



Rev Mex Med Forense, 2020, 5(2): 10-30

ISSN: 2448-8011

**Observaciones de implicancias forenses sobre restos de  
Equus sp.: alteraciones post depositacionales,  
supervivencia de huesos e intervalo post mortem**  
**Artículo Original**

Observations of forensic implications on Equus sp. remains.  
Post-depositional alterations, bone survival and post-mortem interval

**Nasti, Atilio <sup>1</sup>**

---

Recibido: 11 noviembre 2019, Aceptado: 7 Enero 2020; Publicado: 15 abril 2020

<sup>1</sup> Área de Criminalística y Estudios Forenses, Instituto Universitario de Gendarmería Nacional, Escuela de Oficiales de Gendarmería Nacional, ARGENTINA.  
Corresponding author: Atilio Nasti, [anasti@iugna.edu.ar](mailto:anasti@iugna.edu.ar)

## RESUMEN

**Objetivos:** El objetivo del presente trabajo fue monitorear un cadáver de *Equus sp* durante un año en un ambiente semi desértico de la costa de la provincia de Buenos Aires, con el objetivo de revelar algunas de las alteraciones post depositacionales que lo afectan, (erosión eólica, meteorización, desarticulación, abrasión por pisoteo y dispersión).

**Metodología:** Con el objetivo de evaluar la integridad de la muestra, se calcularon medidas de abundancia de partes esqueléticas. Se obtuvo el MNE (número mínimo de elementos), el MAU (unidades anatómicas mínimas) y el %MAU (unidades anatómicas mínimas estandarizadas en porcentajes).

**Resultados:** Se presenta un modelo diacrónico, donde los procesos de deshidratación de los tejidos, desarticulación por carroñeros y erosión eólica por acción meteórica, estarían presentes progresivamente a partir de los primeros seis meses de muerto, mientras que la abrasión y dispersión por pisoteo, principalmente producido por tráfico pedestre, se manifestarían una vez avanzado el proceso de desarticulación, esto es a partir de los seis meses de exposición.

**Discusión:** Las dispersiones de las partes anatómicas se rastrean hasta 10 m de la su posición original, perdiendo el registro de muchos huesos que desaparecen de la superficie a partir del octavo mes. Así como diferentes fenómenos post depositacionales alteran los restos de *Equus*, también otros factores como la sedimentación de origen eólico (entre diciembre y marzo) colaboran en la conservación.

**Conclusiones:** En este último sentido, aunque los diversos fenómenos post

depositacionales contribuyen a la destrucción y pérdida del registro óseo, la sedimentación, por el contrario, conservaría los huesos de baja densidad, alterando el perfil de supervivencia de los huesos esperados.

**Palabras Clave:** Alteraciones post depositacionales, meteorización, dispersión, supervivencia

## SUMMARY

**Objective:** The objective of this work was to monitor a corpse of *Equus sp* for a year in a semi-desert environment on the coast of the province of Buenos Aires with the aim of revealing some of the post-deposition alterations that affect it, (wind erosion, weathering, disarticulation, trampling abrasion and dispersion).

**Methodology:** In order to assess the integrity of the sample, measures of abundance of skeletal parts were calculated. The MNE (minimum number of elements), the MAU (minimum anatomical units) and the %MAU (minimum anatomical units standardized in percentages) were obtained.

**Results:** A diachronic model is presented, where the processes of tissue dehydration, disarticulation by scavengers and wind erosion by meteoric action, would be present progressively from the first six months of death, while the abrasion and trampled dispersion, mainly produced by pedestrian traffic, would manifest once the disarticulation process has advanced, i.e. from six months of exposure.

**Discussion:** The scatter of the anatomical parts are traced up to 10 m from their original position, losing the record of many bones disappearing from the surface from the eighth month. Just as different

*post-depositional phenomena alter the remains of Equus, also other factors such as sedimentation of wind origin (between December and March) collaborate in conservation.*

**Conclusions:** *Although the various post-depositional phenomena contribute to*

*the destruction and loss of the bone record, sedimentation, would preserve low-density bones, altering the survival profile of expected bones.*

**Keywords:** *Post-depositional alterations, weathering, scattering, bone survival.*

## INTRODUCCIÓN

La tafonomía forense estudia lo que sucede con los restos humanos después de la muerte. Intenta, entre otros objetivos, proporcionar respuestas analizando el estado de descomposición y el contexto en el que se encontraron los restos, estableciendo una evaluación del intervalo post-mortem (el tiempo desde que alguien murió) (Wescott 2018, Forbes y Nugent 2009, Love y Marks 2003, Micozzi 1991)

Para la comprensión de este proceso resulta indispensable la interpretación sobre la formación y conservación de los restos, tanto de los conjuntos fósiles como los contextos forenses (Behrensmeyer, 1984; Brain, 1981; Hill, 1980; Lyman, 1994; Pokines y Symes, 2014; Pokines y Ames 2015).

En este contexto, la alteración y dispersión de los conjuntos óseos, son algunos de los cambios tafonómicos que más afectan los restos de vertebrados en ambientes terrestres (Behrensmeyer, 1978, 1983; Behrensmeyer y Miller, 2012; Brain, 1967, 1981; Coe, 1978; Faith y Behrensmeyer, 2006; Hill, 1976, 1979, 1980; Junod y Pokines, 2014; Kerbis Peterhans et al., 1993; Lyman, 1994; Miller, 1975; Pokines 2014; Potmesil, 2005; Shipman, 1981; Tappen, 1994, 1995;

Toots, 1965; Western y Behrensmeyer, 2009),

Aunque las alteraciones pos depositacionales de restos de vertebrados han sido estudiadas en muchas partes del mundo, tanto en regiones tropicales como templadas (Behrensmeyer 1978, 1983, Haynes 1982, Blumenschine 1986; Lyman 1994; Andrews y Cook 1985; Andrews y Armour; Chelu 1998), las condiciones locales constituyen factores que limitan los modelos (Trueman et al. 2004; Galloway et al 1989; Andrews y Whybrow 2005).

Entendemos que la recuperación de restos óseos se vuelve dificultosa, al momento en que han actuado fenómenos que destruyen o dispersan las partes anatómicas. En este sentido, la comprensión de los fenómenos que los han alterado, es uno de los objetivos de las observaciones tafonómicas dentro del campo forense. (Mann et al.1990) En efecto, en cualquier circunstancia en que un cuerpo quede a merced de fenómenos que los pueden alterar, la destrucción y la dispersión son dos factores limitantes al momento de los procesos de interpretación del contexto forense (Pokines y Ames 2015).

Aunque se puede argumentar que las observaciones realizadas sobre los fenómenos tafonómicos en animales no son aplicables, en muchos sentidos al

contexto humano, existen fenómenos que se comportan dentro de los límites de principios generales y cuya interpolación no generarían distorsiones significativas al momento de comprender los fenómenos que afectan al contexto forense (Junod y Pokines 2014).

El propósito del presente estudio es evaluar algunos cambios post mortem que afectaron a un ejemplar moderno de Equus con el objetivo de reconstruir aspectos diacrónicos que den cuenta de dichos procesos. Se argumenta la validez del modelo analítico que establece cierto patrón del registro óseo mediante una correlación positiva entre la densidad global y la supervivencia de las diferentes partes anatómicas (Brain 1981; Lyman 1984; Carlson y Pickering 2003).

### **Tafonomía e Integridad del registro óseo**

Sabemos que existen dificultades al momento de interpretar el registro óseo, (Grayson 1989), y es claro que algunas de estas dificultades provienen, en última instancia de la historia tafonómica (Gilbert y Singer 1982; Kreutzer 1992). Por ejemplo, desde el punto de vista analítico, los valores del número de especímenes identificados por taxón (NISP) y como consecuencia, el número mínimo de individuos (MNI) pueden ser afectados por acumulación diferencial y como consecuencia no estar representados todos los huesos en el registro óseo (Klein y Cruz - Uribe 1984). Desde una perspectiva tafonómica, el problema teórico pertinente se refiere a la identificación de los fenómenos que más alteran estos valores y determinar qué elemento esquelético se espera encontrar en un registro óseo determinado. El modelo analítico que incorpora la densidad ósea como una variable independiente, respalda ciertas

hipótesis que vincularían la densidad ósea con la supervivencia de los conjuntos fósiles, y en este sentido, la densidad sería una variable tafonomica de relevancia. (Galloway et al. 1997)

### **Densidad ósea y supervivencia**

A partir de los estudios de Guthrie (1967) y Brain (1967), muchos analistas empezaron a considerar cómo podría controlarse la supervivencia a partir de ciertos indicadores como la estructura ósea, morfología, tamaño y densidad (Behrensmeyer 1975; Binford y Bertram 1977; Lyman 1994). En este sentido, se han realizado varios trabajos revisando y discutiendo diferentes técnicas de medición de la densidad ósea (Cruz, I. y D. Elkin 2003, Elkin 1995, Dirrigl 2001). Las denominadas Propiedades Óseas Intrínsecas (POI), entre ellas la forma, diseño y densidad mineral ósea (DMO), representan indicadores de la resistencia mecánica adaptativa de los huesos frente a situaciones de estrés fisiológico y ambiental (Larsen 1997).

Los Procesos naturales o culturales tales como la erosión o el pisoteo de origen antrópico, pueden destruir algunos huesos precozmente antes de ser ubicado por el técnico forense, sin embargo, la falta de ciertas partes anatómicas también es informativo de los fenómenos que la afectaron, no escapando totalmente del alcance de nuestro análisis.

En esta dirección, es que los investigadores han utilizado una serie de técnicas para medir la densidad ósea en muchas especies animales y en humanos (p. ej., Boaz y Behrensmeyer 1976; Galloway et al.). Por otro lado, Willey et al. (1997) y Galloway (1989) presentaron valores de DMO obtenidos a través de metodologías más ajustadas, (Lyman

1984; Lyman 1994) (Galloway et al. 1997; Willey et al. 1997) Suby y Guichón (2004).

Al respecto, tanto las observaciones como los análisis experimentales, generaron importante conocimiento teórico de los procesos post-depositacionales y cómo se relacionan con la estructura de los restos óseos. En este sentido, fue posible vincular ambos fenómenos y concluir que la representación diferencial de elementos dentro de los conjuntos óseos podría estar mediada, entre otros fenómenos, por la densidad mineral ósea y que la correlación entre las diferentes partes esqueléticas podrían considerarse como evidencia de la acción de procesos tafonómicos atricionales (Suby 2006, Suby et al. 2006; Lyman 1984).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

A principio de octubre de 2016, se ubicó un cadáver juvenil (un año) de caballo (*Equus caballus*), parcialmente momificado naturalmente sobre las dunas de una playa del litoral marítimo de la provincia de Buenos Aires (N 31° 54' 22,9" E 36° 50' 22,4" y 8 m de altitud s n m). Figura 1. El animal había muerto a finales de marzo/principios de abril de 2016, quedando el cadáver completo depositado sobre su lado derecho. Aunque la causa de muerte era desconocida, no se detectaron signos externos de trauma perimortem. El ejemplar denominado MP1 fue monitoreado a intervalos regulares, desde octubre de 2016 hasta marzo de 2017, con el objetivo de relevar un conjunto de variables como la erosión, desarticulación y dispersión (Nasti 2018; 2019).

Con el objetivo de evaluar la integridad de la muestra, se calcularon medidas de abundancia de partes esqueléticas. Se obtuvo el MNE (número mínimo de elementos), el MAU (unidades anatómicas mínimas) y el %MAU (unidades anatómicas mínimas estandarizadas en porcentajes) (Binford 1984, en Lyman 1994). Se consideraron como unidades anatómicas a los huesos completos, a su vez, en aquellos casos en que se encontraron fragmentados se decidió que estos especímenes representaran en 1 a la unidad anatómica a la que pertenecieran, (Mengoni Goñalons 1988). Para evaluar el estado de conservación, se utilizó los estadios de meteorización (0 a 5), propuestos por Behrensmeyer (Behrensmeyer 1978 signando al hueso el estadio de meteorización máximo observado).

Tomando en consideración que los resultados entre las diferentes especies no parecen tener diferencias significativas para los valores de DMO, se tomaron los datos obtenidos por Binford y Bentram (1977)

Para evaluar la alteración espacial a través del tiempo, se realizaron mapas de las diferentes instancias de observación, mientras que las orientaciones espaciales de los huesos se obtuvieron en base a imágenes digitales mediante el paquete Micro Visión. Los datos estadísticos se obtuvieron con Past 3.0 y Oriana 4.0, mientras que los informes climatológicos se reportaron de las reconstrucciones basadas en el modelo MERRA-2. La evaluación del estado de desarticulación se evaluó en base a un índice (huesos desarticulados/total de huesos).





Figura 1. Mapa y posición donde está depositado Equus caballus. (Fuente del Autor)

### Características generales de la región

El área de estudio se halla ubicada en el borde oriental de la Pampa Húmeda, dentro de la subregión conocida como Pampa Deprimida. Geo morfológicamente es una planicie costera, caracterizada por su relieve extremadamente llano y bajo. La barrera medanosa se extiende desde Punta Rasa hasta Mar Chiquita con un ancho que oscila entre los 2 y 4 km. Este cordón costero está dividido en dos unidades geomorfológicas, la playa y el médano. La playa es aproximadamente rectilínea con orientación  $55^\circ$  NE con un ancho que oscila entre 50 y 150 m. (Bertola y Cortizo 2005)

Durante la mayor parte del año (de abril a fines de octubre), la escasa densidad de habitantes contribuye a la protección de esta franja costera conservando sus atributos naturales, ya que no está permitida su ocupación con construcciones permanentes como forma de disminuir los posibles procesos erosivos costeros por inducción antrópica (Turno et al. 2002, Bertola y Cortizo 2005)

El fenómeno de “brisa de mar a tierra” genera vientos perpendiculares a la

costa, con importantes aportes de humedad. En este sector de la costa, los vientos dominantes son del cuadrante Este de octubre a febrero, y del Norte entre abril y agosto. La intensidad media anual es del orden de 12 km/h. A partir de la primavera el pasaje de los frentes calientes desde el norte, que suelen alcanzar el sur de la Provincia de Buenos Aires o el norte de la Patagonia, determinan varios días con vientos del sector Norte o Noreste, con aire cálido y húmedo, siendo la primavera y el verano las estaciones con las mayores velocidades medias. (López et al. 2016)

Aunque no puede hablarse de un cuadrante de viento predominante en esta franja costera, los vientos más frecuentes son los del norte, en tanto que los más intensos son los del sudeste y sudoeste (Turno et al. 2002). El análisis de transporte de arena por el viento arroja, para el área valores que superan los 150.000 m<sup>3</sup>/año principalmente en dirección norte, de los que un 35 % (más de 50.000 m<sup>3</sup>) van al océano. El régimen de lluvias es bastante irregular ya que en febrero pueden caer hasta 110 milímetros y en julio ronda los 52 milímetros.

## RESULTADOS

No pretendemos realizar un análisis exhaustivo sobre la preservación diferencial mediada por densidad mineral ósea, como ha sido objeto en otras investigaciones (Lyman 1994; Suby y Gichon 2004, Suby y Gichon 2006), sino presentar y discutir los resultados observados sobre *Equus caballus*. En la Tabla 1 se presenta la lista de unidades

anatómicas mínimas (MNE) de *Equus*, según el periodo de observación. Como puede apreciarse, *Equus* conserva en el mes de octubre de 2016 el 38% (Total MNE 73) de sus piezas anatómicas con excepción de los miembros delanteros y las costillas del lado expuesto. Si lo comparamos con el resultado de la última observación de abril de 2017, la integridad anatómica está representada solo en un 8 %, (Total MNE 16).

Parte	Oct. 2016		Nov. 2016		Dic. 2016		Ene. 2017		Mar. 2017		Abr. 2017	
	MNE	MAU	MNE	MAU	MNE	MAU	MNE	MAU	MNE	MAU	MNE	MAU
<b>Anatómica</b>												
<b>Cráneo</b>	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Mandíbula</b>	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Cervical</b>	7	1	7	1	7	1	5	0,71	5	0,71	4	0,57
<b>Dorsal</b>	18	1	18	1	10	0,55	5	0,27	4	0,22	3	0,16
<b>Lumbar</b>	6	1	6	1	4	0,66	4	0,66	3	0,5	0	0
<b>Sacro</b>	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Pelvis</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
<b>Caudal</b>	9	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,05
<b>Escapula</b>	2	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	1	0,5
<b>Humero</b>	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>R. Cubito</b>	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Metacarpo</b>	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Fémur</b>	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Tibia</b>	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Metatarso</b>	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Falanges</b>	6	0,5	3	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Costillas</b>	11	0,32	8	0,23	5	0,14	4	0,11	2	0,05	7	0,2
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>		<b>54</b>		<b>27</b>		<b>15</b>		<b>13</b>		<b>16</b>	

Tabla 1. Número Mínimo de Elementos (MNE) y Unidades Anatómicas Mínimas (MAU), (Binford 1984) para *Equus caballus* en cada periodo de observación. (Fuente del Autor).

Con el fin de evaluar el grado de representatividad de las diferentes partes anatómicas, se comparó el porcentual de supervivencia de los huesos (% MAU) con

los valores correspondientes de densidad mineral ósea (DMO) obtenidas por Binford y Bentram 1977 para el caribú. En efecto, la Tabla 2 muestra que las partes

anatómicas con menor densidad, (cervicales, dorsales, caudales, escapula y

costillas) son las únicas representadas para el último periodo de observación.

Parte	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Mar.	Abr.	Densidad
Anatómica	% MAU	% MAU	% MAU	% MAU	% MAU	% MAU	Global
Cráneo	1	1	0	0	0	0	1,48
Mandíbula	1	1	0	0	0	0	1,56
Cervical	1	1	1	0,71	0,71	1	1,18
Dorsal	1	1	0,55	0,27	0,22	0,28	1,21
Lumbar	1	1	0,66	0,66	0,5	0	1,27
Sacro	1	1	0	0	0	0	1,11
Pelvis	1	1	1	1	1	0	1,36
Caudal	0,5	0	0	0	0	0,08	1,22
Escapula	1	0,5	0	0	0	0,87	1,31
Humero	1	0,5	0	0	0	0	1,05
R. Cubito	1	0,5	0	0	0	0	1,23
Metacarpo	1	0,5	0	0	0	0	1,10
Fémur	1	1	0	0	0	0	1,16
Tibia	1	1	0	0	0	0	1,13
Metatarso	1	1	0	0	0	0	1,12
Falanges	0,5	0,25	0	0	0	0	0,72
Costillas	0,32	0,25	0,14	0,11	0,05	0,35	1,10

Tabla 2. Porcentual de supervivencia (% MAU) y DG (Densidad Global), Binford y Bentram 1977, para todos los periodos de observación de Equus caballus. (Fuente del Autor).

Los resultados de la correlación (rho de Spearman), entre las dos variables, mostrarían que, para la observación de octubre de 2016 existiría una correlación significativa ( $p > 0,05$ ), (Figura 2). Mientras que, la misma medición para la observación de abril de 2017, (Figura 3),

mostraría una correlación negativa entre las dos variables. Este último resultado, podría indicar que la composición anatómica de Equus no se encontraría mediada por la densidad mineral ósea (González 2008)



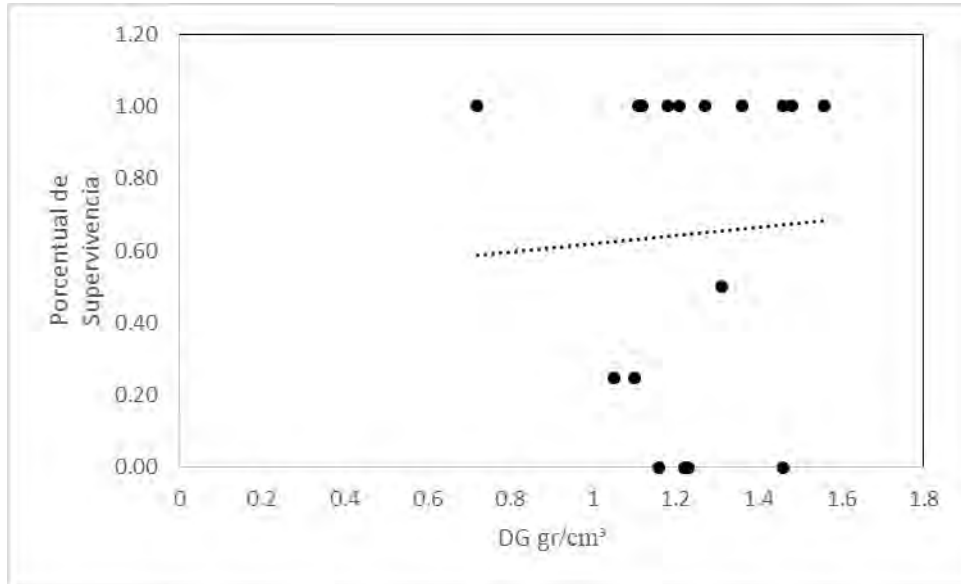


Figura 2. Porcentual de supervivencia para Equus caballus. Este grafico muestra que existe cierta correlación entre la DMO y la supervivencia de partes anatómicas. R; 0,130. Control octubre de 2016 (Fuente del Autor).

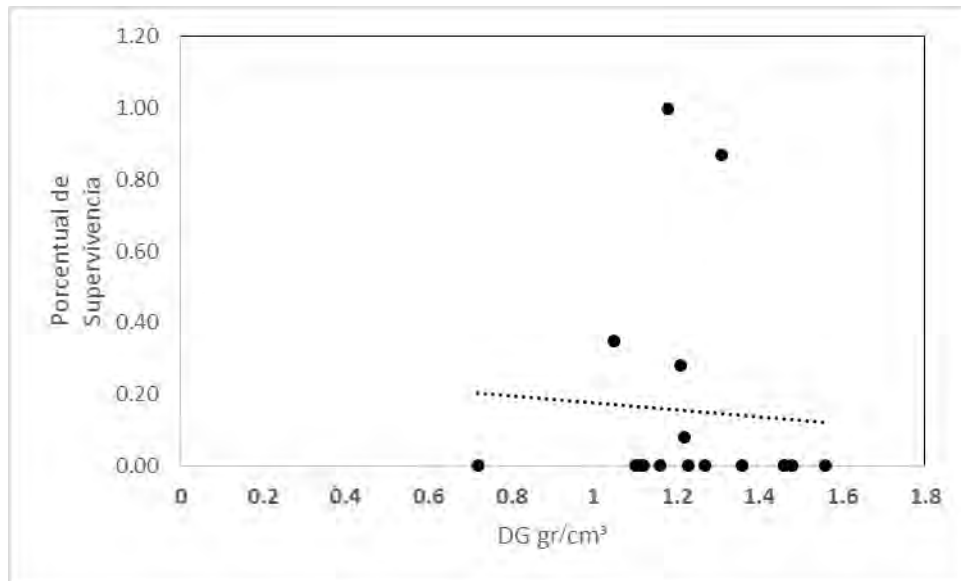


Figura 3. Porcentual de supervivencia para Equus caballus. Este grafico muestra que existe una correlación negativa entre la DMO y la supervivencia de partes anatómicas. Muchos huesos fueron sedimentados por acción eólica. R - 0,062. Control abril de 2017 (Fuente del Autor).

Al inicio de las observaciones en octubre de 2016, (siete meses después de muerto), los restos de Equus se encontraban aun parcialmente momificados (deshidratados) sin presencia de restos de insectos cadavéricos y aun

articulado en un 80%. La disminución de la temperatura, del régimen de lluvias y también de la humedad a partir del mes de marzo, explicaría la integridad anatómica de Equus. La intervención de carroñeros incluyendo aves de rapaña, como el

Chimango (*Milvago chimango*), Carancho (*Caracara plancus*), y Gaviotas (*Chroicocephalus cicciocephalus*) consumen mayormente los tejidos blandos, mientras que el perro doméstico, (*Canis familiaris*), también accede modificando los huesos, produciendo huellas de perforaciones (punctures), y surcos (furrowing), (Binford 1981) que fueron identificadas en varios huesos (Pokines y Ames 2015, Haglund et al 1989, Collins et al. 2002).

El modelo de acceso de los carroñeros compromete generalmente primero la zona ventral (costillas y posterior acceso a la cintura escapular) que junto a la ausencia de clavícula en el esqueleto de *Equus*, facilitaría la desarticulación de los miembros

delanteros, continuando con la mandíbula, cabeza y posteriormente miembros traseros (Nasti 2018). Aunque la incidencia de *Canis* en el proceso de desarticulación es significativo, (Nasti 2018, 2019) no es el principal agente de dispersión espacial. El proceso de dispersión más importante se registra estacionalmente, esto es desde comienzo de diciembre a fines de febrero, donde se da un aumento de los parámetros climáticos, como temperatura, lluvias y humedad ambiente que favorecen el proceso de descomposición. En este lapso de tiempo tenemos un aumento del tránsito pedestre (trampling), Figura 4, incidiendo significativamente en la desarticulación y dispersión de las partes anatómicas de equus.

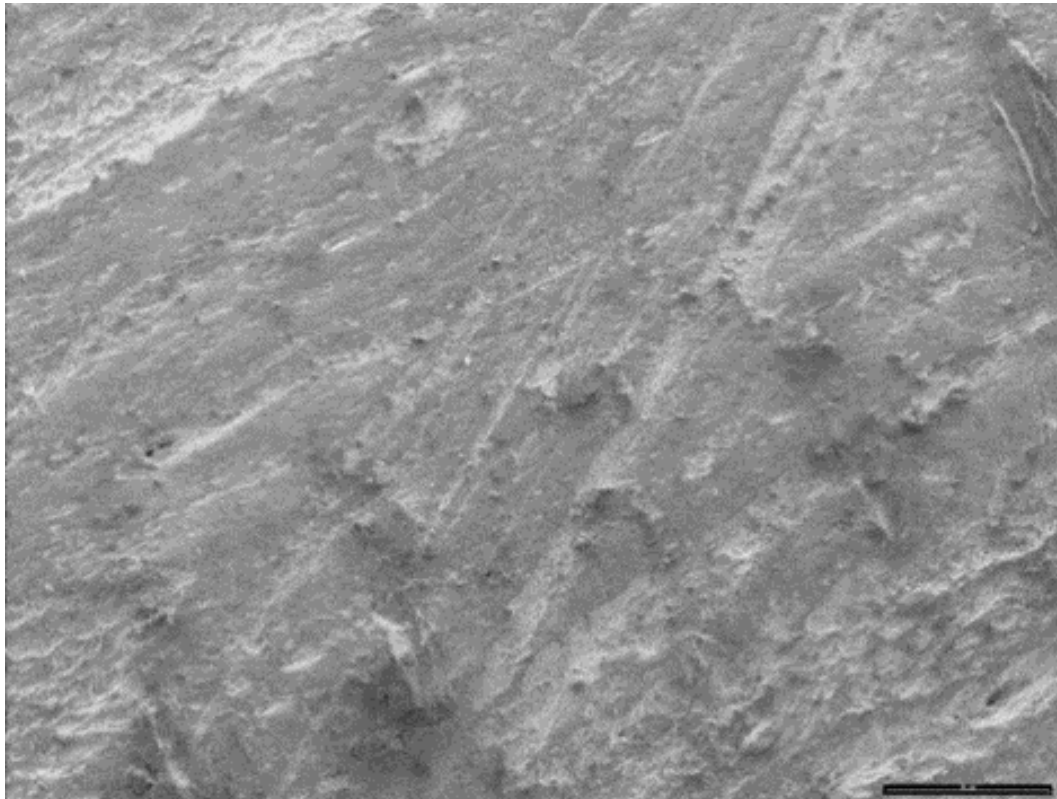


Figura 4. Imagen de microscopía electrónica mostrando huellas de pisoteo sobre la superficie de una costilla de *Equus caballus*.

Durante todo el año el régimen de vientos del sector N y E es constante con importantes aumentos de la velocidad en relación a la formación de tormentas estivales (noviembre a marzo). Aunque la velocidad promedio del viento por hora no varía considerablemente durante el año y permanezca en un promedio de 6 m/s, existe una temporada donde la tasa de sedimentación es alta, debido a que la velocidad del viento se cuadruplica (8,6 m/s con respecto a 2,67 m/s), generando un volumen transportado de sedimento 10 veces mayor (0,2378 m<sup>3</sup>, contra 0,0269 m<sup>3</sup>). Cualquier obstáculo, como un afloramiento de roca o la presencia de vegetación, puede forzar a la acumulación

de arena disminuyendo la velocidad del viento y creando una «sombra de arena» al abrigo del obstáculo (Bertola y Cortizo 2005) esto hace que los huesos se entierren y eviten ser meteorizados y eventualmente dispersados, por pisoteo

La Tabla 3 muestra los estadios de meteorización en los diferentes periodos de observación. Se puede apreciar, que, a partir del mes de noviembre, el estadio de meteorización se mantiene estable, hay un mayor índice de desarticulación y un incremento en el porcentaje de sedimentación. Compárese los periodos octubre de 2016 y abril de 2017. (Tabla 3 y Figura 5).

Fecha de Observación	Estadio de Meteorización	Índice de Desarticulación	% Sedimentación
Oct 16	1	0.08	30
nov-16	2	0.13	40
dic-16	2-3	0.35	80
ene-17	2	0.43	90
mar-17	2	0.65	100
abr-17	0-1	0.96	100

Tabla 3. Periodo de observación para Equus caballus. en relación al estadio de meteorización (Behrensmeyer 1978), el índice de desarticulación (huesos desarticulados/total de huesos articulados) y porcentaje de sedimentación. (Fuente del Autor)



Figura 5. Restos de Equus caballus, octubre de 2016 (izquierda) y enero de 2017 (derecha).

Durante los primeros seis meses, la dispersión de las partes anatómicas de equus lo hacen dentro de un área promedio de 10 m<sup>2</sup>. Dicha área de dispersión va disminuyendo a medida que aumenta el intervalo post mortem, ( $r^2$  0,967). Es interesante notar que, a pesar de la pérdida de partes anatómicas a lo largo del tiempo, la concentración de huesos mantiene una relación constante. En efecto, el análisis de

vecino más cercano mostro que en octubre 2016 (R: 0,66269) la relación entre las partes anatómicas no se diferencia en forma significativa a lo observado en abril de 2017. (R: 0,48713) ( $p < 0,05$ ). En la tabla 4 se puede observar que a pesar de mantener concentración (clustering) significativa, hay una disminución en el área de dispersión y los MNE a través del tiempo.

MES	MNE	Área m <sup>2</sup>
oct-16	73	10,4
nov-16	54	8,75
dic-16	27	3,6
ene-17	15	2,63
mar-17	13	2,56
abr-17	16	2,41

Tabla 4. Relación entre el MNE, intervalo pos mortem y área de dispersión en Equus caballus. (Fuente del autor)

No solamente las huellas de pisoteo constituyen evidencia de la presencia de alteración antrópica, (Figura 6), sino también la disposición espacial en la dispersión de los huesos. En efecto, el aumento de flujo pedestre, mayormente en sentido NE-SW, producen una rápida dispersión y pérdida de las diferentes partes anatómicas a partir del mes de diciembre.

Para evaluar si existe un patrón direccional en la dispersión espacial, aplicamos el estadístico R de Rayleigh (R:11,2  $p < 0,01$ ), cuyo resultado apoyaría la hipótesis que la orientación de los huesos no se da de forma aleatoria sino de manera unidireccional. Por su parte, el resultado de la prueba no paramétrica de espaciado de Rao (U:274  $p < 0,01$ ), apoya la hipótesis que la población de esta

muestra difiere de la uniformidad. Por último, el test de  $\chi^2$  (52,4  $p < 0,01$ ) rechaza la  $H_0$  que la muestra está uniformemente distribuida, es decir predomina una cierta dirección.

Para poder inferir la direccionalidad en la distribución espacial, se utilizó el valor de la mediana angular (Batschelet 1981, Fisher NI (1995) que es el ángulo formado a partir de 0 grado hasta el lugar en que los datos estén más cercanos. La medida de desviación circular, semejante a la desviación estándar, muestra que cuanto más grande es el número de r: 1 menos dispersión. En abril 2017 St Desv 31,5546. Como vemos en la Figura 5 la varianza angular indicaría un predominio del cuadrante NNE con su prolongación hacia el SW.

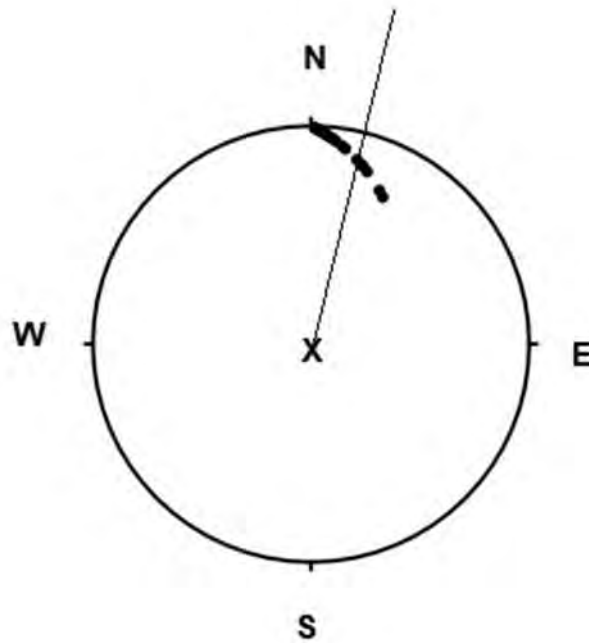


Figura 5. Gráfico de mediana y desviación angular de los huesos dispersados de *Equus caballus* correspondiente a abril de 2017.

Estos resultados estadísticos serían coherentes con un patrón de dispersión en sentido NE-SW que sigue la disposición geográfica de la costa en este sector. El tránsito pedestre e incluso automotor, tiene predominantemente esta dirección, y en estos cuadrantes se espera encontrar la

mayoría de los huesos dispersados por tránsito antrópico.

Si realizamos una comparación con la orientación de los huesos con octubre de 2016 el test de correlación circular de Jammalamadaka-Sengupta, mostrarían un  $T: -0.98289$ .



Figura 6. Dispersión de los huesos remanentes de Equus caballus para el último periodo de observación (abril de 2017).

## DISCUSIÓN

El seguimiento durante 12 meses de un esqueleto de *Equus caballus* en ambientes medanosos de la costa marítima de la provincia de Buenos Aires, muestran el rol que juegan las alteraciones pos depositacionales durante el intervalo post mortem.

Vemos que los estadios de meteorización alcanzan sus valores más altos (WS 2-3) durante los primeros seis meses, estabilizándose luego hasta el final de la secuencia. Estos resultados muestran cierta variación en el modelo de erosión meteórica (Behrensmeyer (1978), debido, probablemente a que los restos de *Equus* mantenían cierto grado de protección de la exposición ambiental (Pokines 2009, Tappen 1994, 1995, Collins et al. 2002) por la parcial momificación durante la primera etapa del IPM.

En cuanto a la dispersión de los huesos, estos siguen un patrón de orientación NNE similar a la geografía de la costa (Manheim et al. 2006). Para el mes de octubre de 2016, es decir siete meses

post mortem algunos huesos (miembros delanteros y costillas) se encontraban dispersos en un área de 10 m<sup>2</sup>. En abril de 2017, es decir quince meses de intervalo post mortem la dispersión se reducía a 2 m<sup>2</sup>, (vertebras y costillas no se movieron significativamente de su posición original

Durante los primeros seis meses del IPM hubo intervención de carnívoros (*Cannis familiaris*) en la desarticulación ya que aparecen evidencias de su acción. A partir del décimo mes, el pisoteo de origen antrópico fue la principal causa de dispersión, rotura y pérdida de partes anatómicas probablemente debido a la descomposición más rápida en un ambiente templado.

El porcentual de supervivencia ha mostrado una correlación positiva entre la densidad y la presencia de partes anatómicas durante los primeros siete meses de depositación. Sin embargo, un aumento de temperatura y régimen de lluvia, a comienzos de la época estival conlleva un aumento en la velocidad de desarticulación y la presencia de actividad antrópica, produciendo mayor dispersión y



perdida de elementos anatómicos. Sin embargo, un aumento en las tasas de sedimentación, entierran piezas anatómicas de baja densidad que son las que perviven in situ al final de la secuencia.

Este estudio permite proporcionar una explicación alternativa para la supervivencia de las diferentes partes anatómicas al final del periodo de observación en este sector de la costa de la Provincia de Buenos Aires. Los huesos sedimentados y protegidos de la meteorización y de la alteración antropica, mostraron poca evidencia de erosión superficial, concluyendo que la densidad ósea no parece estar vinculada a la representación esquelética diferencial.

## REFERENCIAS

1. Andrews, P. & Cook, J. (1985). Natural modifications to bones in a temperate setting. *Man*, 20: 675-691.
2. Andrews, Peter, and Whybrow, Peter, 2005. Taphonomic Observations on a Camel Skeleton in a Desert Environment in Abu Dhabi, *Palaeontologia Electronica* Vol. 8, Issue 1; 23A:17p, 1.5MB; *Palaeontologia Electronica* Vol. 8, Issue 1; 23A:17p, 1.5MB; [http://palaeo-electronica.org/paleo/2005\\_1/andrews23/issue1\\_05.htm](http://palaeo-electronica.org/paleo/2005_1/andrews23/issue1_05.htm)
3. Andrews, P. and Armour-Chelu, M. 1998. Taphonomic observations on a surface bone assemblage in a temperate environment. *Bulletin of the Geological Society of France*, 169:433-442.
4. Batschelet, E. (1981). *Circular Statistics in Biology*. Ed. Academic Press Inc. London, UK. 371 pp.
5. Behrensmeyer, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4:150-162
6. Behrensmeyer, A.K. 1984. Taphonomy and the fossil record. *American Anthropologist*, 72:558-566.
7. Behrensmeyer, Anna K. 1975 The taphonomy and paleocology of Plio-Pleistocene vertebrate assemblages east of Lake Rudolf, Kenya. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 146(10):473-578.
8. Behrensmeyer, A.K. (1983). Patterns of natural bone distribution on recent land surfaces: Implications for archaeological site formation. In (Clutton-Brock, J. & Grigson, C., eds.) *Animals and Archaeology: 1. Hunters and Their Prey*. BAR International Series 163, Oxford, pp. 93-106.
9. Behrensmeyer, A.K. & Miller, J.H. (2012). Building links between ecology and paleontology using taphonomic studies of recent vertebrate communities. In (Louys, J., ed.) *Paleontology in Ecology and Conservation*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 69-91
10. Bertola, R y Cortizo, L 2005 Transporte de arena en medianos litorales activos y colgados del

- sudeste de Buenos Aires Revista de la Asociación Geológica Argentina, 60 (1):174-184 (2005) 0004-4822/02 \$00.00 + \$00.50 © 2005 Asociación Geológica Argentina
11. Binford, L. 1981 *Bones: Ancient Men and Modern Myths*. Academic Press, New York.
  12. Binford, Lewis R., and Jack B. Bertram, 1977 Bone frequencies and attritional processes. In: *For theory building in archaeology*, edited by L. R. Binford, pp. 77-153. Academic Press. New York.
  13. Binford 1984 faunal remains from Klasies River mouth. Academic Press, New York.
  14. Blumenshine, R.J. (1986). Carcass consumption sequences and the archaeological distinction of scavenging and hunting. *Journal of Human Evolution*, 15:639-659.
  15. Boaz, N. J. and A. K. Behrensmeyer 1976 Hominid taphonomy: Transport of human skeletal parts in an artificial fluvial environment. *American Journal of Physical Anthropology* 45:53-60.
  16. Brain, C. K. 1967 Hottentot food remains and their bearing on the interpretation of fossil bone assemblages. *Scientific Papers of the Namib Desert Research Station* 32:1-7.
  17. 1981 *The hunters or the hunted: an introduction to African cave taphonomy*. Univ. of Chicago Press, Chicago.
  18. Carlson, K. y T. Pickering 2003 Intrinsic qualities of primate bones as predictors of skeletal element representation in modern and fossil carnivore feeding assemblages. *Journal of Human Evolution* 44: 431-450.
  19. Coe, M. (1978). The decomposition of elephant carcasses in the Tsavo (East) National Park, Kenya. *Journal of Arid Environments*, 1:71-86.
  20. Collins, M.J., Nielsen-Marsh, C.M., Hiller, J., Smith, C.I., Roberts, J.P., Wess, T.J., Csapo, T.J., Millard, A.R., Priyodich, R.V. & Turner-Walker, G. (2002). The survival of the organic matter of bone: A review. *Archaeometry*, 44: 383-394.
  21. Cruz, I. y D. Elkin 2003 Structural Bone Density of the Lesser Rhea (*Pterocnemia pennata*) (Aves: Rheidae). Taphonomic and Archaeological Implications. *Journal of Archaeological Science* 30: 37-44
  22. Dirrigl, F. J. Jr. 2001 Bone Mineral Density of Wild Turkey (*Meleagris gallopavo*) Skeletal Elements and its Effect on Differential Survivorship. *Journal of Archaeological Science* 28: 817-832.
  23. Elkin, D. 1995 Structural density of South American Camelid skeletal parts. *International Journal of Osteoarchaeology* 5: 29-37
  24. Faith, J.T. & Behrensmeyer, A.K. (2006). Changing patterns of

- carnivore modification in a landscape bone assemblage, Amboseli Park, Kenya. *Journal of Archaeological Science*, 33: 1718-1733.
25. Fisher NI (1995). *Statistical analysis of circular data*. Cambridge University Press, Cambridge
26. Forbes S L, K. Nugent, 2009 Dating of anthropological skeletal remains of forensic interest, in: S. Blau, D.H. Ubelaker (Eds.), *Handbook of Forensic Anthropology and Archaeology*, Left Coast Press, Walnut Creek, pp. 164–173.
27. Galloway, A., P. Willey y L. Snyder 1997 Human bone mineral densities and survival of bone elements: A contemporary sample. En *Forensic Taphonomy. The postmortem fate of Human Remains*, editado por W. D. Haglund y M. H. Sorg, pp. 295-317. CRC Press, Florida, USA
28. Galloway A, Birkby WH, Jones AM. Decay rates of human remains in an arid environment, *Journal of Forensic Science*. 1989, 34:607-616
29. García Mancuso, Rocío. 2008. Preservación de restos óseos humanos. Análisis de una muestra fetal contemporánea. La Zaranda de Ideas. *Revista de Jóvenes Investigadores en Arqueología* 4: XX-XX. Buenos Aires [https://www.researchgate.net/publication/260163696\\_Preservacion\\_de\\_restos\\_oseos\\_humanos\\_Analis\\_de\\_una\\_muestra\\_contemporanea](https://www.researchgate.net/publication/260163696_Preservacion_de_restos_oseos_humanos_Analis_de_una_muestra_contemporanea) [accessed Mar 21 2019].
30. Gilbert, Allan S., and Burton H. Singer 1982 Reassessing zooarchaeological quantification. *World Archaeology* 14:21-40.
31. Grayson, D. K. 1989 Bone Transport, Bone Destruction, and Reverse Utility Curves. *Journal of Archaeological Science* 16:643-652.
32. González, M 2008. Cuantificación anatómica y dispersión espacial de restos humanos del sitio laguna Tres Reyes 1 (Área Interserrana Bonaerense) *Comechingonia* (2008) ISSN:0326-7911-Gonzalez. 51-84 47
33. Haynes, G. (1982). Utilization and skeletal disturbances of North American prey carcasses. *Arctic*, 35: 266-281.
34. Hill, A 1979, Disarticulation and Scattering of Mammal Skeletons *Andrew Hill Paleobiology*, Vol. 5, No. 3. Stable URL: <http://links.jstor.org/sici?sici=0094-8373%28197922%295%3A3%3C261%3ADASOMS%3E2.0.CO%3B2-9>
35. Hill, A. (1976). On carnivore and weathering damage to bone. *Current Anthropology*, 17: 335-336.
36. Hill, A. (1980). Early postmortem damage to the remains of some contemporary East African mammals. In (Behrensmeyer, A.K. & Hill, A.P., eds.) *Fossils in the*

- Making: Vertebrate Taphonomy and Paleoecology.
37. Guthrie, R. Dale 1967 Differential preservation and recovery of Pleistocene large mammal remains in Alaska. *Journal of Paleontology* 41:243-246.
  38. Haglund WD, Reay DT, Swindler DR. Canid scavenging/disarticulation sequence of human remains in the Pacific Northwest. *J Forensic Sci* 1989;34(3):587-606.
  39. Junod, C.A. & Pokines J.T. (2014). Subaerial weathering. In (Pokines, J.T. & Symes, S.A., eds.) *Manual of Forensic Taphonomy*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 287-314.
  40. Klein, Richard G., and Kathryn Cruz-Uribe 1984 The analysis of animal bones from archeological sites. Univ. of Chicago Press, Chicago
  41. Kerbis Peterhans, J., Wrangham, R.W., Carter, M.L. & Hauser M.D. (1993). A contribution to tropical rainforest taphonomy: Retrieval and documentation of chimpanzee remains from Kibale Forest, Uganda. *Journal of Human Evolution*, 25: 485-514.
  42. Kreutzer, L. A. 1992 Bison and deer bone mineral densities: comparisons and implications for the interpretation of archaeological faunas. *Journal of Archaeological Science* 19: 271-294
  43. Larsen, C. 1997 *Bioarchaeology. Interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge University Press, Cambridge
  44. Love J, M. Marks, Taphonomy and time: estimating the postmortem interval, in: D.W. Steadman (Ed.), *Hard Evidence: Case Studies in Forensic Anthropology*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2003, pp. 160-175
  45. Lyman, R, L 1984 Bone Density and Differential Survivorship of Fossil Classes, *Journal of Anthropological Archaeology* 3, 259-299
  46. Lyman, L. 1994. *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press, Cambridge.
  47. Lyman, R.L. & Fox, G.L. (1997). A critical evaluation of bone weathering as an indication of bone assemblage formation. In (Haglund, W.D. & Sorg, M.H., eds.) *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 223-247
  48. Mann RW, Bass WM, Meadows L. Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. *J Forensic Sci* 1990;35(1):103-11.
  49. López, R, Marcomini S, Bunicintro M. 2016 Morfodinámica de las dunas costeras del Cabo san Antonio, Provincia de Buenos Aires, Argentina Rubén A. López 1,2, Silvia C. Marcomini 1, María

- P. Bunicontro. Latin American Journal of Sedimentology and basin Analysis, Vol. 23 (2) 2016, 111-125
50. Mengoni Goñalons, G. L. 1988. Análisis de materiales faunísticos de sitios arqueológicos. Xama 1:71-120
51. Manheim M.A.; Ginesse A. Listi, M.A.; and M. Leitner, 2006, The Application of Geographic Information Systems and Spatial Analysis to Assess Dumped and Subsequently Scattered Human Remains\_ J Forensic Sci, May 2006, Vol. 51, No. 3 doi:10.1111/j.1556-4029.2006.00108.x
52. Micozzi MS 1991. Postmortem change in human and animal remains: a systematic approach. Springfield, IL: Charles C. Thomas.
53. Miller, G.J. (1975). A study of cuts, grooves, and other marks on recent and fossil bones. 2. Weathering cracks, fractures, splinters, and other similar natural phenomena. In (Swanson, E.H., Jr., ed.) Lithic Technology: Making and Using Stone Tools. Aldine, Chicago, pp. 211-226.
54. Nasti, Atilio (2018) Temperatura Acumulada Diaria (ADD) y secuencia de desarticulación en la reconstrucción del intervalo pos mortem (IPM). Contribución a la tafonomía Forense. Revista de Antropología Biológica. Asociación Argentina de Antropología Biológica, 21(1). Doi: <https://doi.org/10.17139/raab.2019.0021.01.07>
55. Nasti A. (2019) Análisis de huellas de pisoteo y eólicas sobre huesos de un vertebrado moderno: contribución de la tafonomía al registro forense. Colombia Forense. 6(1): 1-22. doi: <https://doi.org/10.16925/2145-9649.2019.01.07>
56. Pokines J and Christopher J. H. Ames (2015). Weathering and dispersal of a cattle (*Bos taurus*) carcass in the desert of eastern Jordan over a six-year interval. Journal of Taphonomy 13 (1), 17-31.
57. Pokines, J.T. (2009). Forensic recoveries of U.S. war dead and the effects of taphonomy and other sitealtering processes. In (Steadman, D.W., ed.) Hard Evidence: Case Studies in Forensic Anthropology. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, pp. 141-154.
58. Pokines, J.T. (2014). Faunal dispersal, aggregation, and gnawing damage to bone in terrestrial environments. In (Pokines, J.T. & Symes, S.A., eds.) Manual of Forensic Taphonomy. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 201-248.
59. Pokines, J.T. & Symes, S.A., eds. (2014). Manual of Forensic Taphonomy. CRC Press, Boca Raton, FL.
60. Potmesil, M. (2005). Bone dispersion, weathering, and scavenging of cattle bones.

- Nebraska Anthropologist, Paper 6. [http://digitalcommons.unl.edu/nebanthro/6.]
61. Shipman, P. (1981). Life History of a Fossil. Harvard University Press, Cambridge, MA.
  62. Suby, J. A. y R. A. Guichón 2004. Densidad ósea y frecuencias de hallazgos en restos humanos en el norte de Tierra de Fuego. Análisis Exploratorio. Intersecciones en Antropología 5: 95-10
  63. Suby, J 2006. Estudio metodológico-comparativo de densidad mineral ósea de restos humanos por Absorciometría Fotónica (DXA). Intersecciones en Antropología 7: 277-285. 2006. ISSN 1666-2105 Copyright © Facultad de Ciencias Sociales - UNCPBA – Argentina
  64. Suby, J. A., R. A. Guichón, R. Cointy y J. L. Ferretti 2006 Bone Mineral Density of Human Bone Assemblages with periferic Quantitative Computed Tomography (pQCT). Laboratorio de Ecología Evolutiva Humana, Departamento de Arqueología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Necochea. MS.
  65. Tappen, M. (1994). Bone weathering in the tropical rain forest. Journal of Archaeological Science, 21:667-673.
  66. Tappen, M. (1995). Savanna ecology and natural bone deposition: Implications for early hominid site formation, hunting, and scavenging. Current Anthropology, 36: 223-260.
  67. Toots, H. (1965). Sequence of disarticulation in mammalian skeletons. Contributions to Geology, 4:37-39.
  68. Trueman, C.N.G., Behrensmeyer, A.K., Tuross, N. & Weiner S. (2004). Mineralogical and compositional changes in bones exposed on soil surfaces in Amboseli National Park, Kenya: Diagenetic mechanisms and the role of sediment pore fluids. Journal of Archaeological Science, 31: 721-739.
  69. Turno Orellano H, Cortizo, L Isla F, y g. Bertola 2002 Modelo sedimentario de la barrera medanosa al norte de Villa Gesell (provincia de Buenos Aires) – de aplicación hidrogeológica. AAS Revista, vol. 9,nº 2: 109-126. Asociación Argentina de Sedimentología ISSN 0328 1159
  70. Wescott DI 2018 Recent advances in forensic anthropology: decomposition research, Forensic Sciences Research, 3:4, 327-342, DOI:10.1080/20961790,2018.1488571
  71. Western, D. & Behrensmeyer, A.K. (2009). Bone assemblages track animal community structure over 40 years in an African savanna ecosystem. Science, 324: 1061-1064.
  72. Willey, P., A. Galloway y L. Snyder 1997 Bone Mineral



Density and survival of elements  
and element portions in the bones  
of the Crow Creek Massacre

Victims. American Journal of  
Physical Anthropology 104: 513-  
528.



**Revista Mexicana de Medicina Forense  
y Ciencias de la Salud**