobre algún proceso en particular (e.g., tasa de desarticulación y de depositación de partes esqueléticas, distancias de desplazamiento entre elementos óseos, etc.).

Se considera que el mayor problema metodológico en la generación del conocimiento tafonómico no reside en la posibilidad de equivocación en el proceso formal de identificación de los efectos tafonómicos, actualmente esta situación ha sido parcialmente superada, sino en hacer inferencias sobre el contexto ecológico (*sensu* Gifford-González 1991) en el cual dicha relación se produjo. Y es aquí donde la tafonomía actualística pasaría a cumplir un rol protagónico ya que brinda la posibilidad de observar o controlar directamente dicho contexto ecológico. Una forma de cubrir la ausencia de estudios actualísticos en la región con el fin de maximizar y aumentar la confianza en la relación causa-efecto sería utilizando marcos de referencia, información contextual y líneas de evidencias independientes (Binford 1987, 2001; Lyman 1987; Gifford-González 1991).

Con respecto a los niveles jerárquicos de inferencias dentro del método comparativo se propone lo siguiente: los efectos tafonómicos identificados en una colección ósea de un sitio deben ser útiles, en primera instancia, para reconocer patrones y estos patrones deben luego conducir a proponer las causas que los generaron. Ahora bien, las conclusiones de este análisis tienen un alcance acotado, el de sitio. Con este conocimiento se puede hacer generalizaciones a nivel de registro arqueológico, el cual puede ser comparado con el generado en

otros sitios bajo metodologías similares y, sólo posteriormente, algunas de las variables serán las apropiadas para la construcción de las historias tafonómicas a una escala más amplia, por ejemplo areal o regional.

Como ya se ha mencionado en el Capítulo 2 de esta tesis, el grado de desarrollo de estudios actualísticos relacionados con la investigación tafonómica en la región pampeana es escaso y estos estudios están aún poco explorados. No hay dudas de que existen intentos aislados y observaciones no sistemáticas en varios puntos de la región y de temas variados. Sin embargo, es notable la ausencia de un *corpus* de información tafonómica generado desde una perspectiva actualística. Sería interesante entonces que todos aquellos investigadores que trabajan en este tema puedan aunar esfuerzos e integrar la información para hacer esta transición inferencial más segura y sobre bases más sólidas.

ESTRUCTURA BÁSICA DEL HUESO

Los huesos constituyen el esqueleto de los vertebrados y, en general, son los restos que se preservan de los mismos en los sitios arqueológicos. Los huesos son capaces de retener información tafonómica ocurrida en el pasado y, en algunos casos, proveen valiosos datos biológicos de eventos pasados (Garland 1987a, 1987b, 1989; Nicholson 1996; Colson *et al.* 1997; Lyman 1994a; Reitz y Wing 1999). En otras palabras, las partes esqueléticas registran la historia de vida de un individuo, tanto ante-mortem como post-mortem. Las alteraciones físicas y químicas del material óseo arqueológico son mejor entendidas cuando la estructura básica de los huesos es conocida, ya que ofrecen un parámetro para medir las modificaciones.

El hueso es un tejido heterogéneo, dinámico y que presenta una alta jerarquización estructural, capaz de responder exitosamente a los *stress* ambiental y mecánico (Stout 1989; Lakes 1993). Es una estructura formada por dos componentes, la fase mineral (contiene calcio, fosfato, carbonato, nitrato, sodio, magnesio, fluoruro e iones citrato) y la fase orgánica que está compuesta

principalmente por proteína colágena (Junqueira y Carneiro 1991; Antoine *et al.* 1992; Newesely 1989). Aunque la proporción de estos componentes en los huesos es variable, el promedio de la composición por peso es aproximadamente 80% mineral y 20% proteína. La fase mineral de los tejidos esqueléticos le otorga a los mismos rigidez y dureza y la porción orgánica le brinda resistencia y elasticidad (Currey 1984).

LAS FASES MINERAL Y ORGÁNICA DEL HUESO

La fase mineral de un hueso es una forma carbonatada de hidroxiapatita no estequiométrica. En general, la fórmula de la hidroxiapatita que normalmente se utiliza es aquella que corresponde a la unidad de la célula, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_2$. Sin embargo, la hidroxiapatita presente en los huesos no es la misma que cualquiera de las apatitas geológicamente formada. Esta forma se la denomina comúnmente bioapatita. Los cristales de bioapatita formados biológicamente constituyen una estructura iónica de pequeñas dimensiones (20-50 x 400-500 x 200-250Å) la cual otorga al hueso un área superficial muy grande en relación al volumen, aproximadamente $85\text{-}170\text{ m}^2\text{g}^{-1}$ (Lowenstam y Weiner 1989). Esta naturaleza iónica de la hidroxiapatita permite la sustitución de iones con otros de similar carga y tamaño. Estas dos propiedades de la estructura mineral convierten al hueso en un material muy susceptible a las alteraciones provenientes de ambientes geológicos y químicos. Este tipo de alteración ocurre a través de la incorporación y absorción de elementos diagenéticos y por la introducción de cambios estructurales y químicos a los signos biológicos originales que se incorporan a la matriz ósea durante el transcurso de la vida de un individuo.

El colágeno constituye la principal proteína de la fracción orgánica (aproximadamente el 90% por peso). Esta proteína es una cadena tripolipéptida trenzada juntas hacia la derecha en una hélice. Los otros componentes orgánicos del hueso (aproximadamente el 10% por peso) están agrupados bajo el término genérico de proteína no colágena (e.g., osteonectina, osteocalcina, entre otras) (Junqueira y Carneiro 1991).

Las moléculas de colágeno se combinan para formar fibras con espacios entre sus moléculas. Estos espacios se completan con cristales minerales del hueso que se depositan a través de las fibras colágenas (Figura III.1). El tipo de conexión que se establece entre la bioapatita y las fibras de colágeno determina la dureza y resistencia del hueso (Burr 1987).

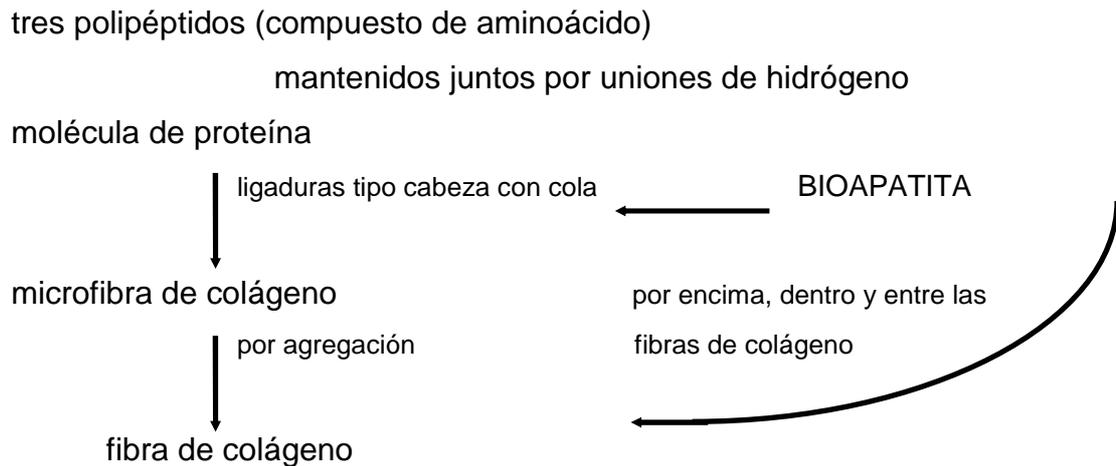


Figura III.1. Composición jerárquica del hueso a nivel ultraestructural.

TIPOS DE HUESO EN MAMÍFEROS

Existen tres tipos distintos de hueso en mamíferos que se clasifican de acuerdo a la diferente organización química, molecular y celular de las fibras colágenas (Burr 1987; Currey 1984):

Hueso fibrilar (*woven-fibered bone*): se caracteriza por una distribución al azar de las fibras colágenas en la sustancia fundamental sin una orientación preferencial. En general, se dispone muy rápidamente y no necesita para desarrollarse un modelo previo de tejido duro o cartílago. Este tipo de hueso puede encontrarse principalmente durante el desarrollo del hueso en el feto o en áreas del hueso donde ocurren cicatrizaciones de infecciones o fracturas (Currey 1984).

Hueso primario: las fibras colágenas están alineadas y dispuestas en láminas. Estas fibras yacen dentro del plano de la lámina, es decir, no la

atraviesan. El hueso primario crece en forma más lenta que el hueso fibrilar y se deposita en un hueso o cartílago preexistente. Existen tres tipos diferentes de hueso primario en base a la morfología (Burr 1987).

Hueso lamelar primario: este tipo de hueso se dispone en forma de anillos circulares alrededor de la circunferencia endóstica y perióstica (*endosteal and periostial circumference*), cubriendo el perímetro completo del hueso.

Hueso plexiforme: esta forma de hueso es característica de grandes mamíferos que poseen una tasa de crecimiento rápida. Se deposita rápidamente y tiene mejores propiedades mecánicas que el tejido fibrilar. Una vez depositado, este tipo de hueso tiene la apariencia de una pared hecha con ladrillos en la cual estos últimos sería el hueso y el adhesivo estaría constituido por la sustancia interlamelar que cementa (Burr 1987).

Osteones primarios: éstos están compuestos de anillos laminares concéntricos, osteocitos y de un canal vascular central. La diferencia principal entre osteones primarios y secundarios radica en que el primero no presenta la línea de cemento que rodea los anillos laminares concéntricos, tiene canales vasculares más pequeños y menos láminas que los osteones secundarios. Estas características hacen a los osteones primarios más fuertes que los secundarios (Burr 1987; Currey 1984).

Hueso secundario o Haversiano: en este tipo de hueso, un vaso sanguíneo está rodeado por hueso preexistente que es luego absorbido por los osteoclastos, la cavidad se rellena por hueso lamelar y se deposita una funda de cemento. La presencia de este cemento rodeando los osteones es una diferencia importante para distinguir histológicamente entre tipo de hueso primario y secundario (Currey 1984). El hueso secundario está normalmente formado a partir de hueso primario preexistente o de osteones secundarios más viejos. La presencia de la línea de cemento y el incremento en el número de canales Haversianos hacen que el hueso secundario sea estructuralmente más débil que el hueso primario en lo que respecta a las propiedades mecánicas (Burr 1987).

Los huesos compacto y esponjoso constituyen el orden final de la estructura altamente jerárquica del tejido esquelético. El primero es duro y sólido con pequeños espacios vasculares. El tejido esponjoso (o trabecular) se

caracteriza por grandes espacios y cavidades de tejido blando (Currey 1984; Junqueira y Carneiro 1991; Schultz 1997). El hueso compacto se encuentra en las diáfisis de los huesos largos y el tejido esponjoso en las vértebras, las epífisis y los huesos planos.

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA Y ANÁLISIS CUANTITATIVOS BÁSICOS

Los materiales óseos recuperados en los sitios estudiados fueron identificados tanto anatómicamente como taxonómicamente utilizando colecciones comparativas. Estas determinaciones adquieren relevancia para determinar la importancia económica de las presas explotadas, inferir la estructura del conjunto muerto a partir de una determinada muestra, determinar la abundancia taxonómica y anatómica y relacionarlas a aspectos culturales, infiriendo patrones conductuales y guiando la interpretación paleoambiental (Mengoni Goñalons 1988).

Dentro de las medidas de abundancia taxonómica se calculó en este trabajo el NISP y el MNI. El NISP o número de especímenes óseos identificados por taxón corresponde a la suma del número de huesos o fragmentos que son asignados a él dentro de un contexto determinado, constituye una unidad observacional. El MNI o mínimo número de individuos da cuenta de los especímenes óseos identificados para un taxón determinado (Grayson 1984; Klein y Cruz Uribe 1984; Lyman 1985). Los criterios utilizados para su cálculo fueron la lateralidad, el estado de fusión de las epífisis y las mediciones osteométricas para los huesos del carpo y tarso. En aquellos casos donde no pudo definirse la lateralidad y el NISP resultó impar, el criterio seguido en este trabajo fue el de redondear el MNI al número menor. Varias son las ventajas y desventajas que presentan la determinación del NISP y MNI (para su discusión en extensión ver Grayson 1984; Klein y Cruz Uribe 1984; Mengoni Goñalons 1988; Yacobaccio y Madero 1992; Lyman 1994a, 1994b).

Se considera que las presas obtenidas por los cazadores raramente ingresan a los sitios arqueológicos enteras, por ello el cálculo de las medidas de

abundancia de partes esqueléticas tales como MNE, MAU y MAU% son de gran importancia ya que pueden registrar qué unidades anatómicas ingresaron efectivamente al sitio y observar el uso que se hizo de estos animales como alimento (Yacobaccio y Madero 1992).

El MNE o número mínimo de elementos corresponde a las veces que cada unidad anatómica está representada en la muestra independientemente de la lateralidad donde provenga. Así, esta medida es determinada por la suma de las fracciones que pueden pertenecer a un mismo hueso (Klein y Cruz Uribe 1984; Mengoni Goñalons 1988; Yacobaccio y Madero 1992).

El valor del MAU, unidades anatómicas mínimas, es calculado para cada unidad anatómica dividiendo el MNE de cada una de ellas por las veces que esa parte anatómica está presente en el esqueleto completo (Klein y Cruz Uribe 1984). El MAU% se utiliza para medir la abundancia relativa entre las distintas unidades anatómicas (no las frecuencias absolutas). Se estandariza a los valores expresados como porcentajes de acuerdo al MAU con frecuencia más alta (100%) y permite discutir la estructura interna del conjunto comparando la distancia entre las distintas unidades anatómicas dentro del mismo (Klein y Cruz Uribe 1984)

Con el Índice de Supervivencia se comparan las frecuencias halladas para cada parte anatómica con la frecuencia esperada que se obtiene multiplicando el MNI por las veces que esa unidad anatómica aparece en el esqueleto. Así se estandariza respecto al MNI general, no segmentado en porciones distales y proximales. Este índice se utiliza para comparar la estructura de la muestra respecto de las frecuencias de las distintas partes del esqueleto de un individuo completo (Mengoni Goñalons 1988).

PROCESOS Y EFECTOS TAFONÓMICOS MACROSCÓPICOS

Varios procesos comienzan a operar una vez que el organismo ha muerto y hasta que sus restos esqueléticos son recuperados y analizados. En consecuencia, es importante identificar los procesos y los agentes responsables de un efecto dado con el fin de inferir la historia tafonómica del conjunto óseo.

Como se ha expresado más arriba, las observaciones hechas en ambientes modernos y la experimentación controlada (estudios actualísticos) contribuyen a distinguir los criterios de identificación de cada proceso tafonómico.

Los efectos tafonómicos macroscópicos pueden preservarse en la superficie cortical de los huesos, en los patrones de fractura o en la distribución espacial de los elementos óseos. Las marcas corticales incluyen las líneas de desecación, exfoliación, abrasión, grabados de raíces, hoyos de disolución química, marcas de roedores, marcas de carnívoros, pisoteo y marcas de corte, entre otras. Una fuerza estática o dinámica produce dos tipos principales de fractura denominadas fractura helicoidal (hueso en estado fresco) y falla de tensión horizontal (hueso en estado seco) (Johnson 1985).

Con el fin de llevar a cabo los objetivos de este trabajo de tesis, los huesos fueron analizados a nivel macroscópico, a excepción de aquellos casos en donde un examen más detallado fuera necesario. En estos casos, se condujeron análisis microscópicos utilizando tanto lupa binocular como microscopio electrónico de barrido (MEB), siguiendo los procedimientos metodológicos establecidos por Shipman (1981), Rose (1983) y Shipman y Rose (1983). Se presenta a continuación una breve discusión de los procesos naturales y culturales más comunes, los criterios de identificación de los mismos y la metodología empleada para su relevamiento.

METEORIZACIÓN

Behrensmeyer (1978:153) define la meteorización como *“the process by which the original microscopic organic and inorganic components of bone are separated from each other and destroyed by physical and chemical agents operating on the bone in situ, either on the surface or within the soil zone.”* Behrensmeyer (1978) identifica criterios macroscópicos de meteorización ósea para contextos en superficie y establece seis estadios aplicables a mamíferos >5kg.

La tasa de cambios físicos y químicos que se produce en el hueso y el patrón resultante depende de las condiciones del ambiente inmediato, tanto superficial como de entierro, y de la cantidad de tiempo que el hueso permanece expuesto a la meteorización. El estudio de meteorización que presenta un hueso es un intento de medir la duración de este proceso, i.e., por cuánto tiempo el hueso ha sido expuesto a los agentes de meteorización. Sin embargo, la relación entre los rasgos de meteorización macroscópicos y la duración de este proceso no constituye una simple asociación (Lyman y Fox 1989; Lyman 1994a). Varias variables juegan un rol importante en la determinación del grado de meteorización de un hueso. Estas variables incluyen las condiciones iniciales del hueso (e.g., taxa, elementos esqueléticos, edad del individuo, tasa de decaimiento de los tejidos blandos, historia de la acumulación), el microambiente de depositación (e.g., vegetación, química del suelo, temperatura, humedad) y la duración de la exposición a agentes de la meteorización.

Los resultados experimentales sugieren que existen diferentes tasas de meteorización dependiendo de los distintos taxa (tamaño corporal) y elementos esqueléticos (Behrensmeyer 1978; Todd *et al.* 1987; Gifford 1981). La densidad estructural y/o la porosidad de los elementos esqueléticos tienen influencia sobre la velocidad en la cual un taxon determinado o un hueso se puede meteorizar (Lyman y Fox 1989). Sin embargo, se desconoce qué huesos o taxa se meteorizan más rápida o lentamente. La edad del individuo al momento de la muerte también determina la tasa de meteorización. Los huesos de individuos inmaduros presentan una proporción y organización diferencial de los componentes químicos y, en consecuencia, una densidad estructural y porosidad diferente que los individuos maduros. La degradación de los tejidos blandos o la remoción de los mismos de las carcasas controla el momento en que comienza la exposición, ya que estos tejidos protegen los huesos de los agentes de la meteorización. La historia de acumulación de un conjunto (los agentes tafonómicos previos que debilitan al hueso) aceleran o retardan la tasa de meteorización.

Las fluctuaciones climáticas (e.g., temperatura, humedad), la química del suelo y la vegetación son variables importantes que caracterizan el microambiente

inmediato en el cual los huesos son depositados. La interacción dinámica entre estas variables tanto en contextos superficiales como subsuperficiales influyen la tasa de meteorización (Behrensmeyer 1978; Todd y Frison 1986; Lyman y Fox 1989).

A pesar de conocerse que los huesos se deterioran a través de una secuencia de meteorización continua, la cual comienza en la superficie y persiste dentro de la zona del suelo, no es posible distinguir los rasgos diagnósticos de la meteorización superficial y subsuperficial (Todd y Frison 1986; Todd *et al.* 1987; Lyman y Fox 1989). Mientras se cree que los huesos enterrados se meteorizan a una tasa menor que los huesos expuestos (Lyman y Fox 1989), no ha sido todavía desarrollada una metodología para distinguirla (Barrientos y Gutierrez 1996). Las modificaciones de la meteorización de la superficie cortical de los huesos incluyen líneas y grietas de desecación y exfoliación. Las líneas y grietas son respuestas a la desecación que se produce entre el colágeno, en una dirección paralela al eje longitudinal del hueso (Ruangwit 1967). La exfoliación se presenta cuando el hueso está aún expuesto en la superficie, resultando en la delaminación de la superficie cortical a lo largo del eje longitudinal (Behrensmeyer 1978; Johnson 1985). Los huesos meteorizados que han perdido su materia orgánica responden a fuerzas físicas y a otros agentes tafonómicos en forma diferencial con respecto a los huesos frescos, los cuales preservan aún el contenido de humedad. Los huesos meteorizados siguen un camino diferente en la historia tafonómica de un conjunto en relación a aquellos huesos que no están meteorizados por el simple hecho de que los primeros tienen sus propiedades originales alteradas, que afectan de este modo la resistencia del tejido esquelético (Johnson 1985).

En este trabajo, los criterios utilizados para la identificación de la meteorización aérea han sido la presencia de líneas y grietas de desecación y la exfoliación. Para el primero de los criterios se prestó especial atención a la distinción entre líneas y grietas actuales, es decir, aquellas que se producen una vez que los huesos han sido removidos de su ambiente de depositación, producto de la continua búsqueda de equilibrio con su nuevo ambiente (habitaciones de museos, universidades, etc.). La diferencia entre unas y otras radica en los bordes

y el interior de las mismas, los cuales se presentan “limpios y frescos” en las líneas y grietas actuales.

MARCAS DE RAÍCES

Las raíces de la gran mayoría de la vegetación eliminan ácido húmico que producen, cuando entran en contacto con la superficie cortical del hueso, marcas grabadas sobre dicha superficie. No se conoce completamente si la causa de tal patrón es el resultado de la disolución de ácidos asociados con el crecimiento y degradación de las raíces o por hongos asociados con la descomposición de las plantas (Behrensmeyer 1978; Morlan 1980; Grayson 1988). Aunque la presencia del grabado de las raíces sobre la superficie del hueso indica que en algún punto de su historia tafonómica el hueso vivió en un ambiente con vegetación, no se conoce aún qué clase de raíces de plantas crean el patrón de surcos poco profundos característicos del grabado o el tiempo necesario que debe transcurrir para que una raíz grabe un surco distinguible.

Existen otras dos formas en que las raíces pueden contribuir a la historia tafonómica del conjunto subfósil, una es en la fractura del hueso y la segunda es la distribución espacial de los mismos. Además, las marcas de raíz pueden obliterar otras marcas previas que también han alterado la superficie cortical del hueso (e.g., marcas de despostamiento). A través de la aplicación de una fuerza mecánica, el crecimiento de las raíces puede fracturar el tejido esquelético si la raíz penetra al interior del mismo a través de las grietas de desecación ya existentes en la porción más cortical del hueso (Behrensmeyer 1978). Esta actividad de las raíces puede resultar en la destrucción del hueso trabecular y en la profundización de las líneas de desecación. Además, la presencia de marcas de raíces en la superficie de una fractura ósea puede ser indicativa del tiempo relativo transcurrido desde dicha fractura (White 1992). Por último, las raíces pueden alterar la organización de los huesos modificando su posición original.

En este trabajo los criterios utilizados para la identificación de marcas de raíces han sido la presencia de surcos pocos profundos y anchos. El fondo de

estos surcos tiene forma redondeada. En general, las marcas de raíces se reconocen fácilmente, ya que presentan un patrón dendrítico con surcos curvos, irregulares y multidireccionales.

ABRASIÓN GEOLÓGICA

La abrasión ocurre como resultado de la erosión física y su consecuente remoción de la superficie cortical del hueso provocada por un impacto constante de un material duro (e.g., partículas de sedimento) sobre el hueso (Bromage 1984; Shipman y Rose 1988). Varios procesos tafonómicos naturales pueden abradir el hueso, tales como pisoteo y las actividades fluviales y eólicas (Lyman 1994a). Las observaciones experimentales sugieren que la distribución de las modificaciones causadas por la abrasión sobre la superficie cortical del hueso es un rasgo macroscópico útil para identificar qué proceso pudo haber sido responsable de dicha abrasión. Además, los trabajos experimentales también han permitido la identificación de los factores que influyen en la tasa y naturaleza de la abrasión del hueso (Shipman y Rose 1988). Estos factores incluyen: la composición y el tamaño del grano de las partículas sedimentarias que impactan sobre la superficie del hueso, la cantidad de tejido blando aún remanente en el hueso, la historia tafonómica del hueso desde el comienzo de la exposición del mismo a los agentes abrasivos y la presencia o ausencia de agua mientras este proceso ocurre (Shipman y Rose 1988).

La abrasión natural puede ser diferenciada de la abrasión de origen antrópico ya que la primera no produce el pulido brillante característico de los huesos que presentan desgaste por uso (Shipman 1988). Además, la abrasión natural se encuentra comúnmente distribuida en forma homogénea en toda la superficie del hueso y no limitada a una porción de la misma (Johnson 1985; Shipman y Rose 1988; Lyman 1994a). La actividad hidrológica puede abradir los huesos de dos modos diferentes, a través del transporte y por el contacto de las partículas sedimentarias que se encuentran suspendidas en el agua con el hueso que se halla *in situ*. La abrasión por transporte fluvial es consecuencia del

movimiento dinámico del hueso en el agua que contiene partículas sedimentarias (Behrensmeyer 1975) y es probable que el daño se produzca a lo largo de toda la superficie del espécimen. Por otra parte, la abrasión que ocurre cuando el hueso se halla *in situ* resulta de la continua fricción de las partículas suspendidas en el agua con la superficie del mismo y la modificación se limita en este caso sólo a la(s) superficie(s) expuesta. El viento se comporta de forma similar a la abrasión fluvial, siendo el aire en esta oportunidad el medio de conducción de las partículas sedimentarias suspendidas.

Los huesos meteorizados son más susceptibles a presentar modificaciones producto de la abrasión natural en comparación a los huesos frescos. La superficie cortical intacta de un hueso fresco no se abraza tan rápida y fácilmente como la perteneciente a un hueso seco. La causa de esto radica en que este último tipo de hueso ha perdido la superficie cortical más externa que contiene la matriz orgánica capaz de absorber algunos de los impactos causados por las partículas sedimentarias (Martill 1990).

En este trabajo los criterios utilizados para la identificación de los efectos de la abrasión geológica son la presencia de bordes redondeados y “pulidos” y la pátina brillante sobre la superficie cortical. Además, por las razones expresadas más arriba, la ubicación topográfica y la distribución del daño también han sido tenidos en cuenta a la hora de identificar la abrasión.

DEPOSITACIÓN QUÍMICA

Las reacciones químicas que se producen en un suelo suceden bajo ciertas circunstancias y las mismas son indicativas de la historia climática, ecológica e hidrológica del lugar. El material enterrado en este sedimento puede registrar las evidencias de reacciones químicas que ocurrieron en el suelo. La combinación de procesos sedimentológicos, hidrológicos y ecológicos influyen en la formación de suelos (Brown 1997). El agua controla las reacciones químicas y el desarrollo de las estructuras características de un suelo. Las depositaciones químicas más comunes que presentan los huesos son el carbonato de calcio y las

manchas de manganeso. La frecuencia de aparición de la primera variable está relacionada con los sedimentos depositados inmediatamente por encima o alrededor del material óseo, es decir, la cantidad de carbonato de calcio, la génesis y el tipo de sedimento que se tratase. La segunda variable se produce por la descomposición de la materia orgánica durante la diagénesis temprana (Berner 1968, 1981; Parker y Toots 1970).

En este trabajo los criterios utilizados para la identificación macroscópica de algún tipo de depositación química son la presencia de una cubierta blanca y dura, característica del carbonato de calcio y manchas negras aisladas o agrupadas, características de la precipitación de óxido de manganeso.

ACTIVIDAD DE CARNÍVOROS

Los grandes carnívoros están entre los principales agentes tafonómicos que pueden acumular y fracturar huesos de un modo similar al que realizan los seres humanos. Los carnívoros ocuparon cuevas, abrigos rocosos y el mismo habitat que los homínidos y compitieron con los mismos por los recursos (e.g., presas, agua). Mientras que los grandes carnívoros han sido bien estudiados por zooarqueólogos y tafónomos interesados en distinguir acumulaciones óseas de origen humano vs. carnívoro, los más pequeños han recibido poca atención (Stallibrass, 1984, 1990). Los efectos tafonómicos más comunes de la acción de carnívoros sobre los conjuntos óseos se registran en la superficie cortical de los huesos (e.g., perforaciones de dientes (*tooth punctures*), mordisqueo y patrones de fractura). Además, los carnívoros pueden alterar los contextos de distribución en los sitios arqueológicos o paleontológicos por medio del desmembramiento, transporte y acumulación de la carcasa (Binford 1981; Behrensmeyer 1990).

Los daños superficiales producidos por la manipulación del hueso son rasgos macroscópicos que contribuyen a distinguir entre los patrones de fracturas inducidos por homínidos y aquellos provocados por carnívoros (Morlan 1980; Binford 1981; Johnson 1985; Blumenschine y Selvaggio 1991; Capaldo y Blumenschine 1994). El estudio de múltiples atributos del conjunto faunístico (e.g.,

localización y morfologías de las marcas) ayuda a identificar el agente responsable de la fractura ósea. Los atributos más comunes de las modificaciones óseas producidas por carnívoros son los hoyos, perforaciones, bordes denticulados e incisiones provocadas por los dientes.

Los carnívoros fracturan los huesos con el fin de obtener el tuétano y otros nutrientes contenidos principalmente en los huesos largos, dentro de las diáfisis y los extremos de las epífisis. Los carnívoros aplican como técnica de fractura una fuerza de presión continua (Johnson 1985). La morfología de las fracturas producidas por carnívoros depende básicamente de la edad postmortem del hueso y de la estrategia de reducción que se aplica. Los huesos secos responden de forma diferencial que los huesos frescos debido a que los primeros han perdido su contenido de humedad y su capacidad para absorber energía. En general, los carnívoros tienen dos estrategias principales de reducción del hueso. En una de ellas, las epífisis de los huesos largos se remueven primero por el mordisqueo y trituración de los extremos (cilindros óseos). La diáfisis se debilita y colapsa en largas astillas rectilíneas (Johnson, 1985). En la segunda estrategia, los carnívoros atacan directamente la diáfisis y la morfología de la fractura resultante depende de cuán fresco esté el hueso (Haynes 1981). Esta estrategia puede resultar en una fractura helicoidal si el hueso está fresco al momento de la fractura (Binford 1981; Johnson 1985; Shipman 1981). En la fauna mundial actual (Nowak 1991), sólo las hienas pueden ser capaces de fracturar huesos frescos de grandes mamíferos de este modo. Asimismo, sólo las hienas pudieron haberlo hecho durante el Cuaternario. Aún es controversial si el oso gigante del Pleistoceno (*Arctodus simus*) fue capaz de fracturar hueso fresco (Morlan 1980; Haynes 1981; Johnson 1985). En la fauna presente en América del Sur, los pumas (*Felis concolor*) son potenciales agentes de acumulación de conjuntos óseos (Martin y Borrero 1997) pero las fracturas helicoidales no han sido aún identificadas como resultado de las actividades de estos animales.

Los carnívoros pueden transportar las partes esqueléticas desde el lugar donde murió el animal al sitio donde el mismo puede ser consumido (e.g., madriguera o reparos). Esta conducta de los carnívoros puede sesgar la

frecuencia de huesos del depósito original y conducir a una interpretación errónea de la funcionalidad del sitio.

En este trabajo los criterios utilizados para la identificación de los efectos característicos de la actividad de carnívoros es la presencia de marcas de dientes (e.g., *tooth punctures*, *pittings* y *scoring*), lascas óseas, bordes denticulados y redondeados, vaciados del tejido esponjoso de las áreas articulares de huesos largos, fracturas astillamientos, etc..Las perforaciones consisten en una depresión en forma de cono provocada por la presión de los caninos de los carnívoros contra la superficie del hueso. Los hoyos son similares a las perforaciones, la diferencia radica en que los primeros son menos profundos debido a que el hueso presenta mayor resistencia a la presión de los dientes. El *scoring*, producto del mordisqueo de carnívoros, consiste en surcos paralelos no profundos que, en general, son cortos. Los mismos pueden ocurrir en forma aislada o agrupada con una orientación predominante o irregular.

ACTIVIDAD DE ROEDORES

Los roedores son un agente tafonómico que puede modificar los contextos de distribución y pueden ser la causa de que se produzcan asociaciones espaciales de materiales que no habrían estado originalmente relacionados y viceversa (Hill 1979). Las marcas de sus dientes y las cuevas o galerías constituyen los efectos tafonómicos más comunes de los roedores en los sitios arqueológicos. En general, el mordisqueo de los roedores se localiza en las partes esqueléticas más densas, tales como bordes y regiones prominentes (Brain 1980; Morlan 1980). El roído de estos animales consiste en surcos paralelos cuyas bases tienen forma redondeada sin estrías (Shipman 1981).

La conducta cavadora de los roedores puede alterar la distribución espacial de los hallazgos en el sitio (e.g., transporte, redistribución), así como modificar y re-exponer los materiales arqueológicos (Bocek 1986). Existe una remoción de sedimento desde el interior a la superficie del terreno a medida que los roedores van cavando sus cuevas, provocando desplazamientos verticales y horizontales

(Bocek 1986). En este sentido, el depósito arqueológico puede ser desplazado verticalmente cuando el sistema de cuevas y galerías colapsa debido a las lluvias, gravedad o pisoteo (Bocek 1986). Las observaciones realizadas en roedores modernos sugieren que los materiales pequeños son los que poseen mayor probabilidad de ser desplazados por la actividad cavadora de estos animales (limitada por el diámetro de las cuevas) (Davis *et al.* 1938; Bocek 1986). Muchos roedores esquivan los objetos grandes (>5cm) excavando por debajo de ellos.

En este trabajo los criterios macroscópicos utilizados para la identificación de los efectos característicos de la actividad de roedores es la presencia de marcas de sus incisivos, las cuales consisten en surcos que, generalmente, se presentan de a pares, paralelos o superpuestos y son, además, cortos y de fondo plano o redondeado sin estrías. Además, en aquellos lugares donde es posible, la identificación de la actividad de roedores se realiza también durante los trabajos de excavación a través del reconocimiento de cuevas o galerías. Ambos tipos de información se combinan para una mejor interpretación del rol de roedores en el sitio.

PISOTEO

El pisoteo de algunas especies produce cambios en la distribución espacial del registro arqueológico. Este modo puede resultar en marcas sobre la superficie cortical del hueso, en fracturas y en desplazamientos espaciales de los huesos pisoteados (Lyman 1994a). Los materiales óseos que están en la superficie pueden ser pisoteados por organismos cuadrúpedos o bípedos que van y vienen de un lugar a otro (Gifford 1977).

El pisoteo puede crear marcas sobre la superficie cortical de los huesos, las cuales pueden tener una apariencia morfológica similar a las marcas de corte producidas con instrumentos líticos. Sin embargo, las marcas de pisoteo se encuentran orientadas en forma más azarosa que las de corte, están localizadas generalmente en la porción media de las diáfisis y siguen la curvatura de los huesos largos (Olsen y Shipman 1988).

El pisoteo puede causar la fractura del material óseo. Los huesos secos que son pisados producen fragmentos rectangulares debido a que los mismos presentan un decrecimiento en la resistencia a las fracturas y en la capacidad de absorción de energía (Evans 1973). A pesar de que el movimiento vertical de los huesos es el típico resultado provocado por el pisoteo, el desplazamiento horizontal también puede ocurrir, especialmente cuando el sustrato no es muy fino, compacto o cementado (Gifford-Gonzalez *et al.* 1985). El tamaño y la forma del objeto que es pisado también influye en el desplazamiento espacial del mismo (Olsen y Shipman 1988).

En este trabajo el criterio utilizado para la identificación de los efectos característicos de pisoteo es la presencia de marcas que pueden observarse tanto a nivel macro como microscópico, siendo ambos necesarios en muchos casos. Las marcas consisten en líneas muy finas y poco profundas, orientadas en forma azarosa, y, en general, localizadas en la porción media de las diáfisis de los huesos largos.

DISOLUCIÓN QUÍMICA

Los hoyos de disolución química no constituyen un efecto tafonómico frecuentemente registrado en un sitio arqueológico, por lo tanto, el tratamiento del mismo en la literatura es casi nulo. Se trata de una reacción química entre el hueso y su microambiente más inmediato, resultando en la disolución y esculpido del hueso. En sus formas más severas, el hueso pierde su morfología original y la pérdida ósea es extensiva. Los hoyos comienzan siendo muy pequeños, en secciones aisladas de la superficie cortical y continúan progresivamente hasta que los mismos se hacen grandes y profundos, con los bordes pronunciados y llegando a cubrir toda la superficie del hueso (Johnson *et al.* 1997).

La causa de estos hoyos de disolución no es conocida aún pero podría relacionarse con la génesis del suelo. Los ácidos fúlvicos y húmicos son los principales ácidos de los suelos (Stevenson 1969; Buol *et al.* 1973; Birkeland 1974, 1984); el ácido carbónico también podría estar presente en un ambiente

húmedo. Las concentraciones de los mismos y el pH del ambiente del suelo en formación puede jugar un rol importante en la disolución y esculpido de los huesos. Las actividades llevadas a cabo por las bacterias y microbios, asociadas con la degradación de la materia orgánica y el desarrollo del humus en un contexto de pobre drenaje también puede jugar un rol importante en la formación de los hoyos de disolución (Stevenson 1969; Birkeland 1974, 1984). El tipo de vegetación que se encuentra en íntima asociación con los huesos, así como las actividades microbiológicas asociadas con las raíces más pequeñas de dicha vegetación deben considerarse también como factores importantes en la formación de los hoyos (Ricklefs 1993).

Nicholson (1996) y Miller (comunicación personal, 1995) también han observado alteraciones corticales similares en huesos experimentales. En el trabajo de la primera autora, la experiencia incluye una gran variedad de tipos de suelos y regímenes de drenaje (Nicholson 1996). Los hoyos pueden atribuirse a la acción de los ácidos que excretan los hongos durante los estadios tempranos de la descomposición de los tejidos blandos. Este enunciado se basa en la íntima asociación entre los hoyos y los filamentos de los hongos (*hyphae*) que fueron observados dentro de los mismos (Nicholson 1996). Modificaciones similares a éstas han sido observadas en huesos sumergidos en un ambiente acuoso por un largo período de tiempo y las mismas han sido atribuidas a la acción de microorganismos, particularmente de algas (Miller, comunicación personal, 1995).

En este trabajo el criterio utilizado para la identificación y registro de la disolución química es la presencia de hoyos y “esculpido” de la superficie cortical del hueso. Con el propósito de medir la intensidad de esta modificación se han creado 6 categorías que han sido aplicadas en este estudio (Johnson *et al.* 1997; Gutiérrez 1998) (Figura III.2):

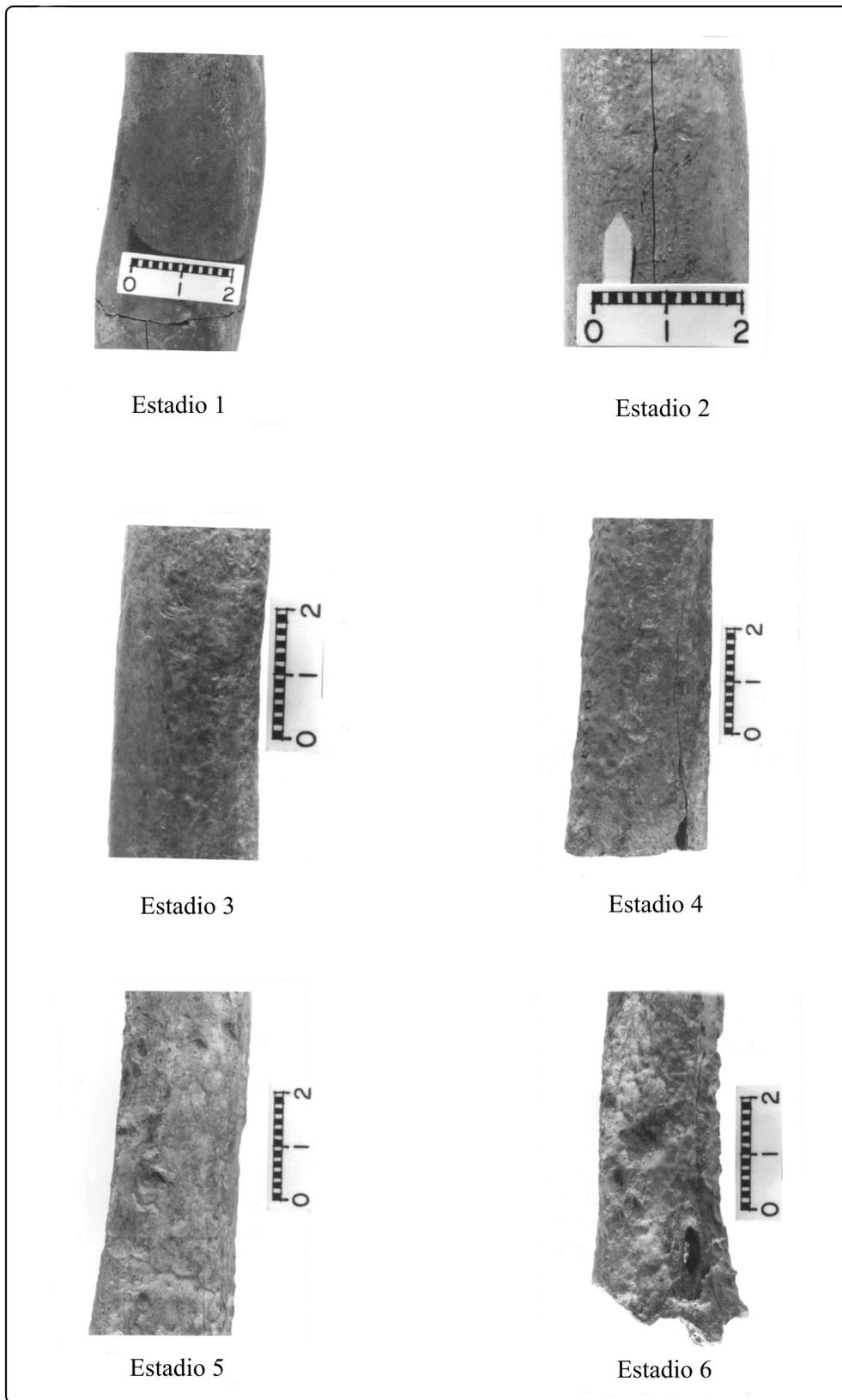


Figura III.2. Estadios de disolución química

Estadio 1- No hay efectos; no presenta daños en la superficie cortical; no hay hoyos de disolución.

Estadio 2- Efectos leves; los hoyos de disolución han comenzado sobre algunas porciones del hueso pero la mayor parte de la superficie cortical permanece intacta.

Estadio 3- Efectos moderados; la mayor parte de la superficie cortical ha sido afectada.

Estadio 4- Efectos levemente severos; comienza el esculpido, los hoyos de disolución se incrementan y la superficie cortical se presenta erodada.

Estadio 5- Efectos moderadamente severos; aún permanecen porciones de la superficie cortical, el esculpido se intensifica y los hoyos se profundizan; comienza a modificarse la forma original del hueso.

Estadio 6- Efectos extremadamente severos; los hoyos se intensifican, agrandan y modifican la forma y el tamaño original del hueso.

FRACTURAS ÓSEAS

La identificación de diferentes patrones de fracturas ofrece un medio para reconocer los tipos de fuerzas a las cuales un conjunto óseo estuvo expuesto antes de su análisis (Johnson 1985; Miotti y Salemm 1988; Miotti 1990-1992). Johnson (1985:160) define la fractura como "*Fracture is a localized mechanical failure*". Los diferentes tipos de fracturas resultantes de la aplicación de una fuerza están gobernados por la microestructura del hueso. La reacción de los mismos ante dicha fuerza depende de la relación entre los factores biomecánicos (mecanismo de carga o fuerza, estructura ósea) y el estado de preservación del hueso (su historia tafonómica). Las fallas comienzan con microgrietas localizadas a lo largo de las líneas de cemento y alrededor de los osteones. La firmeza del hueso está influida por el contenido de humedad remanente en el mismo, el cual afecta la capacidad de absorber energía y la resistencia a la fuerza que tendrá ese hueso en particular.

La fuerza empleada para fracturar un hueso puede ser estática o dinámica. La primera consiste en una presión constante y una distribución equitativa de la fuerza, mientras que la segunda involucra un impacto rápido y localizado (Johnson 1985; Miotti y Salemme 1988; Miotti 1990-1992). El reconocimiento de estos dos tipos diferentes de fuerzas provee un medio para distinguir los potenciales agentes responsables de las fracturas óseas. Las fracturas que producen los carnívoros y los sedimentos (por compresión debido a su peso sobre el material arqueológico) resultan de la aplicación de una fuerza estática. Por el contrario, las fracturas provocadas por la acción humana en general, se realizan por medio de una fuerza dinámica (Johnson 1985).

Cuando una fuerza dinámica o estática se produce en los huesos en estado fresco el resultado es una fractura helicoidal. Cuando cualquiera de estas dos fuerzas se aplican a un hueso en estado seco, el producto resultante se denomina falla de tensión horizontal (*horizontal tension failure*) (Johnson 1985). No existe una relación causal simple entre la fractura helicoidal y el agente involucrado en dicha acción. Varios son los agentes y procesos que pueden producir tipos de fracturas similares (e.g., carnívoros, pisoteo, homínidos). En consecuencia, es necesario realizar un examen detallado de la superficie cortical del hueso preservada con el fin de reconocer el agente responsable del patrón de fractura resultante (Johnson 1985).

ACTIVIDADES RELACIONADAS AL PROCESAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE CARCASAS

El procesamiento de un animal no es un hecho aislado sino una serie de actividades que comienza una vez que el animal es cazado hasta que es totalmente consumido o descartado (Binford 1978). En este sentido, el proceso de desposte de las carcasas incluye un conjunto de actividades tales como cuereado, desmembramiento, fileteado, etc. que suceden en forma diferencial según el animal que se trate (Binford 1981; Johnson 1987; Lyman 1994a). Estas actividades pueden dejar marcas sobre la superficie cortical de los huesos. Las líneas de corte realizadas por las herramientas líticas presentan una morfología

microscópica característica que se diferencian de aquellas marcas dejadas por los dientes de carnívoros o roedores y por pisoteo (Shipman 1981; Olsen y Shipman 1988).

A nivel microscópico, la morfología de las marcas de corte presentan en sección transversal forma de "V", estrías múltiples, paralelas y finas en la pared de la marca (Shipman 1981, 1988; Shipman y Rose 1983). Los atributos microscópicos deben ser analizados en asociación con las ubicaciones anatómica y topográfica y la orientación de las huellas. Las marcas de cuereo están localizadas preferentemente en las diáfisis de los metapodios, falanges y en la porción inferior de las mandíbulas. Las marcas de desmembramiento aparecen en las superficies articulares de los huesos largos y en vértebras o regiones de la pelvis. Por último, las marcas de fileteado están en general, sobre las diáfisis de los huesos largos y en las espinas neurales de las vértebras (Binford 1981; Johnson 1987).

El transporte de las distintas partes esqueléticas sucede entre las distintas actividades que incluye el procesamiento de las carcasas. El transporte selectivo sirve para explicar la abundancia relativa de las partes esqueléticas en términos de comportamiento cultural (Perkins y Daly 1968; Binford 1978, 1981; Lyman 1994; Mengoni Goñalons 1988, 1999, entre otros). Para tal fin, existen en la literatura arqueológica varios modelos generados a partir de regularidades observadas en colecciones óseas y de datos etnográficos (e.g., White 1952, 1953, 1954, 1955; Perkins y Daly 1968) así como de estudios etnoarqueológicos sobre cazadores-recolectores contemporáneos (Yellen 1977; Binford 1978; O'Connell *et al.* 1988, 1990; Bartram *et al.* 1991; Bunn 1993, entre otros).

Se considera que los homínidos fracturaron huesos por varias razones, siendo las causas más frecuentes la extracción de la médula ósea, la manufactura de instrumentos y las actividades relacionadas al desposte de los animales (e.g., desmembramiento). La principal estrategia de reducción empleada en huesos largos frescos es la fuerza dinámica que resulta en un patrón de fractura helicoidal. El producto final de este proceso de reducción combina aspectos tecnológicos y biomecánicos (Mengoni Goñalons 1982; Johnson 1985; Miotti 1990-1992). En este sentido, los rasgos tecnológicos más comúnmente

registrados en los huesos frescos consisten en punto de impacto, de rebote y cicatrices de lascados. El *punto de impacto* es un área deprimida creada por la fuerza dinámica descargada sobre el hueso por algún mecanismo y el *punto de rebote* es también el área deprimida que se produce en el lado opuesto del impacto, sobre el lado en que apoya el hueso. Las *cicatrices de lascado* pueden quedar en las paredes del hueso donde se produjo el punto de impacto (Johnson 1985). Además, los efectos de las fracturas pueden registrarse en los diferentes tipos de superficies de fracturas resultantes, entre ellos son comunes los frentes de intersección, *chattering* y escalonado. Los *frentes de intersección de fractura* se irradian desde el punto de impacto hasta la intersección con otro frente. Las fracturas helicoidales tienen una superficie de fractura lisa, es decir, sin irregularidades (aparentemente los frentes pasan entre los manojos de fibras de colágeno). “Chattering” es una superficie de fractura que presenta una concentración de picos y valles rectos, mientras que la superficie escalonada es una línea de escisión que exhibe un borde de fractura dentado (Johnson, 1985).

La alteración térmica de los huesos puede ser el resultado de las técnicas de preparación de alimentos, de las prácticas de descarte, del empleo de los mismos como material de combustión y de los incendios naturales. Este tipo de modificación está evidenciada en los huesos principalmente por el color que adquiere la superficie cortical de los mismos. El análisis detallado del contexto asociado contribuye a la distinción entre las diferentes actividades que pueden provocar el quemado del material óseo (e.g., presencia de huellas de corte, distribución espacial de los huesos, etc.). Cabe destacar que los resultados de investigaciones actualísticas han señalado que las temperaturas alcanzadas durante los incendios naturales de planicies de gramíneas no son suficientes como para alterar el color de los huesos hasta el extremo del blanco calcinado, obteniéndose en estos casos sólo un ahumado (i.e., marrón oscuro sombreado) (David 1990; Seabloom *et al.* 1991). El número de huesos y de especies que presentan indicios de alteración térmica constituye también una evidencia para poder distinguir el origen de esta modificación. En este sentido, se considera que durante los incendios naturales todos los huesos en superficie, sin distinción de especies, están expuestos al fuego y, en consecuencia, un gran número de

elementos óseos deberían presentar efectos del quemado, los cuales deberían conservar, además, cierta asociación espacial.

Figura III.1. Composición jerárquica del hueso a nivel ultraestructural. _____	34
Figura III.2. Estadios de disolución química_____	50