

Control Tafonómico y Geoquímico del registro Camelidae en base a Difractometría de RX (DRX). Puna Austral Argentina (Holoceno Temprano y Tardío)

Silvana V. URQUIZA

Resumen: CONTROL TAFONÓMICO Y GEOQUÍMICO DEL REGISTRO CAMELIDAE EN BASE A DIFRACTOMETRÍA DE RX (DRX). PUNA AUSTRAL ARGENTINA (HOLOCENO TEMPRANO Y TARDÍO).

El registro óseo faunístico exhibe una preservación diferencial en los sitios arqueológicos a cielo abierto y aleros de la Puna Austral de Argentina. Dada esta variabilidad, y con el fin de establecer los principales factores que actuaron como elementos de control tafonómico sobre los huesos y piezas dentales de Camelidae (ca. 9000 años AP hasta Período Republicano), se realizaron estudios petrográficos y geoquímicos aplicando DRX.

Las muestras presentan un comportamiento diagenético diferente, siendo los huesos más sensibles que los esmaltes dentales a las variaciones en la composición química. En los sitios aleros la diagénesis fue más intensa, donde la DRX ósea muestra picos de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ con reemplazo mineral de KCl para el Holoceno temprano. En el Holoceno tardío, para el alero y para los sitios a cielo abierto se observan picos de PH_3 . El material óseo alterado térmicamente y las partes dentales no muestran reemplazos minerales.

Abstract: TAPHONOMIC AND GEOCHEMICAL CONTROLS ON CAMELIDAE RECORD USING X-RAY DIFFRACTION (XRD). ARGENTINE SOUTHERN PUNA (EARLY AND LATE HOLOCENE). In order to assess the variability in preservation of the bone record from the ca. 9000 BP to recent date were conducted several X-ray Diffraction (XRD) and petrographical analysis on samples from several archaeological sites from the Southern Argentine Puna. The samples are composed of bone and teeth from open-air and overhang sites.

Samples display variability in diagenetic pathways, being bones more sensitive than teeth to suffer chemical exchanges. In overhang sites diagenetic processes were more intense, displaying XRD high values of $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ and mineral exchange of KCl to the Early Holocene. In Late Holocene, in open-air and overhang sites were observed high values of PH_3 . Thermal altered bones and teeth fragments have not displayed mineral exchanges.

Palabras clave: Geoquímica. Tafonomía. Camelidae. Holoceno. Puna Argentina.

Key words: Geochemistry. Taphonomy. Camelidae. Holocene. Argentine Puna.

Introducción

El área de estudio se ubica en la Puna Austral de Argentina (Alonso *et al.*, 1984), donde el clima es Árido Andino Puneño (Daus y García Gache, 1945) con gran amplitud térmica diaria, intensa radiación solar y reducidas precipitaciones estivales (0 a 200 mm anuales). En este marco, los suelos son muy pobres en materia orgánica, con escaso desarrollo y textura arenosa (Urquiza *et al.*, 2009). Predominan las estepas arbustiva, herbácea, halófila y sammófila, y las vegas (Troll, 1958; Cabrera, 1976), y entre la fauna Camelidae (*Vicugna vicugna*, *Lama glama*), carnívoros (*Puma concolor* y *Lycalopex culpaens andinus*), Rodentia (Abrocomidae, Caviidae, Chinchillidae, Ctenomyidae, Cricetidae) y Aves (Phonicopteridae, Anatidae, *Vultur griphus*, *Rhea pennata*) y fauna exótica como Caprinae.

¹⁾ Instituto Superior de Estudios Sociales-CONICET; Instituto de Arqueología y Museo- Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán. San Martín 1545 (4000), San Miguel de Tucumán, Argentina. silvanaurquiza@csnat.unt.edu.ar

Antofagasta de la Sierra pertenece a la cuenca de drenaje endorreico de los ríos Toconquis-Calalaste-Punilla/Antofagasta, que desaguan en la laguna de Antofagasta, determinada por dos volcanes y un campo de lavas. Uno de los tributarios del río Punilla es el río Las Pitas en cuyas márgenes se localizan los sitios arqueológicos analizados. Estos se asientan sobre farallones de ignimbritas en las inmediaciones de la caldera volcánica del Cerro Galán (5.912 msnm), el cual generó una cubierta de ignimbritas con diaclasamientos columnares en numerosas efusiones cubriendo más de 3.500 km² (Francis *et al.*, 1978; Guillou y González, 1984). Este gran depósito de ignimbritas es de color gris blanquecino, teñido superficialmente por óxidos de hierro, con una textura general porfídica, fenocristales de cuarzo, plagioclasas y biotitas en una pasta afánítica (Guillou y González, 1984). El análisis petrográfico de las ignimbritas realizado por Francis *et al.* (1989) muestra que contienen conjunto de fenocristales de plagioclasa, biotita, cuarzo y óxidos, y sugieren que estas rocas representan las fundiciones de una región profunda y uniforme de la corteza por debajo del Cerro Galán.

El vulcanismo en la Puna se inicia en el Paleoceno, lo que generó que la petrografía de las rocas sea ácida y mesosilícica, y continúa hasta el Pleistoceno, momento en que las rocas se tornan homogéneamente mesosilícicas con dominio de andesitas, culminando con una efusividad de carácter básico (Irgazabal, 1999). El paisaje actual presenta planicies onduladas interrumpidas por cordones montañosos y conos volcánicos generados por eventos geológicos relativamente recientes (Urquiza *et al.*, 2009).

En la cuenca media del río Las Pitas en Antofagasta de la Sierra (Puna de Catamarca), para el lapso *ca.* 8.000 a 400 años AP, los camélidos son los animales más abundantes y han sido inestimables tanto en el aporte de proteínas a la dieta como para la elaboración de tecnofacturas (Olivera y Elkin, 1994; Elkin, 1996; Olivera, 1997; Urquiza, 2009, 2010; Urquiza *et al.*, 2013; Urquiza y Aschero, 2014; entre otros). Desde el Holoceno temprano con grupos cazadores recolectores especializados en la caza de camélidos silvestres como recurso multipropósito (carne, tendón, cuero, fibra, hueso, etc.), hasta grupos pastores de llamas y cazadores de camélidos silvestres (Urquiza y Aschero, 2014).

Para el área de Antofagasta el registro óseo arqueofaunístico presenta en general buena conservación, sin embargo, hemos observado preservaciones diferenciales en los sitios a cielo abierto y aleros. Esta variabilidad respondería a una dinámica postdeposicional controlada por la meteorización y la diagénesis (Pike, 1993; Nielsen-Marsh, 1997; Gutiérrez, 2007; Urquiza *et al.*, 2009; entre otros).

Con el objetivo de establecer los principales factores que actuaron como elementos de control tafonómico sobre huesos de camélidos provenientes de sitios a cielo abierto y alero (*ca.* 8.000 a 400 años AP) se realizaron estudios geoquímicos y petrográficos. Los sitios estudiados (Fig. 1) se localizan en el curso medio del río Las Pitas, sobre la margen izquierda del río se ubican el alero Punta de la Peña 4 (PP4) y los sitios a cielo abierto Punta de la Peña 9 - I (PP9 - I, Estructuras 2 y 3), Piedra Horadada 1 (PH2, Estructura 1) y en la margen derecha Peñas Chicas 1.6 (PCh1.6). El sitio alero Punta de la Peña 4 (PP4) está situado sobre el borde de un farallón de ignimbrita diaclasado a 3.650 msnm (26°1'40.26" S y 67°20'33.17" O) con una amplia secuencia ocupacional que abarca el Holoceno Temprano (*ca.* 8900 a 8300 años AP), Holoceno Tardío (*ca.* 4500 a 3200 años AP) continuando hasta el 500 AP, con una última ocupación como corral en el Siglo XX en el sector bajo cubierta del alero (Urquiza y Aschero, 2014). En el sector sin cubierta del alero para los niveles del Holoceno temprano, los huesos presentan una preservación deficiente y se recuperaron packs concrecionales (Fig. 2 B) conteniendo fragmentos óseos, lascas de obsidiana y carbones con alto contenido de albúmina (Urquiza y Aschero, 2014) que podrían vincularse con el faenamamiento de animales en esta área descubierta del sitio.

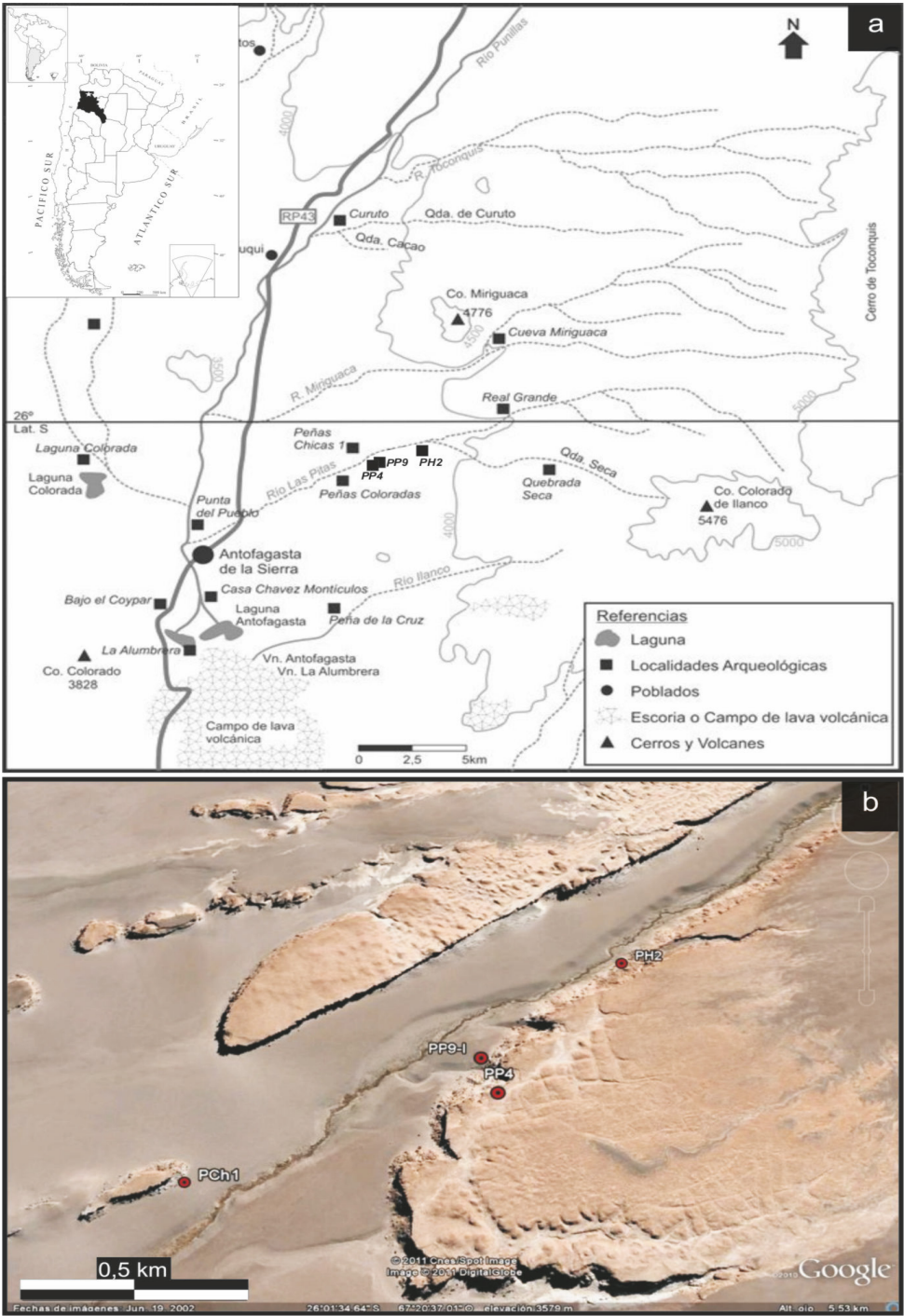


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios a cielo abierto (PP9-I, PCh 1.6, PH2) y alero (PP4) y su localización en los farallones de ignimbrita de Punta de la Peña (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). / Figure 1. Location map of open-air (PP9-I, PCb 1.6, PH2) and overhang (PP4) sites, and their position in the ignimbrite outcrops of Punta de la Peña (Antofagasta de la Sierra, Catamarca).

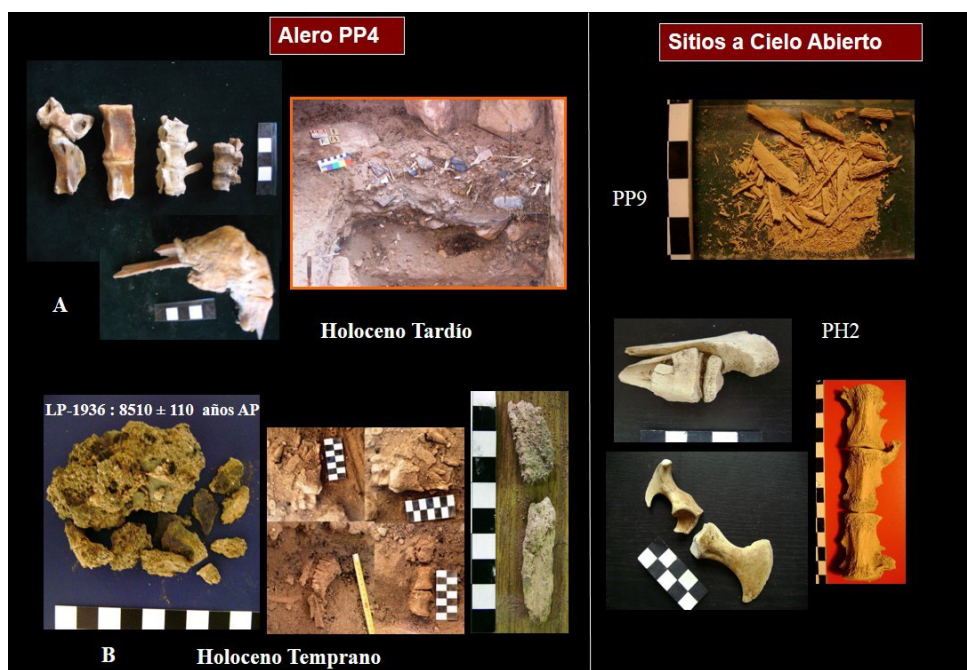


Figura 2. Comparación de las muestras óseas de Camelidae de los sitios a cielo abierto y del alero Punta de la Peña 4 (PP4). **A)**- Huesos con buena preservación y en estratigrafía del Holoceno tardío. **B)**- se muestran los huesos con baja preservación y en estratigrafía correspondientes al Holoceno temprano./**Figure 2.** Comparison of Camelidae bone samples of open-air sites and the overhang site Punta de la Peña 4 (PP4). **A)**- Well preserved bones in their stratigraphic section of late Holocene. **B)**- Bad preserved bones in their stratigraphic context of the early Holocene.

La Estructura 1, del sitio Piedra Horadada 2 (PH2) es un asentamiento a cielo abierto entre bloques de ignimbrita derrumbados, se encuentra a una altitud de 3.640 msnm ($26^{\circ}01'25.21''$ S y $67^{\circ}20'18.41''$ O), y está conformado por estructuras arquitectónicas de variadas dimensiones de planta circular y sub-circular. La estructura 1 (E1) está datada entre 690 ± 60 años C14 AP y 580 ± 60 años C14 AP, presenta en su interior una roca de gran tamaño y peso (monolito o “huanca”), definido como un sitio de carácter ritual y/o de pernocte de caravanas de llamas (Urquiza *et al.*, 2013).

Contiguo al farallón de ignimbrita, a *ca.* 3.600 msnm sobre una terraza fluvial se emplaza el sitio Punta de la Peña 9 I (PP9. I). Está constituido por estructuras datadas para el primer milenio AD (Babot *et al.*, 2006; López Campeny y Escola, 2007). La Estructura 3 (E3) presenta diversas ocupaciones agropastoriles y se definió como un recinto de actividades múltiples con depósitos intencionales de objetos en su exterior (Babot *et al.*, 2006, 2007), a éste se adosan dos recintos someros (E2 y E7) vinculados a actividades específicas (López Campeny y Escola, 2007). La estructura 2 ha sido datada en el nivel 4 en 1.270 ± 50 años AP (UGA 15101; endocarpo de chañar) (López Campeny y Escola, 2007). La E3 se define como un espacio de actividades múltiples y corral para el nivel 2(3) (1.290 ± 70 AP-LP 2110) (Escola *et al.*, 2016).

En la margen opuesta del río Las Pitas sobre una terraza del mismo, se ubica el sitio Peñas Chicas 1.6 (PCh 1.6) ($26^{\circ}1'43,6''$ S y $67^{\circ}20'51,7''$ O), a 3.586 msnm, el cual habría funcionado como una base residencial a cielo abierto hacia *ca.* 3.800 años AP (Hocsman, 2006; Aschero y Hocsman, 2011).

Diversas investigaciones tafonómicas se realizaron para este sector de la Puna Austral e incluyeron el estudio de carnívoros (Elkin y Mondini, 2001; Mondini, 1995, 2002, 2003; Nasti, 2000, entre otros), análisis sobre densidad ósea (Elkin y Zanchetta, 1991; Elkin, 1995; Cruz y Elkin, 2003) y la preservación de los conjuntos esqueléticos animales (Nasti, 1991, 1995; Olivera *et al.*, 1991 - 92 y Olivera y Nasti, 1993; Urquiza *et al.*, 2009; Urquiza, 2010; entre otros).

En el alero PP4, para los niveles superiores, correspondientes al Holoceno Tardío, la conservación ósea es buena, sin embargo, para los niveles tempranos los huesos se encuentran en mal estado de preservación; mientras que en los sitios a cielo abierto la conservación es variable.

Los huesos enterrados pueden verse afectados por los cambios químicos que ocurren dentro del sustrato que los contiene, quedando registrados en su superficie (e.g. carbonatos, sulfatos) y/o en su estructura. Uno de los factores de mayor importancia es el pH del suelo, pudiendo influir además en contextos con drenaje insuficiente los microorganismos que degradan la materia orgánica vinculada al material óseo (Urquiza *et al.*, 2009).

Aplicación de la DRX

El tejido duro de los huesos contiene en mayor proporción hidroxiapatita $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ y trifosfato de calcio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, a estos se suman en pequeñas cantidades cationes y aniones como Mg^{2+} , Fe^{2+} (en sangre), F^- y Cl^- . Debido al intercambio celular el hueso puede presentar trazas de Na^+ , K^+ , ácido ascórbico, ácido cítrico, polisacáridos e incluso átomos pesados como Ba^{2+} , Sr^{2+} y Pb^{2+} (Mendoza Barrera *et al.*, 2004), los que pueden ser detectados con la DRX.

Se ha aplicado la metodología de DRX en huesos humanos arqueológicos (Byrne y Parris, 1987; Sillen, 1989; Rodríguez Ruiz *et al.*, 2002; entre otros) y huesos de mamíferos fósiles (Brophy y Nash, 1968; Bartsiokas y Middleton, 1992; Perason *et al.*, 1995, 1996; Sillen y Parkington, 1996; Farlow y Argast, 2006; Merino y Morales, 2008; Piga *et al.*, 2009, 2011; Tomassini, 2012).

Este análisis se llevó a cabo como una prueba con el fin de analizar si es factible ver a través de la difracción de rayos X el reemplazo de los minerales que componen los huesos de Camelidae por los minerales del sustrato que los contiene y particularmente su correspondencia con la preservación ósea diferencial presente en el alero PP4 comparándolas con muestras de sitios aledaños a cielo abierto.

Metodología

Se seleccionaron muestras de la roca de caja, y 41 muestras de Camelidae adultos y sub-adultos: diáfisis de huesos largos (metapodios - tibias - radio), huesos planos (escápula, maxilar) y cortos (carpiano) y piezas dentales (molares), representativas de todos los niveles estratigráficos del sitio alero PP4 y de los sitios a cielo abierto PP9 - I (E2-E3), PCh1.6 y PH2 (E1).

Las muestras de mano provenientes de la roca de caja de los sitios arqueológicos se estudiaron petrográficamente en el Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO, Universidad Nacional de Tucumán - CONICET).

Con el fin de establecer los factores de control tafonómico en los conjuntos esqueléticos (piezas dentales y huesos) de camélidos, se controlaron los estados de meteorización (Behrensmeyer, 1978) con los cuales se observa el grado de destrucción óseo producto de agentes físicos

y/o químicos. Las muestras óseas que presentaban meteorización 2 fueron secadas en estufa. Paralelamente se incluyeron muestras óseas termoalteradas intencionalmente y clasificadas dentro de los 5 estadios de termoalteración (S1 a S5) de Nicholson (1993). El material óseo con alteraciones térmicas procede de los desechos de consumo humano y se vincula con áreas de combustión (Urquiza y Aschero, 2014).

Se llevaron a cabo difractometrías de Rayos X (DRX) empleando el equipo de rayos-X Philips PW 1012/20 con cátodo de Cobalto (Co), en el Instituto de Estratigrafía y Sedimentología Global (IESGLO) de la Universidad Nacional de Tucumán. Se empleó el método del polvo, por el cual cada espécimen es molido lo más fino posible y montado en un material amorfo, obteniendo difractogramas para cada muestra.

Resultados

Análisis Petrográfico

La muestra es una ignimbrita brechosa, matriz soporte y meteorizada (variable). Presenta color pardo grisáceo, entre 10R5/4 y 5YR5/2 (Munsell, 2011), y se caracteriza por contener un 10 % de fragmentos líticos. La matriz es criptocristalina con textura de arena fina y color pardo, presentándose deleznable al tacto. Esta característica se debe a una intensa meteorización que ha lixiviado el cemento de la matriz. Los clastos contenidos en esta matriz presentan una distribución regular en la muestra, exhibiendo la misma en su porción superior un arreglo granocreciente. Los fragmentos líticos son los más abundantes y están representados principalmente por rodados subredondeados a angulares de metamorfitas grises pobremente seleccionadas, y en menor medida por intraclastos de ignimbrita.

Las metamorfitas integran a su vez dos grupos: uno mayor constituido por clastos elipsoidales a subesféricos, con una longitud del eje mayor de entre 1,2 cm y 0,7 cm. El grupo menor presenta una forma subesférica a esférica (*sensu* Zingg, 1935). La litología de los clastos sugiere que provienen del basamento y su morfología un cierto grado de transporte fluvial.

Los intraclastos de ignimbrita presentan un color gris claro. Su forma es subesférica-subangular (*sensu* Zingg, 1935). Se observan cristales de minerales máficos en una pasta afánica criptocristalina. La longitud del eje mayor en estos clastos varía entre 2,5 cm y 0,4 cm. La menor representación de fragmentos líticos corresponde a resistatos de cuarzo, metamorfitas e intraclastos de ignimbrita con textura de arena media a gruesa, fluviales y de forma subesférica angular (*sensu* Zingg, 1935).

Difractometría de Rayos X (DRX)

Se realizaron pruebas con el fin de analizar si es factible observar a través de la DRX el reemplazo de los minerales que componen los huesos de animales por los minerales del sustrato que los contiene y particularmente su correspondencia con la preservación ósea diferencial.

Discusión

En los ambientes desérticos los agentes de meteorización (e.g. tormentas torrenciales, viento, crioclastia) son intensos, por lo que la ignimbrita presenta grados de alteración.

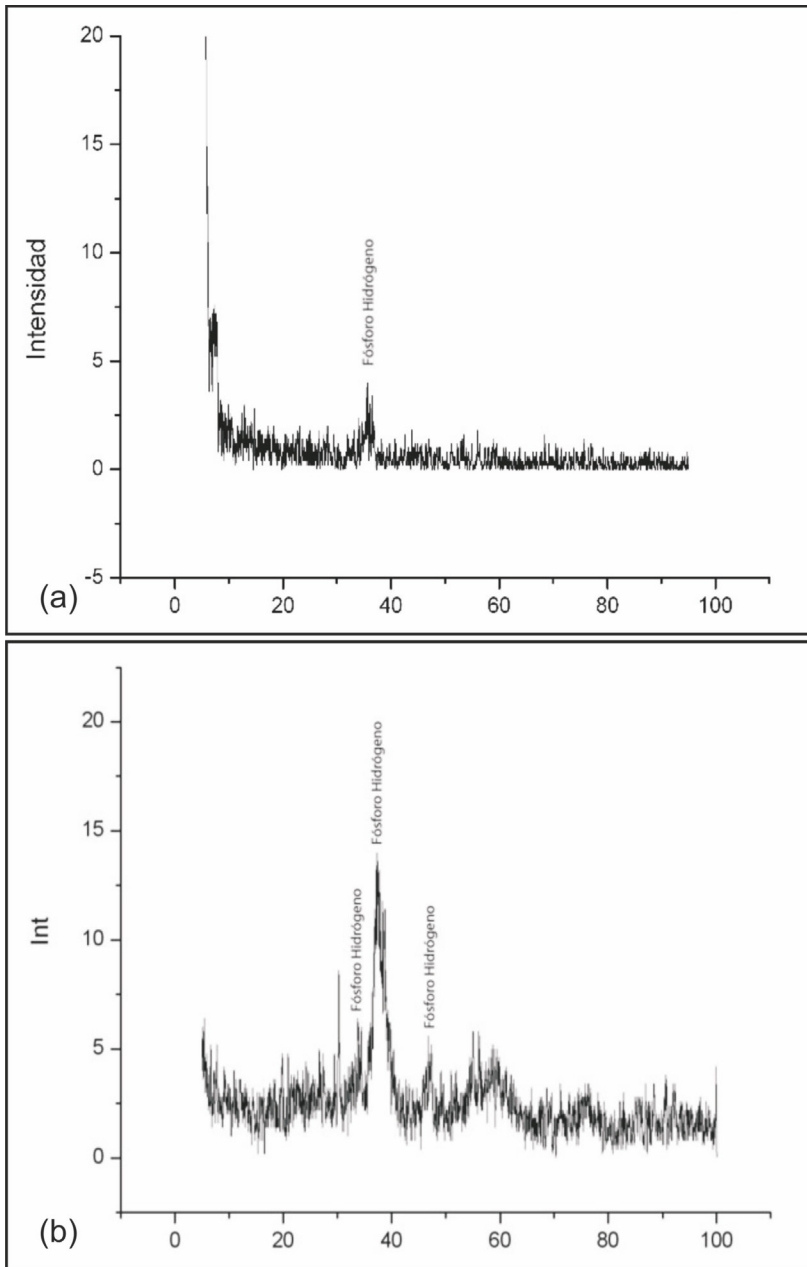


Figura 3. Difractogramas de rayos-X mostrando picos de PH_3 en diáfisis de Camelidae con meteorización 2 procedentes del: (a) sitio PH2- E1, metapodio (580 ± 60 años AP); (b) sitio alero PP4, tibia (540 ± 40 años AP)./ **Figure 3.** X-ray diffraction diagrams exhibiting high values of PH_3 Camelidae diaphysis with meteorization 2 from: (a) PH2-E1 site, metapodium (580 ± 60 years BP); (b) PP4 overhang site, tibia (540 ± 40 years BP).

Una variable importante en el control de los posibles intercambios entre aniones y cationes es el potencial Hidrógeno (pH), siendo un regulador indiscutible de los procesos tafonómicos de alteración química que sufren los conjuntos arqueofaunísticos (Urquiza *et al.*, 2009).

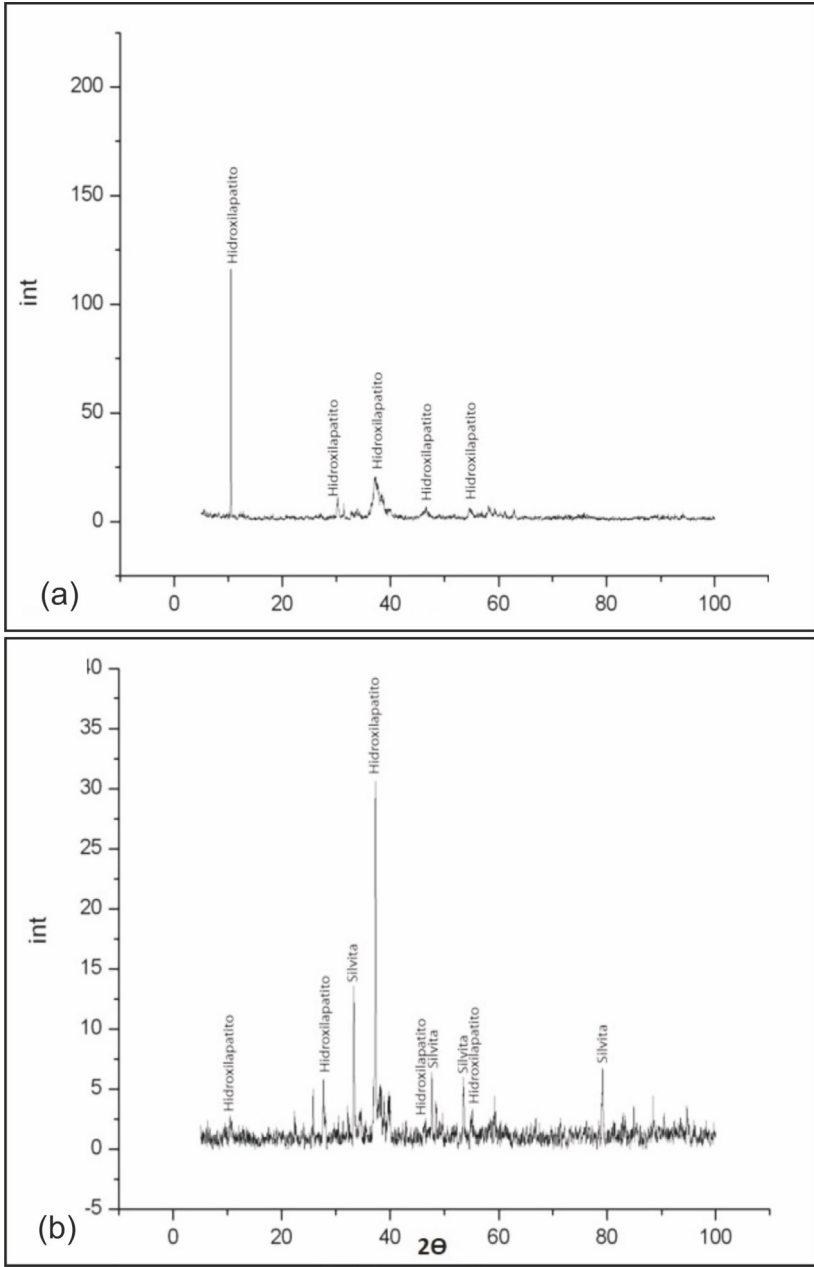


Figura 4. Difractogramas de rayos-X correspondiente a tibias de Camelidae con meteorización 4 procedentes del: (a) sitio a cielo abierto PP9 (I) E2 (nivel 5) sin reemplazo mineral y (b) del sitio alero PP4 (nivel 6) exhibiendo picos de KCl./ **Figure 4.** X-ray diffractograms corresponding to Camelidae tibiae with weathering 4 from: (a) open-air PP9 (I) E2 (level 5) site without mineral replacement and, (b) from PP4 (level 6) overhang site exhibiting high values of KCl.

En su fase mineral el hueso de los animales y hombres está constituido por hidroxiapatita no estequiométrica o bioapatita $[Ca_5(PO_4)_3OH]$, es un sólido transparente, poco soluble en agua de $pH < 5$, presentando una estructura iónica que lo torna apropiado a cambios químicos y geológicos (Nielsen-Marsh *et al.*, 2002; Gutiérrez, 2001, 2007).

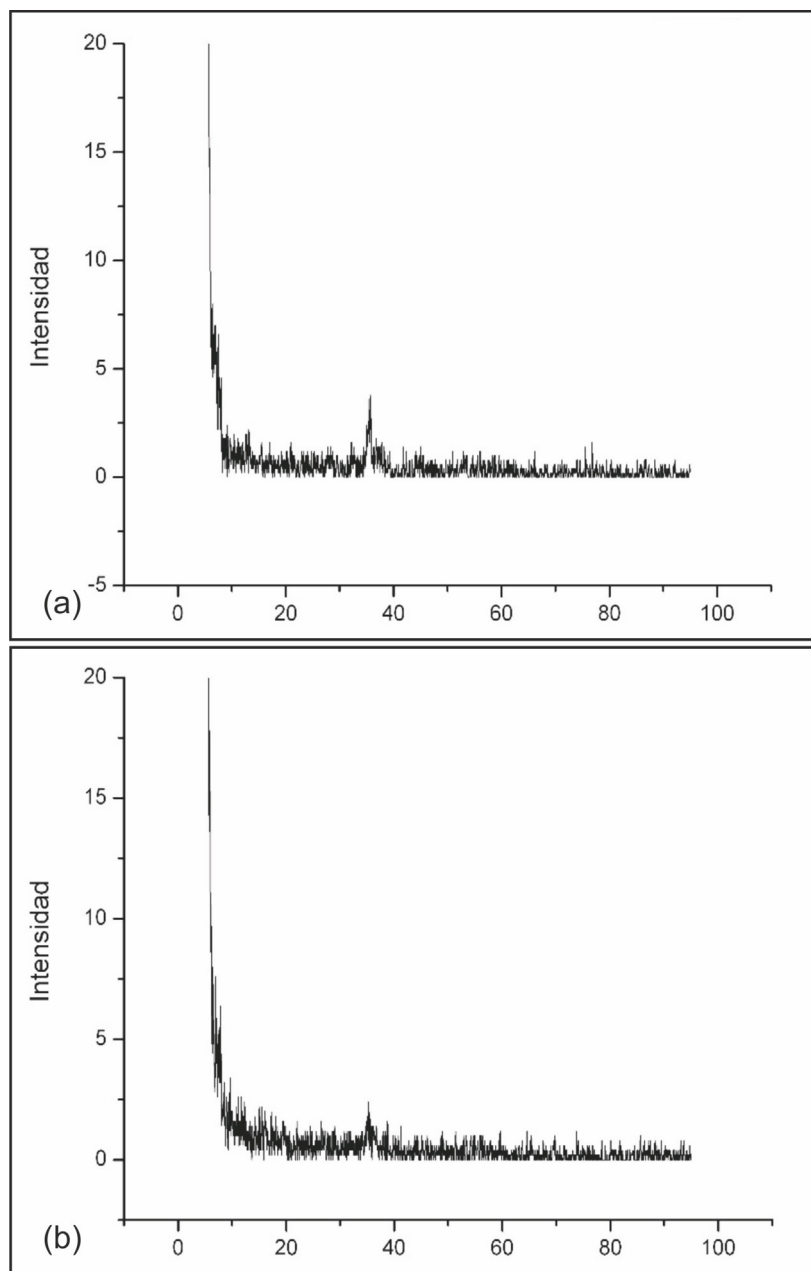


Figura 5. Difractogramas de rayos-X sin reemplazos minerales del sitio a cielo abierto PH2-E1: a) diáphisis de Camélidae alterada térmicamente-S3 (580±60 años AP); y b) molar de Camélidae (690±60 años AP)./ **Figure 5.** X-ray diffraction diagrams without mineral replacement from open-air PH2-E1 site: a) *Camélidae* diáphysis with thermal alteration S3 (580±60 years BP); and b) *Camélidae* molar (690±60 years BP).

El análisis de la difracción de RX demuestra un elevado contenido de hidroxiapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), Cuarzo (SiO_2), Silvita (KCl) y Fósforo hidrógeno (PH_3). La totalidad de la hidroxiapatita determinada proviene de la meteorización química del material óseo.

El cuarzo (SiO_2) es el mineral más abundante en la corteza terrestre, encontrándose presente en cualquier tipo de roca. Por su dureza de 7 en la escala de Mohs, es considerado sedimentológicamente un resistato, es decir que es muy resistente a la meteorización física y química, por lo que el pH bajo no lo afecta, siendo la sílice prácticamente inalterable y comúnmente se encuentra en cualquier depósito sedimentario.

La Silvita (KCl) en los suelos arenosos el KCl se lixivia ya que no pueden retener los cationes y el K intercambiable disminuye. Al ser un cristal iónico de alta solubilidad en contacto con el agua se disuelve completamente.

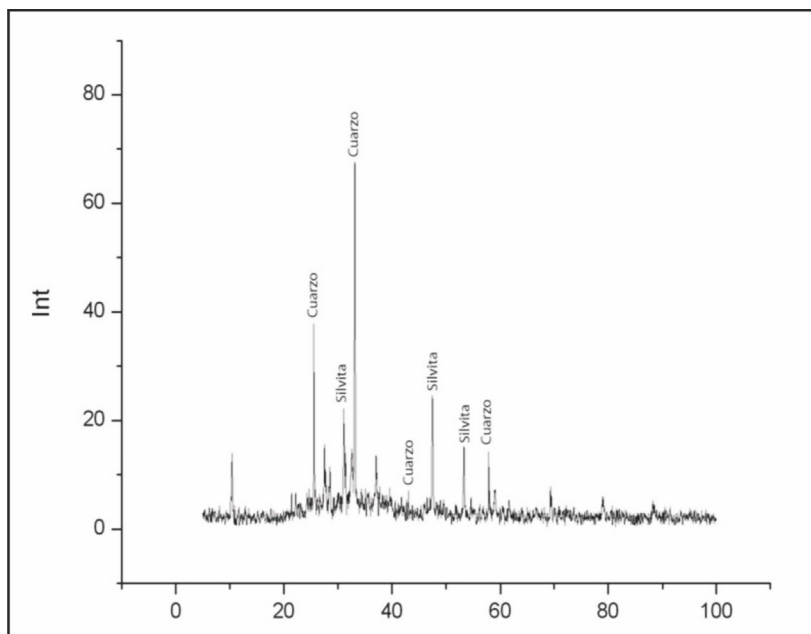


Figura 6. Difractograma de rayos-X mostrando picos de KCl en un pack concrecional del Holoceno temprano procedente del sector sin cubierta del sitio alero Punta de la Peña 4 (PP4). / **Figure 6.** X-ray diffractogram exhibiting high values of KCl in a concretion from early Holocene from the uncovered sector of the overhang Punta de la Peña site (PP4).

El Hidruro de Fósforo (PH_3), también llamada Fosfina, Fosfamina o Hidrógeno fosforado, es un gas incoloro, poco soluble en agua y de gran combustibilidad. Surge naturalmente de la degradación de materia orgánica en pequeñas cantidades y presenta fuerte olor. La Fosfina puede transformarse en ácido fosfórico al reducir el oxígeno de los cuerpos tornándose tóxico su contacto o inhalación. Cuando los cuerpos de vertebrados se descomponen liberan diferentes tipos de gases, los huesos van perdiendo progresivamente su estructura y se van debilitando haciéndose más frágiles por la pérdida de oseína quedando la parte mineral ósea (CaCO_3), durante esta etapa de esqueletización con la desecación y destrucción de materia orgánica liberan Hidruro de Potasio (HK) y Fosfina (PH_3) (Aranibar, 2006).

En la Estructura 2, del sitio a cielo abierto Punta de la Peña 9-I se recuperaron diversos materiales arqueológicos como minerales y microperforadores cilíndricos de calcedonia probablemente asociados a la manufactura de cuentas; la ocupación más temprana fue datada 1270 ± 50 años AP (nivel 4) (López Campeny y Escola, 2007) para el cual la DRX realizada en una diátesis de metapodio de llama (*Lama glama*) nos indica un reemplazo de la Hidroxiapatita por PH_3 . El mismo reemplazo por Fosfina se observa en un metapodio de camélido (580 ± 60 años AP) vinculado con una estructura circular de rocas empleada como reparo de fogón en momentos agropastoriles.

En los sitios a cielo abierto PCh1.6 y PP9I (E3) a pesar de los diferentes grados de meteorización

del material óseo de camélidos no han sido reemplazados. En los sitios a cielo abierto PP9I (E2) y PH2 (E1) los metapodios de Camelidae (*Lama glama*) con meteorización en estadio 2 y 3, presentan reemplazo de Hidroxiapatita por Fosfina (PH₃), para el Holoceno tardío (Tabla 2 y Fig. 3).

En el sitio alero PP4, para el Holoceno temprano (540 ± 40 , 690 ± 50 y 750 ± 60 años AP) se observan reemplazos por Fosfina (PH₃) exclusivamente en el sector cubierto del alero. Estos se han dado en tibias y metapodios de camélidos con estadio de meteorización 2 y 3 (Fig. 3). Mientras que para el Holoceno temprano (8.320 ± 120 y 8.970 ± 60 años AP), los cambios minerales se registran en el sector sin cubierta del alero, con reemplazo por cristales de Silvita (KCl) en tibias de camélidos que presentan mala preservación (Tabla 1 y Fig. 4).

Nivel estratigráfico	Edad	Sector del alero PP4	Cuadrícula	Muestra	Meteorización	Alteración Térmica	Pico de sustancia en Rx
1	990 ± 40 AP (UGA 260)	Sin cubierta	J7b	Metapodio Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
1	990 ± 40 AP (UGA 9260)	Sin cubierta	J7b (b)	Molar Camelidae	-	-	Hidroxiapatita
1	750 ± 60 AP (LP 1595)	Cubierto	L4a	Tibia subadulto Camelidae	3	-	Hidroxiapatita + PH
2	-	Sin cubierta	J8b (c) (z)	Tibia Camelidae	-	S 4	Hidroxiapatita
2	-	Sin cubierta	J8b (a) (z)	Molar Camelidae	-	-	Hidroxiapatita
2	-	Sin cubierta	J8b (b) (z)	Metapodio Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
2	-	Línea de Goteo	F8b	Costilla Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
2	-	Cubierto	H2	Metapodio Camelidae	-	S 3	Hidroxiapatita
2	-	Sin cubierta	G6b	Ignimbrita	-	-	Moscovita + Ceolita
2	540 ± 40 AP (UGA 9263)	Cubierto	L4a	Tibia <i>Lama glama</i>	2	-	PH
3	560 ± 50 AP (UGA 15088)	Cubierto	L3d (d)	Escápula subadulto Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
3	-	Línea de Goteo	G5b	Costilla subadulto Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
3	690 ± 50 AP (AMS 15090)	Cubierto	L3d (a)	Metapodio Camelidae	2	-	Hidroxiapatita + PH
3	690 ± 50 AP (UGA 15090)	Cubierto	L3d (b)	Patella Camelidae	-	S4	Hidroxiapatita
3	460 ± 70 AP (LP 869)	Línea de Goteo	G4d (a)	Metapodio Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
3	460 ± 70 AP (LP 869)	Línea de Goteo	G4d (b)	Metapodio Camelidae	-	S3	Hidroxiapatita
3	470 ± 50 AP (UGA 9265)	Sin cubierta	J7b	Metatarso Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
3z	700 ± 40 AP (UGA 15089)	Cubierto	M3a	Tibia Camelidae	-	S2	Hidroxiapatita
4	3.870 ± 90 AP (Beta 77748)	Sin cubierta	K8c	Maxilar inferior Camelidae	3	-	Hidroxiapatita
6 (2°ext)	8.510 ± 110 AP (LP 1936)	Sin cubierta	K8c (a)	Metapodio Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
6 (2°ext)	8.510 ± 110 AP (LP 1936)	Sin cubierta	K8c (b)	Metapodio Camelidae	-	S3	Hidroxiapatita
6 (2°ext)	8.510 ± 110 AP (LP 1936)	Sin cubierta	K8c (c)	Molar Camelidae	-	-	Hidroxiapatita
6 (1°ext)	8.320 ± 120 AP (LP 1933)	Sin cubierta	J7d	Tibia Camelidae	4	-	Hidroxiapatita + KCl
6 (1°ext)	8.320 ± 120 AP (C14- LP 1933)	Sin cubierta	J7d	Concreción	-	-	SiO ₂ + KCl
6 (3°ext)	8.970 ± 60 AP (UGA 9255)	Sin cubierta	K8c	Tibia Camelidae	4	-	Hidroxiapatita + KCl

Tabla 1. Sustancias en los picos de RX en ignimbrita (roca de caja), y en huesos y piezas dentales de Camelidae con sus respectivas etapas de meteorización (Behrensmeyer, 1978) y estadios de alteración térmica (Nicholson, 1993), procedentes del sitio alero Punta de la Peña 4 (PP4), Puna Argentina. / **Table 1.** Components in X-ray diffraction high values on ignimbrite (host rock), and bones and teeth of Camelidae, with their respective meteorization stages (Behrensmeyer, 1978) and their stages of thermal alteration (Nicholson, 1993), from the overhang Punta de la Peña 4 site (PP4), Argentine Puna.

Por último, la difracción realizada sobre la muestra de las concreciones del sector sin cubierta del alero (8.320 ± 120 años AP), muestra picos de Cuarzo y Silvita (Fig. 6). Es posible que el reemplazo por fosfina se vincule a la etapa de desecación de la carcasa animal, y el reemplazo por Silvita a etapas de evaporación

del agua presente en el sustrato y a las concreciones. Pero es necesario realizar la difracción de RX sobre un mayor número de muestras. Mediante la difracción se corrobora que dada la composición petrográfica de la ignimbrita se transfieren a los huesos y al sedimento hospedante, minerales a través de la meteorización, erosión y/o diagénesis.

El alero funcionó como corral en las capas superiores por lo que podemos pensar que los líquidos de los animales también han podido integrar la composición de las concreciones, actuando como cementantes. Estas concreciones arcaicas presentan cuarzo y silvita, y es probable que durante momentos de evaporación se produjera la precipitación de estas sales. Tanto el K como el Cl son muy abundantes en rocas efusivas y piroclastos lo que explicaría su abundancia. Las concreciones silíceas se habrían generado por la disolución del alero ignimbítico formado por una gran proporción de vidrio volcánico.

Nivel estratigráfico	Sitio	Sector/micro	Muestra	Meteorización	Alteración Térmica	Pico de sustancia en Rx
1	PP9 (I) E2	E1	Metapodio <i>Lama glama</i>	2	-	Hidroxiapatita
1	PP9 (I) E2	D2	Metapodio <i>Lama glama</i>	4	-	Hidroxiapatita
4	PP9 (I) E2 1.270 ± 50 AP (UGA 15101)*	E1(d)	Metapodio <i>Lama glama</i>	3	-	Hidroxiapatita + PH ₃
5	PP9 (I) E2	B5a	Tibia <i>Lama glama</i>	4	-	Hidroxiapatita
1	PP9 (I) E3	E8	Metapodio subadulto Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
2(3°)	PP9 (I) E3 1.290 ± 70 AP (LP 2110)	D7	Molar Camelidae	-	-	Hidroxiapatita
2(3°)	PP9 (I) E3 1.290 ± 70 AP (LP 2110)	D7	Tibia subadulto Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
2	PCh 1.6 unidad 1 (ca. 3.800 AP)	v5a(z)	Tibia Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
2(5°)	PCh 1.6 unidad 1 (ca. 3.800 AP)	x6b	Metapodio subadulto Camelidae	3	-	Hidroxiapatita
1	PH2 E1 Período Histórico	B5 (z)	Tibia Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
2	PH2 E1 220±30***	A5-Ext N	Carpiano Camelidae	2	-	Hidroxiapatita
3	PH2 E1 580±60**	A3	Diáfisis Camelidae	-	S3	Hidroxiapatita
3	PH2 E1 580±60**	B4 (P)	Metapodio Camelidae	2	-	Hidroxiapatita + PH ₃
4	PH2 E1 690±60**	B2 (planta)	Tibia Camelidae	1	-	Hidroxiapatita
4	PH2 E1 690±60**	B2	Molar Camelidae	-	-	Hidroxiapatita
5	PH2 E1 690±60**	A4	Radio subadulto Camelidae	3	-	Hidroxiapatita

Tabla 2. Sustancias en los picos de RX de huesos y piezas dentales de Camelidae con sus respectivas etapas de meteorización (Behrensmeier, 1978) y estadios de alteración térmica (Nicholson, 1993), procedentes de los sitios a cielo abierto Punta de la Peña 9-I (E2 y 3), Piedra Horadada 2 (E1) y Peñas Chicas 1.6 (PCh 1.6), Puna Argentina. **E1:** Estructura 1; **E2:** Estructura 2; Fechados radiocarbónicos: *1270 ± 50 años AP (660 a 880 años cal d.C.; calibrado ± 2 sigmas con el programa Oxcal 3.10); **690 ± 60 años AP (1220 a 1410 años cal d.C.; calibrado ± 2 sigmas con el programa Oxcal 3.10) y 580 ± 60 años AP (1290 a 1440 años cal d.C.; calibrado ± 2 sigmas con el programa Oxcal 3.10), ***220 ± 30 años AP (1640 a 1690 y 1730 a 1810 años cal d.C.; calibrado ± 2 sigmas con el programa Oxcal 3.10) (Urquiza et al., 2013). **Table 2.** Components in X-ray diffraction high values on bones and teeths of Camelidae with their respective meteorization stages (Behrensmeier, 1978) and their stages of thermal alteration (Nicholson, 1993) from open-air sites Punta de la Peña 9-I (E2 and 3), Piedra Horadada 2 (E1) and Peñas Chicas 1.6 (PCh 1.6), Argentine Puna. **E1:** Structure 1; **E2:** Structure 2; radiocarbon dating: *1270 ± 50 years BP (660 a 880 years cal d.C.; calibrated ± 2 sigmas with Oxcal 3.10 program); **690 ± 60 years BP (1220 to 1410 years cal A.C.; calibrated ± 2 sigmas with Oxcal 3.10 program) and 580 ± 60 years BP (1290 to 1440 years cal A.C.; calibrated ± 2 sigmas with Oxcal 3.10 program), ***220 ± 30 years BP (1640 to 1690 and 1730 to 1810 años cal A.C.; calibrated ± 2 sigmas with Oxcal 3.10 program) (Urquiza et al., 2013).

El vidrio volcánico es amorfo lo que facilita enormemente su meteorización química. La meteorización química del feldespato potásico, por ejemplo, libera la sílice en forma de ácido ortosilícico (H_4SiO_4) dispuesto en forma de un agregado coloidal, generando como resultado de la alteración arcilla caolinita, según la siguiente reacción: $4\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ (feldespato potásico) + $22\text{H}_2\text{O} = 4\text{K}^+ + 4(\text{OH})^- + \text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ (caolinita) + $8\text{H}_4\text{SiO}_4$ (ácido ortosilícico)

El ácido ortosilícico es una forma química teórica de representar a la sílice disuelta, en realidad ésta viaja en forma de agregados coloidales (partículas) hasta su precipitación, que en este caso se da desde la línea de goteo del alero, hasta la zona descubierta del sitio formando concreciones en las capas inferiores principalmente del sector descubierta. Estas concreciones engloban restos óseos, material lítico y carbones, actuando la sílice como cementante. Tenemos que destacar también la participación de otros cementos, ferruginosos por ejemplo, acompañando a la sílice (lo que explicaría la baja dureza de las concreciones). Estos elementos químicos mayoritarios y minoritarios son agregados al sistema por la misma meteorización del farallón rocoso. En representación modal son:

Componentes Mayoritarios	Componentes Minoritarios
SiO_2	Na_2O
Al_2O_3	K_2O
FeO	P_2O_5
MgO	Cr_2O_3
CaO	TiO_2

Los sitios sucesionalmente tempranos, como la geoforma estudiada, se caracterizan por disponibilidades muy bajas de nutrientes esenciales, sobre todo el nitrógeno (Matthews, 1992; Chaplin *et al.*, 1994) y suelos descubiertos con una fuerte exposición a la radiación solar en el área, lo cual provoca grandes fluctuaciones en la temperatura del suelo y una rápida desecación de la superficie (Chaplin, 1993).

La amplitud térmica y escasa humedad del área, con lluvias estacionales violentas características del período estival, generan caídas de roca desde los farallones de ignimbrita, producto de la liberación de grandes bloques diaclasados. La precipitación cíclica de sales de carbonato en todos los sitios estudiados responde probablemente a estos fuertes contrastes entre períodos secos durante la mayor parte del año y estas lluvias torrenciales características del verano. Las sales son entonces rápidamente puestas en solución cuando llueve, para ser luego precipitadas lentamente durante muchos meses secos, lo que posibilitó la formación de cristales, que en condiciones de rápida desecación se forman difícilmente. La disolución de la hidroxiapatita por estos medios posibilitó su reemplazo químico por KCl o Silvita, situación confirmada mediante el análisis por difracción de rayos X de las concreciones.

Los reemplazos minerales sólo se registraron en diáfisis de tibias y metapodios de Camelidae del alero y de los sitios a cielo abierto. Los huesos alterados térmicamente y las piezas dentales no muestran cambios minerales (Tablas 1 y 2; Fig. 5). Los huesos alterados térmicamente preservan la estructura cristalina, lo que es consecuente con resultados experimentales sobre huesos fósiles donde la estructura del apatito prevalece hasta al menos 1.400°C (Brophy *et al.*, 1968 y Rodríguez Ruiz *et al.*, 2002). Al igual que las piezas dentales donde los picos de hidroxiapatita son más pronunciados que en los huesos, ésto se debería a que el índice de cristalinidad (IC) de los esmaltes es mayor que el de los huesos. Los huesos presentan una estructura porosa que facilita el paso de iones y provoca que sufran mayores cambios diagenéticos que los esmaltes dentales (Merino y Morales, 2006, 2008).

La cristalinidad de los huesos no estaría relacionada con la edad, sino más bien con las características geoquímicas del sedimento de cada sitio, por lo que serían las condiciones tafonómicas de enterramiento los factores que influyen más directamente en la cristalinidad. El incremento de la cristalinidad se produce en las primeras etapas de la diagénesis de enterramiento (Person *et al.*, 1995, 1996) por esto, en los niveles estratigráficos del Holoceno temprano el IC disminuye (diagénesis tardía). Merino y Morales (2008) registraron que en los yacimientos con sedimentos de arena, como en nuestro caso de estudio, los IC son altos para dentinas y huesos; lo que resalta la influencia de los sedimentos que contienen a las partes esqueléticas en relación con sus cambios de cristalinidad.

De acuerdo a los datos paleoambientales para la Puna, los reemplazos minerales observados se dan en momentos que coinciden con un período cálido y de aridización gradual (Olivera *et al.*, 2006; Tchilinguirian y Olivera, 2009), durante el Holoceno temprano cuando cazadores de guanacos y vicuñas utilizaron el sector sin reparo del alero para el procesamiento de estas presas (Urquiza y Aschero, 2014). Los reemplazos por Fosfina, en otro período árido que permanece hasta la actualidad (Tchilinguirian y Olivera, 2009), con pastores de camélidos tanto en el alero como en los sitios a cielo abierto analizados.

Consideraciones Finales

En los sitios a cielo abierto los huesos no fueron afectados de la misma manera que en el alero por reemplazo mineral donde la diagénesis fue más intensa. Esta situación es congruente con la dinámica hidrogeológica de los aleros, que expuso a las carcasas a intervalos mayores de contacto directo con agua y fluidos corporales, los que actuaron como catalizadores en las reacciones de disolución ósea.

Los sedimentos exhiben picos de SiO_2 y KCl, siendo probable que en momentos de evaporación precipitaran estas sales ocupando oquedades generadas por meteorización ácida en etapas de inundación, por lo que la intensa meteorización puede obliterar las alteraciones óseas tafonómicas derivando en inferencias sesgadas o incorrectas.

Los huesos con cronologías más antiguas (*ca.* 8.300-8.900 años AP) y con alta meteorización presentan un mayor reemplazo mineral (KCl). Los restos óseos más tardíos (*ca.* 500 a 800 años AP) localizados en el área cubierta del alero y en los sitios a cielo abierto, que se encuentran menos meteorizados, presentan reemplazo por PH_3 .

Las muestras presentan un comportamiento diagenético diferente, siendo los huesos más sensibles a las variaciones en la composición química que los esmaltes, por ser más porosos y permeables.

La DRX en huesos de Camelidae promueve una nueva línea de investigación para contribuir a la resolución de cuestiones tafonómicas.

Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo en el marco de los proyectos PIP CONICET 6398 y FON-CyT/PICT 1160. Agradezco a los Dres. Luis Horta y Carlos Cónsole Gonella y a la Dra. Lorena Cohen por sus comentarios y sugerencias.

Referencias

- Alonso, R. N., Viramonte, J. y Gutiérrez, R. 1984. Puna Austral. Bases para el subprovincialismo geológico de la Puna Argentina. *Noveno Congreso Geológico Argentino*, Actas 1: 43-63.
- Aranibar, S. 2006. *Evaluación y gestión de riesgos por cementerios en Lima metropolitana y Callao*. Tesis de posgrado inédita, UNFV, 172 pp.
- Aschero, C. y Hocsmán, S. 2011. Arqueología de las ocupaciones cazadoras-recolectoras de fines del Holoceno Medio de Antofagasta de la Sierra (Puna Meridional Argentina). *Chungara. Revista de Antropología Chilena* 43 (Volumen Especial 1): 393-411.
- Babot, M. P., C. A. Aschero, S. Hocsmán, M. C. Haros, L. G. González Baroni y Urquiza, S.V. 2006. Ocupaciones agropastoriles en los sectores intermedios de Antofagasta de la Sierra (Catamarca): un análisis desde Punta de la Peña 9.I. *Comechingonia* 9:57-78.
- Babot, M. P., L. G. González Baroni, M. G. Aguirre, A. D. Calisaya, C. Cattaneo y S. Hocsmán. 2007. Rituales domésticos y depósitos de objetos en un recinto agropastoril de Punta de la Peña 9.I (Antofagasta de la Sierra). *Serie Monográfica y Didáctica* (FCN e IML), Universidad Nacional de Tucumán, 46:22.
- Behrensmeyer, A. K. 1978. Taphonomic and ecological information from bone weathering. *Paleobiology*, 4: 150-162.
- Bartsiakos, A. y A.P. Middleton. 1992. Characterisation and dating of recent and fossil bone by X-ray diffraction. *Journal of Archaeological Science* 19, 63-72.
- Brophy, G. P. y Nash, J. T. 1968. Compositional, infrared and X-ray analysis of fossil bone. *Amer. Mineral*, 53:445-454.
- Byrne, K. B. y Parris, D.C. 1987. Reconstruction of the Diet of the Middle Woodland Amerindian Population at Abbott Farm by Bone Trace-Element Analysis. *Amer. J. Phys. Anthropol.* 74: 373-384.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Tomo II: 1-85. ACME, Buenos Aires.
- Chapin, F.S. III. 1993. *Physiological controls over plant establishment in primary succession*. En: Miles J & DWH Walton. Primary succession on land: 161-178. Blackwell Scientific Publications, Oxford, United Kingdom.
- Chaplin, F.S. III, L.R. Walker, C. Fastie y Sharman, L., 1994. Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay, Alaska. *Ecological Monographs* 64: 149-175.
- Cruz, I. y Elkin, D. 2003 Structural Bone Density of the Lesser Rhea (*Pterocnemia pennata*) (Aves: Rheidae). Taphonomic and Archaeological Implications. *Journal of Archaeological Science* 30: 37-44.
- Daus, F. A. y García Gache, R. 1945. Geografía de la República Argentina: parte física. Buenos Aires, Estrada, 377 pp.
- Elkin, D. C. 1996. *Arqueozoología de Quebrada Seca 3: indicadores de subsistencia humana temprana en la Puna Meridional Argentina*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Buenos Aires.
- Elkin, D. y Mondini, M. 2001. Human and small carnivore gnawing damage on bones. An exploratory study and its archaeological implications. En: Kuznar(ed) *Ethnoarchaeology of Andean South America: Contributions to Archaeological Method and Theory*, pp.255-265.
- Elkin, D. y Zanchetta, J. 1991. Densitometría ósea de camélidos. Aplicaciones arqueológicas. *Shincal* 3(1):195-204.
- Escola, P.S., Hocsmán, S. y Babot, M.P. 2016. Moving obsidian: The case of Antofagasta de la Sierra basin (Southern Argentinean Puna) during the late Middle and Late Holocene, *Quaternary International*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.04.048>
- Farlow, J. O. y Argast, A. 2006. Preservation of fossil bone from the pipe creek sinkhole (late Miocene, Grant County, Indiana, U.S.A.). *Journal of the Paleontological Society of Korea* 22, 51-75.
- Francis, P. W., Hammill, M., Kretschmar, G. A. y Thorpe, R. S. 1978. The Cerro Galan caldera, northwest Argentina and its tectonic setting. *Nature* 274:748-751.
- Francis, P. W., R. S. J. Sparks, Hawkesworth, C. J., Thorpe, R. S., Pyle, D. M., Tail, S. R., Mantonvani, M. S. y F. McDermott, F. 1989. Petrology and petrogenesis of volcanic rocks of the Cerro Galan Caldera, northwest Argentina. *Geol. Mag.* 5:515-547.
- Guillou, J. y Gonzalez, O. 1984. Informe Cerro Galán, Prov. de Catamarca, República Argentina. Servicio Minero Nacional.
- Gutiérrez M. A. 2001. *Análisis Tafonómicos en el Área Interserrana (Prov. de Buenos Aires)*. La Plata. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
- Gutiérrez, M. A. 2007. Preservación ósea diferencial a través del análisis diagenético: perspectivas, alcances e implicaciones arqueológicas. Cazadores-Recolectores del Cono Sur. *Revista de Arqueología* 2: 35-66.
- Hocsmán, S. 2006. *Producción lítica, variabilidad y cambio en Antofagasta de la Sierra -ca. 5500-1500 AP-*. Tesis Doctoral Inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
- Igarzábal, A. 1999. Cuaternario de la Puna. En: *Geología Argentina*. Anales 29(23)683-714, Buenos Aires.
- López Campeny, S. M. L. y Escola, P. S. 2007. Un verde horizonte en el desierto: producción de cuentas minerales en ámbitos domésticos de sitios agropastoriles. Antofagasta de la Sierra (Puna meridional argentina). En: *Procesos Sociales Prehispánicos en el Sur Andino: La vivienda, la comunidad y el territorio*, compilado por A. Nielsen, M. Rivolta, V. Seldes, M. Vázquez y P. Mercolli, Tomo II, pp. 255-257. Editorial Brujas, Córdoba.
- Matthews, J. A. 1992. The ecology of recently-deglaciated terrain: A geoecological approach to glacier forest lands and primary succession. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 336 pp.

- Mendoza-Barrera C, Meléndez L. M., García L.E. y Hernández, F. 2004. Caracterización estructural y biointegración del sustituto óseo. *BioOsteo. Rev Mex Fís.* 50:19–23.
- Merino, L. y Morales, J. 2006. Mineralogía y geoquímica del esqueleto de los mastodontes de los yacimientos Batallones 1, 2 y 5. Implicaciones tafonómicas. *Estudios Geológicos*, 62 (1), 53-64.
- Merino, L. y Morales, J. 2008. Relación del índice de cristalinidad (IC) con la edad y el contenido de iones F y CO₃ en muestras de vertebrados fósiles. *Estudios Geológicos* 64(1), 75-87.
- Mondini, N. M. 1995. Artiodactyl prey transport by foxes in puna rock shelters. *Current Anthropology* 36(3): 520-524.
- Mondini, N. M. 2002. Carnivore taphonomy and the early human occupations in the Andes. *Journal of Archaeological Science* 29: 791-801.
- Mondini, N. M. 2003. *Formación del Registro Arqueofaunístico en Abrigos Rocosos de la Puna Argentina. Tafonomía de carnívoros.* Tesis Doctoral inédita. Universidad de Buenos Aires.
- Munsell Geologic Rock- Color Chart *whitb genuine Munsell color chips.* 2009 (Revised 2011). Produced by Munsell Color. Grand Rapid, MI.
- Nasti, A. 1991. Tafonomía de vertebrados en contextos sedimentarios modernos de la puna sur: chances de enterramiento y formación del registro arqueológico. *Schincal* 3(1):234-251
- Nasti, A. 1995. Desarticulación natural y supervivencia de partes anatómicas: Tafonomía de vertebrados modernos en medioambientes puneños. *Palimpsesto Revista de Arqueología* 4: 70-90.
- Nasti, A., 2000. Modification of vicuña carcasses in high-altitude deserts. *Current Anthropology* 41, 279-283.
- Nicholson, R. 1993. A morphological investigation of burnt animal bone and an evaluation of its utility in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 20: 411–428.
- Nielsen-Marsh,C; Gernacy, A.; Turner-Walker G.; Hedges,E; Pike ,A. y Collins, M. 2002. La degradación química del hueso. En: *Relaciones Hombre- Fauna.* México.
- Rodríguez Ruiz, P. R., Badiola, E. R., Carracedo, J. C., Pais, F. J. P., Guillou, H. & Torrado, F. J. P. 2002. Necrópolis de La Cucaracha: único enterramiento con restos humanos asociados a una erupción prehistórica de La Palma (Islas Canarias). *Estudios Geológicos*, 58(1-2).
- Olivera, D. 1997. *Tecnología y estrategias de adaptación en el Formativo (Agroalfarero Temprano) de la Puna Meridional Argentina. Un caso de estudio: Antofagasta de la Sierra (Prov. de Catamarca, R.A.)* Tesis doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
- Olivera, D. y Elkin, D. 1994. De Agricultores y Pastores: El proceso de domesticación en la puna Meridional Argentina. En: *Zooarqueología de Camélidos*, 1: 95-124. Buenos Aires, Grupo Zooarqueología de Camélidos.
- Olivera, D. E. y Nasti, A. 1993. Site formation processes in the Argentine Northwest Puna: Taphonomic researches on archaeofaunistic record preservation. *Arqueología Contemporánea* 4:85-98.
- Olivera, D., A. Nasti, M. J. De Aguirre y Horsey, A. 1991-92. Tafonomía en Desierto de Altura. *Anales de Arqueología y Etnología* 46-47:75-106.
- Person, A., Bocherens, H., Saliege, J.F., Paris, F., Zeitoun, V., Gerard, M. 1995. Early diagenetic evolution of bone phosphate: an X-ray diffractometry analysis. *Journal of Archaeological Science* 22, 211–221.
- Person, A., Bocherens, H., Mariotti, A., Renard, M. 1996. Diagenetic evolution and experimental heating of bone phosphate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 126, 135–149.
- Piga G., A. Santos-Cubedo, S. Moya Sola, A. Brunetti, A. Malgosa y Enzo, S. 2009. An X-ray Diffraction (XRD) and X-ray Fluorescence (XRF) investigation in human and animal fossil bones from Holocene to Middle Triassic. *Journal of Archaeological Science* 36:1857 – 1868.
- Piga, G., Santos-Cubedo, A., Brunetti, A., Piccinini, M., Malgosa, A., Napolitano, E. y Enzo, S. 2011. A multitechnique approach by XRD, XRF, FT-IR to characterize the diagenesis of dinosaur bones from Spain, *Palaeogeography*, doi: 10.1016/j.palaeo.2011.05.018
- Pike, A. W. G. 1993. *Bone Porosity, Water and Diagenesis: Towards a Grand Unified Theory of Bone Diagenesis.* Bachelor Tesis, Univ. of Bradford, England.
- Sillen, A. 1989. Diagenesis of the inorganic phase of cortical bone. In: *The chemistry of prehistoric human bone* (T. D. Price, edit.) Cambridge University Press, Cambridge, 211-229.
- Sillen, A. y Parkington, J. E. 1996. Diagenesis of bones from Elands Bay Cave. *Journal of Archaeological Science* 23, 535–542.
- Tchilinguirian, P. y Olivera, D. E. 2009. Paleosambientes y geoarqueología: Sitios Corral Grande y Arroyo Las Pitás. Antofagasta de la Sierra (Prov. de Catamarca, Puna Meridional Argentina). En: (O. M. Palacios, C. Vázquez, T. Palacios y E. Cabanillas, eds.) *Arqueometría latinoamericana*, volumen 2: 544-551. Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires.
- Tomassini, R. L. 2012. *Estudio tafonómico y bioestratigráfico de los vertebrados de la Formación Monte Hermoso (Plioceno) en su localidad tipo, provincia de Buenos Aires.* Tesis Doctoral inédita. Universidad Nacional del Sur.
- Troll, C. 1958. Las culturas superiores andinas y el medio geográfico. *Revista del instituto de Geografía* 5:3-55.
- Urquiza, S. V. 2009. *Arqueofaunas del Alero Punta de la Peña 4: Implicaciones para el Manejo del Recurso Camelidae en Antofagasta de la Sierra, Puna Meridional, Catamarca.* Tesis Doctoral inédita. Universidad Nacional de Tucumán.

- Urquiza, S. V. 2010. Entomología y Química en el Contexto Arqueológico: Nuevos Elementos para el Entendimiento de la Historia Tafonómica del Registro Arqueofaunístico en Antofagasta de la Sierra, Catamarca. En: *Zooarqueología a principios del siglo XXI: aportes teóricos, metodológicos y casos de estudio*, editado por M. De Nigris, P. M. Fernández, M. Giardina, A. F. Gil, M. A. Gutiérrez, A. Izeta, G. Neme y H. D. Jacobaccio. Ediciones Espinillo, Bs. As. Pp.429-437. ISBN 978-987-25159-6-6
- Urquiza, S. V. y Aschero, C. A. 2014. Economía Animal a lo Largo del Holoceno en la Puna Austral Argentina: Alero Punta de la Peña 4. Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, Series Especiales. N° 2, Vol 1:86-112. ISSN 2362-1958.
- Urquiza, S. V., Cuenya P. y Aschero, C. A. 2009. Química del Suelo: Un Aporte a la Tafonomía en Antofagasta de la Sierra. En:(O. M. Palacios, C. Vázquez, T. Palacios y E. Cabanillas, eds.) *Arqueometría latinoamericana*, volumen 1: 209-214. Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires.
- Urquiza S. V., A. S. Romano y López Campeny, S. M. L. 2013. Historia Ocupacional y Prácticas Sociales: un análisis arqueofaunístico contextual. Sitio Piedra Horadada 2, Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina. En: *De la Puna a las Sierras: Avances y Perspectivas en Zooarqueología Andina. South American Archaeology Series de British Archaeological Reports (International Series)*, editado por A. D. Izeta y G. L. Mengoni Goñalons. Oxford, UK.
- Zingg, T. 1935. Beiträge zur Schotteranalyse: Min. Petrog. Mitt. Schweiz., 15:39-140.

Recibido: 08 de Noviembre del 2016

Aceptado: 20 de Diciembre del 2016