

Tafonomía de los restos óseos humanos arqueológicos del noroeste de la Patagonia: un abordaje regional y multidisciplinario evidencia la relación entre el entorno y la preservación

Romina Clara Vazquez, Fernando Archuby y Marien Béguelin

Recibido 24 de agosto 2021. Aceptado 06 de enero 2022

RESUMEN

Se presenta el primer estudio tafonómico regional y multidisciplinario sobre restos óseos humanos de 30 sitios arqueológicos de la provincia del Neuquén, en el noroeste de Patagonia, provenientes de diversos contextos geoambientales y cronológicos (Holoceno medio-tardío y momentos históricos). Se creó una base de datos con 14 alteraciones tafonómicas en los restos de 109 individuos, con el objetivo de evaluar la influencia de diversos agentes geoambientales (matriz sedimentaria, clima, vegetación, geomorfología, suelo, posición altitudinal y distancia a cursos de agua) y la cronología sobre ellos. Estos conjuntos de datos se analizaron con múltiples métodos estadísticos a nivel de sitios, de individuos de toda la muestra y de individuos solamente del sitio Aquihuecú, con alta cantidad de inhumaciones. Variables intrínsecas como sexo y edad fueron contempladas en los análisis a nivel de individuos, aunque la dificultad de su estimación limitó la evaluación de sus efectos. Los resultados indican la presencia de dos patrones definidos de preservación ósea relacionados con características geoambientales específicas. Un primer patrón, de *diagénesis destructiva*, caracterizado por sitios con restos más tardíos, mal preservados, en climas húmedos de pH ácido y bajas temperaturas. En el otro extremo, con el patrón de *diagénesis no destructiva*, se encuentran sitios con restos más antiguos, bien preservados, en climas áridos de pH alcalino y temperaturas más altas. Existen excepciones a estos patrones que se explican por la alta complejidad de la interacción entre las variables que influyen la preservación. Este modelo mejora la comprensión de los patrones de preservación de los restos óseos humanos arqueológicos de Norpatagonia.

Palabras clave: Diagénesis ósea; Ambiente de depositación; Alteración macroscópica; Tafonomía regional.

Taphonomy of archaeological human bone remains from northwestern Patagonia: a regional and multidisciplinary approach evidences the relationship between environment and preservation

ABSTRACT

This paper presents the first multidisciplinary and regional taphonomic study of human remains recovered from thirty archaeological sites from Neuquén province, Northwestern Patagonia, representing different geoenvironmental settings and chronologies (Mid-Late Holocene to post-contact). A database consisting of 14 types of taphonomic alterations on 109 individuals was created to assess the influence

Romina Clara Vazquez. Universidad Nacional de Río Negro. Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología. Río Negro, Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología. Avenida Roca 1232 (8332), General Roca, Río Negro, Argentina. E-mail: rominacvazquez@gmail.com

Fernando Archuby. CONICET. Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Diagonal 113 N° 469 (1900) La Plata, Argentina. E-mail: farchuby@gmail.com

Marien Béguelin. CONICET. División Antropología, Museo de La Plata. UNLP. Calle 60 y 122 (1900), La Plata. Argentina. E-mail: mbeguelink@gmail.com

Intersecciones en Antropología 23(1), enero-junio: 99-116. 2022. ISSN-e 1850-373X

<https://doi.org/10.37176/iea.23.1.2022.668>

Facultad de Ciencias Sociales - UNICEN - Argentina

of geoenvironment agents (sedimentary matrix, climate, vegetation, geomorphology, soil, altitude, and distance to water courses) and chronology on bone preservation. The data sets were analyzed through multiple statistical methods at the levels of site, individuals from the entire sample, and individuals from Aquihuecó site alone (due to its high number of burials). Intrinsic variables such as sex and age were evaluated at the level of individuals, although the difficulty of the estimation of their states imposed limits on the inference of their relevance. Results indicate the presence of two patterns of bone preservation that are associated with specific geoenvironmental characteristics identified for the study area. One pattern was defined as *destructive diagenesis*, characterized by sites with relatively younger, badly preserved bones, typically from humid climates, with acidic sediments and lower temperatures. The second pattern, *non-destructive diagenesis*, is distinguished by sites with relatively older, well-preserved bones, characteristically present in arid climates, with alkaline sediments and higher temperatures. Although exceptions exist, they can be assigned to the complex interplay of the different variables acting during the taphonomic history of bones. This model helps to better interpret the preservation of human bones in archaeological sites of Northern Patagonia.

Keywords: Bone diagenesis; Burial environment; Macroscopic alteration; Regional taphonomy.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los procesos tafonómicos involucrados en contextos arqueológicos de Patagonia argentina estuvo enfocado inicialmente en conjuntos arqueofaunísticos (Borrero, 2001). Con el incremento de los estudios bioarqueológicos surgió el interés por la tafonomía de restos humanos, lo cual da cuenta de la relevancia de esta disciplina para la interpretación de la evidencia (e.g., Mendonça et al., 1984-1985; Crivelli Montero et al., 1996; Zangrando et al., 2004). Estas contribuciones estuvieron restringidas a escala de sitio o localidad (e.g., Goñi et al., 2002; Martin et al., 2004; Barrientos et al., 2007; Borella et al., 2007; Guichón Fernández, 2017), o a problemáticas particulares (Gordón, 2009). La acumulación de evidencia permitió plantear la necesidad de una tafonomía regional (Borrero, 2001) para describir patrones en una escala adecuada y dar cuenta de cómo actúan ciertos procesos geomorfológicos y ecológicos que inciden en el registro arqueológico. Este enfoque solo es posible de manera integrada con otras disciplinas, a una escala regional o suprarregional. Desde esta perspectiva se realizaron algunos aportes principalmente en sectores meridionales de Patagonia (e.g., Guichón et al., 2000; Guichón et al., 2001; Suby y Guichón, 2004; Martin, 2006).

La provincia del Neuquén cuenta con una extensa historia de investigaciones bioarqueológicas realizadas a partir del estudio de numerosos sitios con restos humanos, pertenecientes a grupos cazadores-recolectores que habitaron esa región durante el Holoceno. Una compilación de esas investigaciones fue publicada en un libro por Gordón

y colaboradores (2017). Los estudios tafonómicos de muestras bioarqueológicas se realizaron a escala de sitio con objetivos y métodos descriptivos y exploratorios (Mendonça et al., 1984-1985; Crivelli Montero et al., 1996; Gordón et al., 2013; Vazquez y D'Abrahamo, 2013; Vazquez et al., 2013, 2014; Della Negra et al., 2014; Vazquez, 2014, 2019; Vazquez et al., 2016). Hasta ahora no se había planteado un abordaje que contemplara escalas geográficas y temporales amplias que incluyan ambientes contrastantes, a partir de una perspectiva multidisciplinaria, que permita evaluar el efecto de los procesos tafonómicos, tal como lo señaló Borrero (2001).

La preservación de los restos a escala regional se explica a partir de factores geoambientales, intrínsecos, culturales y/o por el tiempo de exposición a dichos factores. Cabe resaltar que es en la escala regional en la que se observan importantes variaciones en los factores geoambientales. Se plantea como primera hipótesis que la preservación de los restos óseos humanos del noroeste de Patagonia está asociada a las condiciones generadas por los factores geoambientales. A su vez, en tanto los fenómenos tafonómicos actúan a lo largo del tiempo, se plantea como hipótesis que los restos más antiguos presentarán mayores grados de deterioro, al menos ante condiciones similares. No obstante, no puede descartarse la influencia local de factores culturales e intrínsecos. Finalmente, corresponde considerar que los factores geoambientales pueden presentar cambios durante el período de tiempo considerado. Esto, sumado a eventuales cambios en las prácticas de enterramiento y mortuorias, configura una

complejidad solamente abordable desde un enfoque múltiple y complejo.

En este trabajo se aborda la tafonomía de los restos óseos humanos del noroeste de Patagonia a partir de un enfoque teórico-metodológico multidisciplinario regional, detrás del objetivo de explorar los factores (*i.e.*, geoambientales, culturales o intrínsecos) relacionados con su preservación. Así, se busca contestar preguntas como ¿la ausencia o escasez de sitios con entierros humanos en una región se debe a que esta no fue elegida como área de entierro por las poblaciones del pasado, o a una combinación de factores que no favorecieron la preservación?

EL ÁREA DE ESTUDIO Y LA MUESTRA

El área estudiada comprende a la provincia del Neuquén. Se distinguen dos sectores: el oeste, de paisaje montañoso y clima húmedo, cuyas condiciones geológicas y ambientales cambian transicionalmente hacia el segundo de los sectores; y el este, de relieve mesetiforme y clima árido (Pereyra *et al.*, 2011).

La muestra de estudio está conformada por restos óseos humanos de 30 sitios arqueológicos (Figura 1), cuya distribución incluye diferentes contextos geoambientales y cronológicos (7000 hasta 200 años AP; Tabla 1). Se trata mayoritariamente de sitios a cielo abierto, con entierros primarios y

sin estructuras funerarias asociadas, a excepción de dos sitios en cuevas (Cueva Ruka y Cueva Haichol) y dos en aleros (Moro I y Chorriaca), dos sitios con entierros secundarios (Aquihuecó y Loma de La Lata) y uno con estructura funeraria (Remeco) (más detalles en Vazquez, 2020).

MÉTODOS

Variables tafonómicas (VT)

El relevamiento de las variables tafonómicas (VT) tuvo como finalidad evaluar el estado de preservación ósea de la muestra estudiada. Se calcularon medidas de cuantificación ósea, tales como: total de especímenes óseos (NSP), número de especímenes óseos identificables (NISP), número de especímenes óseos no identificables (NUSP), número de elementos óseos esperados (NEE), número mínimo de elementos (MNE) y número mínimo de individuos (MNI) (Lyman, 2008; Mengoni Goñalons, 2010; Guichón Fernández, 2016; Vazquez, 2020). Luego, a partir de las medidas anteriores, se calcularon el índice de representación

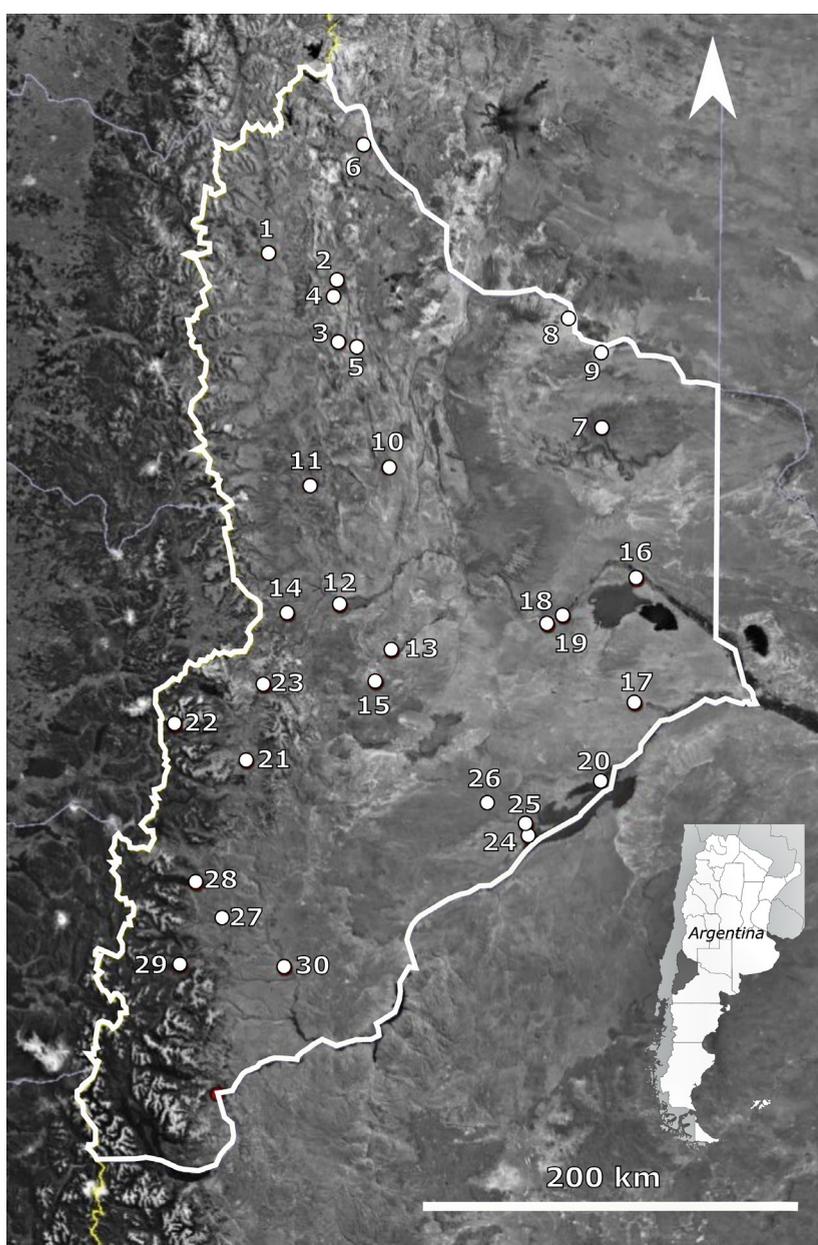


Figura 1. Ubicación de sitios analizados. Las referencias numéricas de cada sitio se encuentran en la Tabla 1.

Referencia (Fig. 1)	Sitio	Sigla	Ubicación geográfica	Cronología (Cron)
1	El Panteón	EP	36° 58' S - 70° 45' O	Poscontacto
2	Aquihuecó	Aqh	37° 05' S - 70° 22' O	3817 ± 59/ 4304 ± 59
3	Hermanos Lazcano	HL	37° 15' S - 70° 27' O	3780; 4016 ± 33
4	Caepé Malal	CM	37° 09' S - 70° 23' O	200-300 años AP; siglo XVIII
5	Chacra Álvarez	ChA	37° 23' S - 70° 16' O	330 ± 32
6	Cochico Márquez	ChM	36° 29' S - 70° 13' O	2449 ± 34
7	Cueva Ruka	CRk	37° 45' S - 68° 53' O	96 ± 32; 5147 ± 37
8	Los Zorrillos	LZ	37° 16' S - 39° 02' O	Poscontacto
9	Rincón de los Sauces	RSau	37° 23' S - 68° 54' O	-
10	Chorriaca	Chor	39° 32' S - 69° 18' O	1152 ± 33
11	Millaín	Mil	38° 0' S - 70° 32' O	Poscontacto
12	Alonqueo	Alq	38° 32' S - 70° 22' O	Poscontacto
13	Piera	Pie	38° 45' S - 70° 04' O	229 ± 32
14	Cueva Haichol	CH	38° 35' S - 70° 40' O	7020 - 225 años AP
15	Michacheo	Mic	38° 53' S - 70° 10' O	1860 ± 40
16	Loma de La Lata	LdL	38° 25' S - 68° 41' O	740 ± 40
17	Retamal	SR	38° 59' S - 68° 43' O	190 ± 60; 600
18	Plaza Huincul	PIH	38° 38' S - 69° 11' O	-
19	Sauzal Bonito	SB	38° 36' S - 69° 06' O	-
20	Moro I	MI	39° 15' S - 68° 48' O	1770
21	Campo Ayoso	Cay	39° 14' S - 70° 55' O	-
22	Remeco	Rco	39° 04' S - 71° 19' O	Poscontacto
23	Kilca	Kil	38° 54' S - 70° 48' O	Poscontacto
24	Grande	Gde	39° 35' S - 69° 15' O	670 ± 40
25	Chacra Bustamante	ChB	39° 32' S - 69° 18' O	450 ± 50
26	El Sauce	Sau	39° 27' S - 69° 31' O	-
27	Vía Christi	VC	39° 56' S - 71° 05' O	-
28	Huechulafquen	Hue	39° 50' S - 71° 20' O	-
29	Pocaullo	PIlo	40° 08' S - 71° 19' O	710 ± 40
30	Mata Molle	MM	40° 10' S - 70° 43' O	3270 ± 46

Tabla 1. Caracterización bioarqueológica de los sitios analizados.

ósea (IRO) (Bello *et al.*, 2006) y una versión modificada del índice de fragmentación ósea (IFO) de Mondini (2002), que hemos definido como índice de fragmentación 2 (IFO2; Tabla 2). IFO2 es un índice de fragmentación diseñado para este trabajo, calculado mediante la fórmula MNE/NSP, que permite describir la dimensión real de la fragmentación ante una proporción grande de especímenes no identificados (NUSP). IRO e IFO2 fueron utilizados para los análisis estadísticos.

Se evaluó la presencia de doce variables, organizadas de acuerdo con cuatro tipos de modificaciones

(Fernández-Jalvo y Andrews, 2016) (Tabla 2): 1) las modificaciones por pérdida ósea (MPO), referidas a la destrucción parcial del tejido así como a la pérdida total de un elemento óseo; 2) las modificaciones que afectan la forma (MAF), tales como abrasión (ABR), pulido o redondeamiento (RED) o deformación (DEF); 3) las modificaciones que penetran el tejido cortical (MPTC), que incluyen el agrietamiento (AGR), escamación (ESC), que es la pérdida de tejido óseo que resulta en la exposición de hueso subperiosteal a diferentes profundidades, y corrosión (CORR), esta última referida a aquellas modificaciones superficiales por acción de agentes

Categoría	Grupo	Variable (sigla)	Valores posibles (sigla)	Referencias bibliográficas
Tafonómicas	Cuantificación ósea	Total de especímenes óseos (NSP)	Cuantitativo	Lyman (2008); Mengoni Goñalons (2010)
		Número de especímenes óseos identificables (NISP)	Cuantitativo	
		Número de especímenes óseos no identificables (NUSP)	Cuantitativo	
		Número mínimo de elementos (MNE)	Cuantitativo	
		Número mínimo de individuos (MNI)	Cuantitativo	
		Número de elementos óseos esperables (NEE)	Cuantitativo	
		Índice de representación ósea (IRO = MNE/NEE)	Cuantitativo	
		Índice de fragmentación ósea 2 (IFO2 = MNE/NSP)	Cuantitativo	
		Modificaciones por pérdida parcial de tejido óseo o por pérdida total de elementos óseos completos (MPO)	Cuantitativo porcentual	
		Modificaciones que afectan a la forma (MAF): - abrasión (ABR) - redondeamiento (RED) - deformación (DEF)	Cuantitativo porcentual	
Modificaciones macroscópicas		Modificaciones que penetran el tejido cortical del hueso (MPTC): - agrietamiento (AGR) - escamación (ESC) - corrosión (CORR)	Cuantitativo porcentual	Fernández-Jalvo y Andrews (2016); este trabajo
		Modificaciones superficiales (MS): - líneas rectas y paralelas (LP) - líneas con patrón dendrítico (LDP) - hoyos (H) - perforaciones (P) - cambios en el color del hueso (COL)	Cuantitativo porcentual	
		Textura (Tex)	Limo/arcilla (L/A)	
			Arena muy fina (AMF)	
			Arena fina (AF)	
			Arena mediana (AM)	
			Arena gruesa (AG)	
			Arena muy gruesa (AMG)	
			Grava (G)	
		Contextuales	Sedimentológicas	

Tabla 2. Grupos de variables tafonómicas y contextuales geoambientales analizadas sobre la muestra estudiada (sigue).

Ambientales	Selección (Sel)	Bien seleccionado (BS)	Este trabajo
		Pobremente seleccionado (PS)	
		Mal seleccionado (MS)	
	Química: - potencial de hidrógeno (pH) - contenido de materia orgánica (MO) - fósforo disponible (P) - porcentaje de carbonato de calcio (CaCO ₃)	Cuantitativo	pH en pasta: Walkley y Black (1934); Olsen <i>et al.</i> (1954); FAO (2009)
	Temperatura media anual (TMA)	Cuantitativo	Este trabajo
	Temperatura mínima (TMin)	Cuantitativo	Este trabajo
	Temperatura máxima (TMax)	Cuantitativo	Este trabajo
	Precipitaciones (PMA)	Cuantitativo	Este trabajo
	Tipo de clima (TCI)	Perhúmedo a húmedo (PerH)	Pereyra <i>et al.</i> (2011)
		Subhúmedo a semiárido (SubHS)	
		Semiárido (Sema)	
		Árido (A)	
	Tipo de vegetación (TVeg)	Bosque denso (Bd)	Pereyra <i>et al.</i> (2011)
		Estepa herbácea-arbustiva (Eha)	
Estepa arbustiva (Ea)			
Aridisoles/ alifisoles/ histosoles/ incepisoles (AAH)			
Tipo (orden) de suelo (TSue)	Aridisoles/entisoles (AE)	Pereyra <i>et al.</i> (2011)	
	Entisoles/molisoles (EM)		
	Cuantitativo		
Metros sobre el nivel del mar (msnm)	Cuantitativo	Este trabajo	
Distancia lateral a cuerpo de agua (DisAguA)	Cuantitativo	Este trabajo	
Distancia vertical a cuerpo de agua (DisAguV)	Cuantitativo	Este trabajo	
Ambiente geomorfológico (Geom)	Glacial (G)	Pereyra <i>et al.</i> (2011)	
	Volcánico/fluval (VF)		
	Fluval (F)		

Tabla 2. Grupos de variables tafonómicas y contextuales geambientales analizadas sobre la muestra estudiada (continuación).

químicos; y 4) las modificaciones superficiales (MS), que incluyen líneas rectas y paralelas (LP), líneas con patrón dendrítico (LPD), referidas a un patrón de ramificación irregular, hoyos (H), perforaciones (P) y cambios en el color del hueso (COL). Todas las modificaciones se relevaron a ojo desnudo, con lupa de mano y de pie con luz fría (con aumento de hasta 10X), y se cuantificaron de acuerdo con el porcentaje de superficie del hueso afectada: 0%, 1-25%, 26-50%, 51-75% y 76-100%.

Los restos hallados superficialmente en los sitios Aquihuecó y Hermanos Lazcano no fueron incluidos en el análisis de las modificaciones óseas, en tanto que sus historias tafonómicas son de otra naturaleza ontológica (*i.e.*, bioestratinómica posdiagénesis).

Variables contextuales (VC)

A los efectos de explicar los patrones de preservación tafonómica se seleccionó un conjunto de variables que permiten caracterizar el entorno de los restos hasta su recuperación. Estas VC se agruparon en variables sedimentológicas, ambientales (Tabla 2) y arqueológicas (cronología, Tabla 1). Las variables sedimentológicas se analizaron en 15 sitios, de los que se obtuvieron 36 muestras. En 12 sitios, las muestras fueron extraídas del entorno inmediato al esqueleto o del interior de la cuadrícula; y en los tres restantes, por tratarse de sitios excavados con anterioridad (Chorriaca, Chacra Bustamante y Caepe Malal), se tomaron de las inmediaciones del lugar en el que se hallaron los restos. Para los sitios de los que se contó con más de una muestra, los análisis se realizaron a partir del promedio. De los sitios restantes no se contó con muestras por ausencia de información sobre su ubicación precisa o por imposibilidad de acceder al lugar en la actualidad (*e.g.*, edificación sobre el área del hallazgo).

La textura se obtuvo con una tamizadora de ensayo con seis tamices de diámetros de entre 2 y 0,062 mm. Se utilizó como variable el intervalo de tamaño de grano más abundante en una muestra (ver Tabla 2), que fue codificado con números, de 1 para la granulometría menor (L/A: limo y/o arcilla) hasta 7 (G: grava). La variable selección hace referencia a la variación en los tamaños de grano de una muestra, y se definió de acuerdo con una escala ordinal: 3, mal seleccionada (alta variabilidad); 2, pobremente seleccionada; y 1, bien seleccionada

(baja variabilidad). La caracterización química incluyó pH, contenido de materia orgánica (MO), disponibilidad de fósforo (P) y porcentaje de carbonato de calcio (CaCO_3) (se realizó en el Laboratorio de Servicios Agrarios y Forestales, Gobierno de la Provincia del Neuquén).

Respecto de las variables ambientales, los valores de temperatura anual media, mínima y máxima se obtuvieron de los promedios de las medias mensuales registradas entre los años 1982 y 2012 (Climate-data.org, 2020). La precipitación media anual se calculó a partir de la sumatoria de las medias mensuales registradas entre los mismos años. Las clasificaciones de clima, vegetación, suelo y geomorfología se obtuvieron de Pereyra *et al.* (2011). La altura sobre el nivel del mar, distancia lateral y vertical a un cuerpo de agua se obtuvieron con el programa Google Earth Pro-2019, tomando como referencia la ubicación del sitio.

La información cronológica de los sitios se obtuvo de trabajos previos. En aquellos sitios con más de un fechado se utilizó el punto medio entre el valor mayor y el menor, calculado como el promedio entre el fechado más antiguo y el más reciente. Para los análisis a nivel individuo intersitios se utilizó la datación existente o se completaron los casos con el punto medio entre las dataciones máxima y mínima de los individuos datados del mismo sitio. En los análisis intrasitio (*i.e.*, Aquihuecó) se utilizaron solamente individuos fechados. A los sitios con cronologías poscontacto se les asignó el valor 0. El punto medio utilizado representa la medida de tiempo de exposición de los restos a las condiciones que alteraron sus características (tiempo en diagénesis). Los fechados de los dos sitios en cuevas no fueron incluidos en los análisis multivariados debido a que son controversiales, muy disímiles para Cueva Ruka (dos fechados de 96 ± 32 años AP y 5147 ± 37 años AP, Gordón *et al.*, 2019a) y muy variados para Cueva Haichol (varios fechados entre 7020 AP y 225 años AP).

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos fueron abordados con métodos estadísticos uni, bi y multivariados. Se trabajó sobre tres bases de datos, una para los sitios, otra para los individuos y una tercera para los individuos del sitio Aquihuecó. En este último caso, el elevado número de individuos adultos y subadultos de ambos sexos (MNI = 64) inhumados en un espacio

físico acotado, depositados durante la transición Holoceno medio-Holoceno tardío (Della Negra y Novellino, 2005; Della Negra et al., 2009; Gordón et al., 2019) permitió que se realizaran análisis particulares para evaluar la incidencia de sexo, edad y antigüedad en el conjunto de datos más homogéneo y completo con que se cuenta. Con la base de datos de sitios se evaluó la relación entre la preservación de los restos y las variables contextuales. La relación entre los aspectos tafonómicos y las variables intrínsecas (edad, sexo) se realizó con las bases de individuos y de Aquihucó. La relación entre la antigüedad de los restos y su preservación se evaluó con las tres bases de datos. Para el caso de los sitios con más de un individuo, los valores de las variables fueron promediados primero por individuo (i.e., promedio de todos los restos óseos evaluados) y luego por sitio. Con las tres bases de datos se realizaron ordenamientos multivariados con el método de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) en dos dimensiones con distancia de Manhattan (Legendre y Legendre, 2012; Greenacre y Primicerio, 2013). El nMDS es un método de ordenamiento multivariado, que persigue el objetivo de sintetizar en unos pocos ejes –normalmente dos– la información contenida en muchas variables, en este caso, las tafonómicas. El método preserva el orden en las distancias entre los elementos a ser ordenados, y funciona apropiadamente con la matriz de distancia de Manhattan (Greenacre y Primicerio, 2013). Los sitios o los individuos, según corresponda, fueron ordenados a partir de las siguientes variables tafonómicas (VT): modificaciones por pérdida ósea (MPO), líneas con patrón dendrítico (LPD), líneas paralelas (LP), cambios en la coloración del hueso (COL), agrietamiento (AGR), escamación (ESC), corrosión (CORR), IRO e IFO2. La medida del aporte de cada VT al ordenamiento se evaluó por medio del cálculo de índices de correlación por rangos de Spearman entre cada variable y los ejes. Del mismo modo, la covariación entre las VT se evaluó también con correlaciones de Spearman, en ambos casos acompañadas por la prueba de significación correspondiente. En el análisis de los sitios, los ejes del nMDS se compararon con las variables geoambientales por medio de correlaciones y análisis de la varianza, a los efectos de inferir asociaciones entre patrones tafonómicos y sus posibles causas. A los efectos de facilitar la interpretación de la relación entre las VT y el patrón de ordenamiento, las primeras fueron proyectadas sobre el gráfico del nMDS. La significancia de las variables geoambientales con respecto al ordenamiento se evaluó

a partir de una prueba de permutaciones (función *envfit* del paquete *vegan*; $n = 999$). Se realizaron comparaciones multivariadas basadas en las VT con PERMANOVA (Anderson, 2001) con la función *adonis* del paquete *vegan* para las variables sitio, sexo y edad. Las comparaciones pareadas se realizaron con la función *pairwise.adonis* (Martínez Arbizu, 2020). En los análisis bivariados en los que se detectó un patrón no lineal, se transformaron los datos antes de calcular las correlaciones. Finalmente, en las VT se aplicó la transformación del arcoseno de la raíz cuadrada del valor de la variable.

Las comparaciones univariadas se realizaron por medio del análisis de la varianza (ANOVA). Ante apartamientos menores de la normalidad en presencia de homocedasticidad se utilizó el mismo método, dado que es bien conocido que el ANOVA es robusto con respecto a desviaciones de la normalidad (Wackerly et al., 2008). En los casos en que los datos presentaron apartamientos importantes de los supuestos se utilizó el método de Kruskal Wallis con la prueba de Dunn utilizando la corrección de Bonferroni para las comparaciones pareadas. El nivel elegido para el rechazo de las hipótesis nulas es de 0,05, aunque se contemplaron valores p entre 0,05 y 0,10 como marginalmente significativos. Los análisis estadísticos se hicieron con los programas PAST (Hammer et al., 2001) y R (R Core Team, 2021).

RESULTADOS

Se contabilizaron 19.582 especímenes óseos humanos (NSP), de los cuales 10.580 (54,02%; 30 sitios) provienen de excavaciones, y 9002 (45,97%; tres sitios), de recolecciones superficiales. El MNI es de 130, 109 de excavaciones y 21 de recolecciones superficiales, de categorías etarias desde perinatos hasta adultos seniles, de ambos sexos (ver Vazquez, 2020). El sexo pudo ser asignado para el 44% ($n = 56$) y la edad para el 98% ($n = 127$) de los individuos (Material suplementario 1). El cálculo del índice de representación ósea (IRO) para el total de la muestra de estudio arrojó un valor igual a 0,19; en tanto que para el índice de fragmentación ósea 2 (IFO2) arrojó un valor de 0,28. Con respecto a las modificaciones, la más prevaeciente registrada en la muestra estudiada fue la modificación por pérdida ósea (MPO). Las modificaciones de tipo líneas rectas y paralelas y de tipo líneas dendríticas se atribuyeron a marcas de roedores y de raíces,

respectivamente. Redondeamiento, deformación, hoyos y perforaciones no fueron observados. En los elementos óseos, cambios en el color (COL) se observaron como depósitos de CaCO_3 ($n = 421$), decoloración ($n = 57$) y tinciones ($n = 154$). Los resultados del relevamiento de las variables tafonómicas se detallan en el Material suplementario 2 y 3 por sitio, y Material suplementario 4 y 5 por individuo. Por su parte, los resultados del análisis de las variables contextuales geoambientales por sitio (Material suplementario 6) reflejan una variedad de características geológicas y ambientales presentes en el área de estudio.

Resultados a nivel de sitio

El ordenamiento multivariado de los sitios muestra una dispersión compatible con diferentes tipos de preservación (Figura 2). Esta observación coincide con el hallazgo de diferencias significativas en las VT entre sitios (PERMANOVA, $p < 0,001$) calculadas a partir de la matriz de individuos. Se encontraron variables que fluctúan de manera asociada. Las correlaciones significativas y positivas se dieron entre pérdida ósea-corrosión ($r = 0,48$; $p = 0,004$), líneas dendríticas-escamación ($r = 0,409$; $p = 0,016$), líneas dendríticas-IFO2 ($r = 0,398$; $p = 0,02$), agrietamiento-escamación ($r = 0,375$; $p = 0,029$), y agrietamiento-IRO ($r = 0,343$; $p = 0,047$), y significativas y negativas entre: pérdida ósea-IFO2 ($r = -0,534$; $p = 0,001$), líneas rectas y paralelas-IFO2 ($r = -0,386$; $p = 0,024$), cambios en el color-corrosión ($r = -0,369$; $p = 0,032$), y corrosión-IRO ($r = -0,434$; $p = 0,01$). Entre las VT utilizadas para ordenar los sitios, todas menos IRO y líneas rectas y paralelas presentan correlaciones significativas con alguno de los ejes (*i.e.*, aportan significativamente al ordenamiento) (Figura 2). El eje 1 presenta una correlación significativa y positiva con líneas dendríticas ($r = 0,354$; $p = 0,040$), escamación ($r = 0,354$; $p = 0,040$) y corrosión ($r = 0,758$; $p = 0,000$), y significativa y negativa con cambios en el color ($r = -0,659$; $p = 0,000$). En tanto que el eje 2 presenta una correlación significativa y positiva con pérdida ósea ($r = 0,434$; $p = 0,010$), cambios en el color ($r = 0,651$; $p = 0,000$), agrietamiento ($r = 0,348$; $p = 0,044$) y escamación ($r = 0,607$; $p = 0,000$), y significativa y

negativa con IFO2 ($r = 0,470$; $p = 0,005$). Se observó una dispersión de sitios a lo largo del eje horizontal, relacionada principalmente con un incremento de la corrosión hacia la derecha del gráfico. Los sitios Rco, Mil, SB, Cay, VC, EP y ChM conforman un agrupamiento caracterizado por altos niveles de corrosión, escamación, pérdida ósea y líneas dendríticas. Los sitios ubicados en la parte superior del gráfico se caracterizan por altos valores de cambios en el color y escamación especialmente, y en menor medida, de pérdida ósea y agrietamiento, cuyas correlaciones, si bien fueron significativas, son bajas. Los sitios distribuidos hacia la parte inferior del gráfico presentaron valores altos de IFO2 (*i.e.*, niveles bajos de fragmentación).

Los sitios distribuidos hacia la izquierda del gráfico de la Figura 2 presentan mayores valores de pH ($r = -0,465$; $p = 0,045$) y contenido de CaCO_3 ($r = -0,651$; $p = 0,003$), mientras que, hacia la derecha, mayor contenido de fósforo ($r = 0,421$; $p = 0,073$) y sedimentos mejor seleccionados ($r = 0,423$; $p = 0,071$), aunque con correlaciones marginalmente significativas. Los sitios ubicados en la mitad superior del nMDS presentaron valores mayores de pH. En síntesis, los sitios con pH más alcalino se ubican hacia la parte izquierda superior del ordenamiento, en concordancia con valores mayores de pérdida ósea, cambios en la coloración, agrietamiento y escamación, y menores corrosión, líneas dendríticas e IFO2 (*i.e.*, mayor

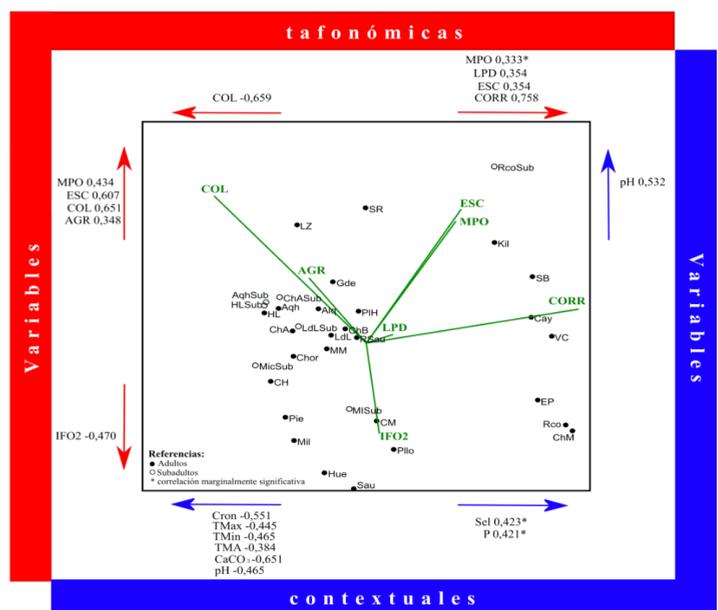


Figura 2. nMDS por sitios a partir de las variables tafonómicas (estrés = 0,171). Los vectores corresponden a las proyecciones de las variables tafonómicas. En los márgenes se agregaron los valores de correlación entre variables y los ejes del nMDS. Abreviaturas en Tablas 1 y 2.

grado de fragmentación). Los sitios con altos niveles de CaCO_3 se asociaron con altos niveles de cambios en el color y bajos de líneas dendríticas, escamación y corrosión.

Las variables temperatura mínima anual, temperatura mínima y temperatura máxima presentaron correlaciones significativas inversas con respecto al eje 1 (Figura 2); *i.e.*, mayores temperaturas se asocian con menores niveles de líneas dendríticas, escamación y corrosión, y mayores de cambios en la coloración. La variable precipitación media anual no se asoció a ninguno de los ejes. La cronología de los sitios (Cron) presentó una correlación significativa e inversa con respecto al eje 1, es decir que los sitios con los restos más antiguos presentan menores niveles de pérdida ósea, líneas dendríticas, escamación y corrosión, y mayores de cambios en la coloración.

A lo largo del eje horizontal del ordenamiento de sitios se observó una variación significativa con respecto al clima (Kruskall Wallis, $p = 0,002$; Figura 3a), vegetación (ANOVA, $p = 0,036$, particularmente entre Estepa arbustiva y Bosque denso; Tukey $p = 0,024$) (Figura 3b) y geomorfología (ANOVA, $p = 0,037$, particularmente entre fluvial y glacial; Tukey $p = 0,024$) (Figura 3c). Estas diferencias permiten identificar, hacia la izquierda, un conjunto de sitios con bajos valores de pérdida ósea, IFO2, escamación, agrietamiento y cambios en la coloración, en coincidencia con climas áridos a semiáridos, en zonas de estepa arbustiva o herbácea arbustiva y de ambientes volcánico-fluviales. Hacia la derecha, se observa otro conjunto de sitios con altos valores de pérdida ósea, líneas dendríticas, escamación y corrosión y bajos de cambios en la coloración, en coincidencia con climas húmedos a perhúmedos, en zonas de vegetación densa y de ambientes glaciares.

Ninguno de los dos ejes del ordenamiento presentó correlaciones significativas con las variables tipo de suelo, metros sobre el nivel del mar y distancia horizontal y vertical a cuerpos de agua.

Resultados a nivel de individuo

El ordenamiento multivariado con nMDS para los individuos fue significativo para las variables incluidas sitio, sexo, edad y cronología (función *envfit* del paquete *vegan*, $p < 0,001$ en los cuatro casos). Los sitios presentan una importante dispersión en

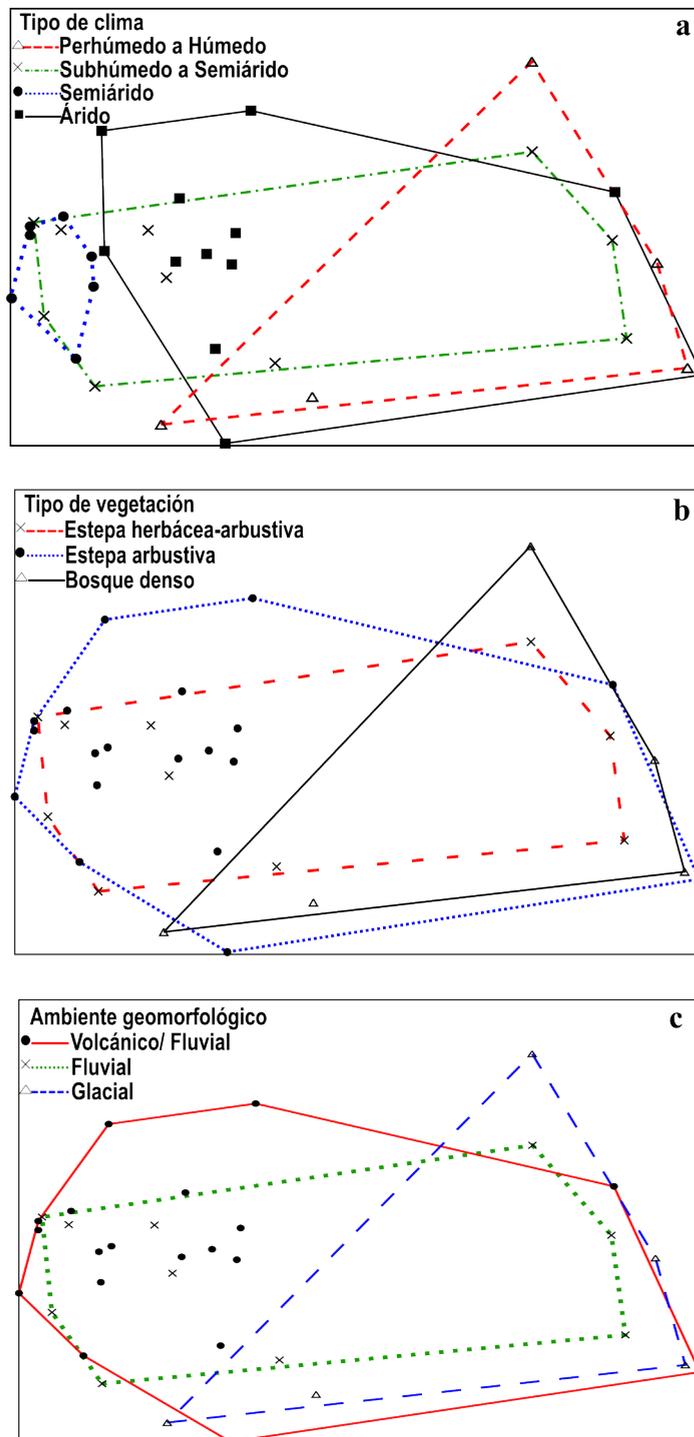


Figura 3. nMDS por sitios con la adición de polígonos convexos. Cada punto corresponde a un sitio. Los sitios estarán diferenciados con distintos símbolos de acuerdo con la pertenencia a diferentes valores de las tres variables abordadas: a) tipo de clima; b) tipo de vegetación, c) ambiente geomorfológico.

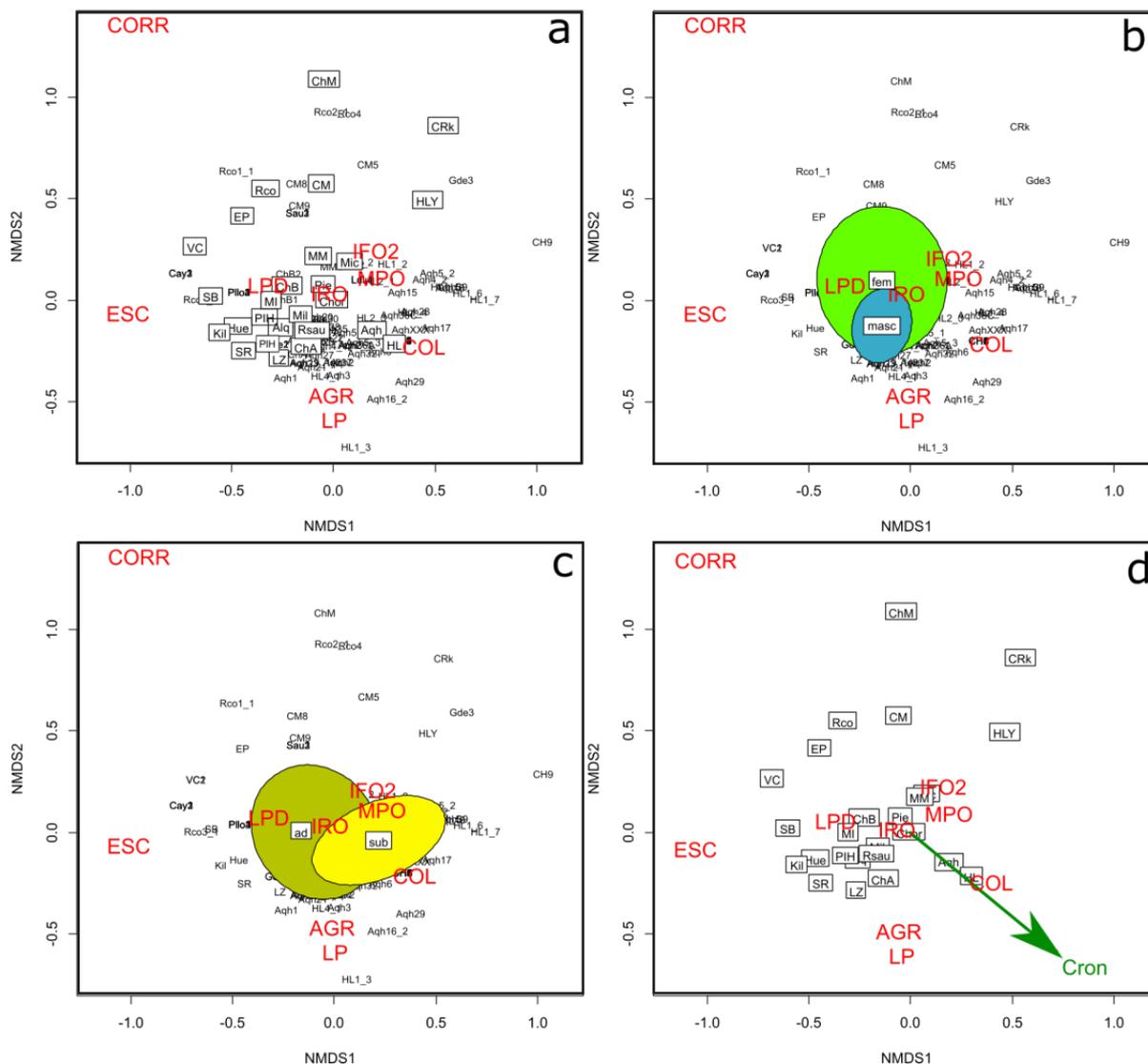


Figura 4. nMDS por individuos (estrés = 0,171) con la proyección de las variables tafonómicas en color rojo; a) las etiquetas enmarcadas corresponden a los sitios, mientras que las restantes, a los individuos; b) elipses a partir de la desviación estándar para la variable sexo. Solamente se incluyeron las elipses correspondientes a sexos identificados; c) elipses a partir de la desviación estándar para la variable edad. Solamente se incluyeron las edades que fueron estimadas; d) vector que indica la dirección e intensidad de asociación de la variable cronología con el ordenamiento. Consultar abreviaturas en Tablas 1 y 2. Las elipses fueron graficadas con el comando *ordiellipse* del paquete *vegan* del programa R, con la configuración por defecto (*type = "sd"*).

el análisis (Figura 4a), con algunos de ellos relacionados con mayores niveles de corrosión, como Rco, ChM, EP, VC y otros. Aqh y HL, en el sector opuesto, se caracterizan por altos valores de cambios en la coloración, agrietamiento y líneas rectas y paralelas y bajos valores de corrosión. Los especímenes femeninos están desplazados hacia la parte superior del gráfico, asociados con mayores valores de corrosión y menores de agrietamiento y líneas rectas y paralelas (Figura 4b). No obstante la significancia de sus diferencias, la superposición entre las elipses es importante. La prueba pareada indicó que no hay diferencias entre masculinos y femeninos

($p = 0,264$), por lo que la significancia se explica por la incidencia de indeterminados y no determinados. En la Figura 4c se puede observar que los adultos se encuentran desplazados con respecto a los subadultos hacia mayores valores de corrosión, escamación y líneas dendríticas. Finalmente, la variable cronología, también significativa, se asocia a los niveles más bajos de corrosión, y altos de agrietamiento, líneas paralelas y cambios en la coloración, característicos de sitios como Aqh y HL (Figura 4d).

El análisis de nMDS para el sitio Aquihuecú ($n = 40$) se puede ver en la Figura 5. La proyección

de las variables sexo y edad fueron significativas ($p < 0,001$), mientras que cronología solo lo fue marginalmente ($p = 0,070$). No se encontraron diferencias entre masculinos y femeninos (PERMANOVA, $p = 0,312$; la significancia se explica por los no determinados y los indeterminados), mientras que edad resultó significativa (PERMANOVA, $p = 0,002$). Los individuos adultos se distribuyen hacia mayores valores de escamación, líneas dendríticas, agrietamiento e IRO, mientras que los subadultos se asocian con mayores valores de IFO2, cambios en la coloración y pérdida ósea (Figura 5a). Por su parte, los especímenes más antiguos están asociados con mayores valores de líneas dendríticas, agrietamiento, IRO y escamación, y menores de líneas rectas y paralelas, pérdida ósea, cambios en la coloración e IFO2 (Figura 5b).

DISCUSIÓN

Los estudios tafonómicos comprenden el análisis de procesos acontecidos luego de la muerte y hasta el sepultamiento, etapa denominada bioestratinomía, y/o entre el sepultamiento y la exhumación, en lo que se conoce como diagénesis (Fernández-López y Fernández-Jalvo, 2002). En tafonomía bioarqueológica, los procesos bioestratinómicos en el caso de inhumaciones son muy breves, al contrario de lo que se observa en el caso de otros mamíferos (véase, por ejemplo, Behrensmeier, 1978), en los que predominan los procesos de meteorización. En el caso de inhumaciones, los fenómenos bioestratinómicos pueden vincularse a prácticas mortuorias previas al enterramiento y/o a acciones antrópicas en contexto sistémico durante la historia tafonómica de un conjunto óseo (como entierros secundarios). A su vez, la ocurrencia de exhumaciones naturales o antrópicas retornan los restos a la fase bioestratinómica. En la muestra analizada, los procesos bioestratinómicos mencionados están documentados (Hajduk et al., 2000; Della Negra y Novellino, 2002, 2005; Della Negra et al., 2014; Béguelin et al., 2015; Béguelin y Vazquez, 2015;

Cúneo et al., 2016; Béguelin et al., 2017; Gordón et al., 2019b). Estos fenómenos no fueron incluidos en los análisis debido a que su incidencia es baja en la muestra. Se infiere que, en tanto los restos pasaron la mayor parte de su historia tafonómica enterrados, su preservación está vinculada principalmente a fenómenos diagénéticos.

La evaluación de los patrones de preservación de los restos óseos humanos de Patagonia, así como

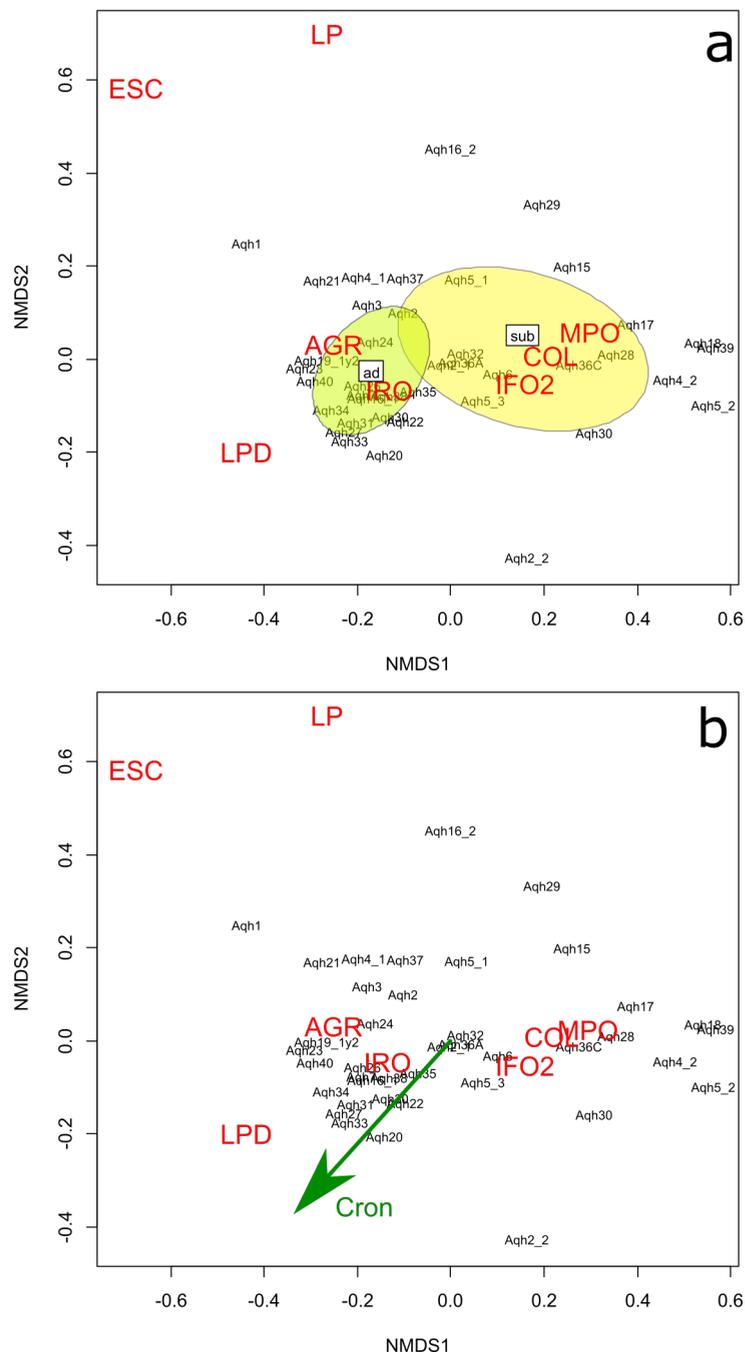


Figura 5. nMDS por individuos para el sitio Aquihucó (estrés = 0,126) con la proyección de las variables tafonómicas. a) Elipses correspondientes a las categorías de edad; b) la flecha indica la dirección de la asociación de la cronología. Consultar abreviaturas en Tablas 1 y 2.

los eventuales sesgos en el registro bioarqueológico demandan un análisis del efecto de variables en abordajes a escala regional (Borrero, 2001). Los aspectos geológicos, climáticos, las características del suelo, la flora y la fauna involucrados en estos patrones varían en una escala regional, de manera que es esperable encontrar contrastes en los modos de preservación solamente si se trasciende lo local. Simultáneamente, este enfoque requiere de la disponibilidad de evidencia a escala de sitios, *i.e.*, local, de manera que estos abordajes son posibles luego del desarrollo de investigaciones sistemáticas, tal como se observó en la provincia del Neuquén en las últimas décadas (Gordón *et al.*, 2017).

Un resultado destacado de este trabajo es que los efectos tafonómicos observados no varían de manera homogénea. El análisis multivariado a nivel de sitio muestra que las variables corrosión, escamación, marcas de raíces y pérdida ósea varían de manera similar entre ellas y de modo diferente a otros efectos, tales como agrietamiento, representación ósea y cambios en la coloración, todo ello asociado a diferentes condiciones geoambientales. El conjunto de sitios que presentaron en sus restos la primera combinación de alteraciones se asocia significativamente con clima húmedo, bajas temperaturas, suelos ácidos, abundante vegetación y

zonas de geoformas glaciales (Tabla 3). Estos sitios se incluyen en el patrón de preservación que denominamos de *diagénesis destructiva* (DD), y se ubican hacia el oeste de la distribución geográfica de este estudio, a lo largo de las fajas precordillerana y cordillerana (*e.g.*, El Panteón, Millaín, Kilca, Campo Ayoso, Remeco, Vía Christi), aunque los restos de Alonqueo, Pocaullo y Huechulafquen, aun ubicados al oeste, no presentaron corrosión. La asociación entre un medio ácido y húmedo con cobertura vegetal abundante y la degradación de los restos en términos de corrosión y acción de raíces coincide con las expectativas de preservación para ese tipo de medio diagenético (*e.g.*, Nicholson, 1998; Fernández-Jalvo *et al.*, 2010; López-Costas *et al.*, 2016).

Otro conjunto de sitios que presentaron el segundo conjunto de combinaciones de alteraciones (cambios en la coloración, escamación, agrietamiento, pérdida ósea y fragmentación) están asociados con regiones de climas más áridos, mayores temperaturas, suelos alcalinos y alto contenido de carbonato de calcio, vegetación muy baja y rala y geoformas fluviales, y se incluyen en el patrón de preservación que denominamos de *diagénesis no destructiva* (DnD; Tabla 3). Estos sitios se ubican al este de la faja cordillerana, y cubren las fajas centro

Tipo de patrón de preservación	Alteraciones macroscópicas	Alteraciones microscópicas (Vazquez <i>et al.</i> , 2021)	Características geoambientales	Cronología
De diagénesis destructiva	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosión - Escamación - Marcas de raíces - Pérdida ósea 	<ul style="list-style-type: none"> - Severo deterioro microestructural - Ataque bacteriano - Birrefringencia ausente - Alteración composicional 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelos de pH ácidos - Temperaturas medias anuales entre 12 °C y 8 °C - Clima perhúmedo a húmedo - Vegetación tipo de bosque denso - Áreas con geoformas glaciares 	Menor antigüedad
De diagénesis no destructiva	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en la coloración - Escamación - Agrietamiento - Pérdida ósea - Fragmentación ósea 	<ul style="list-style-type: none"> - Buena preservación microestructural - Permineralización con CaCO₃ - Relleno sedimentario - Microfisuras - Birrefringencia normal a reducida 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelos de pH alcalinos - Suelos con alto contenido de CaCO₃ (calcita) - Temperaturas medias anuales entre 14 °C y 12 °C - Clima árido a semiárido - Vegetación arbustiva - Áreas con geoformas fluviales 	Mayor antigüedad

Nota: La intensidad de la birrefringencia es un indicador del estado de preservación de las fibras de colágeno, y/o de la orientación de los cristales de hidroxiapatita.

Tabla 3. Síntesis de los patrones de preservación observados en este estudio.

y este de la distribución geográfica del presente estudio (e.g., Aquihucó, Hermanos Lazcano, Cochico Márquez, Retamal, Grande, Chacra Bustamante).

Las alteraciones por escamación y pérdida ósea son compartidas por ambos patrones de preservación (Tabla 3), lo que sugiere que serían resultado del accionar de distintos agentes tafonómicos geoambientales.

La evaluación de la asociación entre el sexo y las VT se vio dificultada por la baja proporción de individuos con sexo estimado (51,37%; $n = 56$), y por la dispar representación de individuos masculinos y femeninos de diferentes sitios, del mismo modo que la edad, por la dispar representación de individuos caracterizados como adultos y subadultos en los sitios. No obstante, los resultados sugieren diferencias consistentes en subadultos con menores niveles de corrosión y escamación, y mayores frecuencias de marcas de raíces, agrietamiento y cambios en la coloración. El análisis del sitio Aquihucó, por su parte, sugiere mayores grados de cambios en la coloración, fragmentación y pérdida ósea; y menores de representación ósea, agrietamiento, marcas de raíces, escamación y marcas de roedores para los subadultos.

En un estudio histotafonómico reciente sobre restos óseos de los mismos sitios estudiados aquí, Vazquez *et al.* (2021) identificaron dos patrones de preservación, uno caracterizado por una buena preservación histológica y otro caracterizado por un deterioro histológico. Estos patrones se asociaron con características geoambientales semejantes a las abordadas en el presente trabajo, lo que permite afirmar que los patrones de preservación macroscópicos descritos son coherentes con aquellos identificados a nivel microscópico.

El tiempo es un factor crucial y necesario para que los restos experimenten los fenómenos tafonómicos. Los patrones de preservación tafonómicos identificados en el área de estudio (DD y DnD) se asociaron con la cronología de los sitios. En este sentido, el patrón DD se asoció principalmente con sitios de cronologías poscontacto, y el patrón de DnD, con sitios más antiguos (de 600 a 4000 años AP). De manera aparentemente contraintuitiva, nuestros resultados no muestran que los huesos más antiguos se encuentren peor preservados (aunque es esperable que bajo iguales historias tafonómicas eso suceda). Los restos de los sitios más antiguos inscritos en el patrón DnD presentan mejores o iguales condiciones de preservación que los restos de los sitios tardíos del patrón DD. Por ejemplo,

los restos del sitio poscontacto Remeco muestran niveles de deterioro importantes, mientras que en Aquihucó la preservación es macroscópicamente muy buena, y sus restos están datados en alrededor de 4000 años.

La evidencia obtenida en este trabajo sugiere que en sitios de diagénesis destructiva los procesos tafonómicos detectados operan en una escala temporal menor al milenio, luego de lo cual se desintegran. Esta observación es coherente con los resultados alcanzados a nivel de individuo, donde los restos más antiguos se caracterizan por menores niveles de corrosión y mayores de coloración, agrietamiento y líneas paralelas, entre otros. La observación de que en los restos más antiguos y mejor preservados de patrón DnD haya menor evidencia de corrosión y marcas de raíces sugiere que el conjunto de agentes tafonómicos que provocan estas alteraciones resultan factores determinantes en la probabilidad de supervivencia de un resto. Por lo tanto, se infiere que, en condiciones geoambientales que propicien el desarrollo de patrones de preservación de DD, los restos no sobrevivirán más que unos pocos cientos de años. Una consecuencia de esta propuesta es un sesgo evidente en contra del hallazgo de sitios en áreas con estas características geoambientales. Se espera que este sesgo se refleje en la presencia de restos muy deteriorados y en la ausencia de restos antiguos. A su vez, considerando la observación de que los restos expuestos a la intemperie luego de haber pasado por una etapa diagenética se deterioran rápidamente, aún luego de diagénesis no destructivas (Vazquez *et al.*, 2020), la ventana temporal que permite hallar este tipo de restos es muy reducida, con consecuencias en el registro de restos óseos humanos de origen arqueológico.

Por su parte, los restos relacionados con los patrones tafonómicos de diagénesis no destructiva presentan un espectro más amplio de edades. Existen numerosos sitios que no se ajustan estrictamente al modelo de los dos patrones descriptos, *i.e.*, DD y DnD. Surge de ello que la interacción entre los agentes tafonómicos y el tiempo (del mismo modo que con los aspectos culturales y los factores intrínsecos) se caracteriza por una gran complejidad que se contrapone al ensayo de predicciones. Por ejemplo, el sitio Chacra Álvarez presenta restos con un estado avanzado de deterioro, aunque se encuentra en el sector este del área, asignado a DnD, y es reciente (ca. 330 años AP). Este sitio, emplazado dentro del valle del río Neuquén, pudo haber estado cubierto de agua o en contacto con la napa freática

frecuentemente, lo que habría propiciado su actual estado de preservación, peor que el esperado.

CONCLUSIONES

Este trabajo aborda por primera vez la complejidad de un estudio tafonómico bioarqueológico regional en 30 sitios de antigüedades y contextos geoambientales diferentes de Norpatagonia con un marco teórico-metodológico multidisciplinario, que permitió obtener un *corpus* de información contundente sobre factores incidentes en el estado de preservación ósea de cada sitio.

El abordaje de las características intrínsecas presentó dificultades debido a que los sitios tienen cantidades dispares de individuos. La evidencia sugiere que no hay diferencias marcadas entre sexos en términos de la preservación. La comparación entre individuos adultos y subadultos resultó un poco menos controvertida: los subadultos presentan peor preservación en general.

Se identificaron dos patrones de preservación tafonómicos, asociados con características geoambientales definidas, en un espacio multivariado complejo. El patrón denominado de *diagénesis destructiva* está caracterizado por sitios con restos mal preservados, en climas húmedos de pH ácido y bajas temperaturas, que no superan pocos cientos de años de antigüedad. Por su parte, los sitios del patrón de *diagénesis no destructiva* se caracterizan por un grado menor de deterioro y mayor persistencia ósea dentro de la matriz sedimentaria, en climas típicamente áridos, de pH alcalino y temperaturas más altas.

Este modelo permite hipotetizar que las condiciones geoambientales de la diagénesis destructiva causan destrucción ósea principalmente por corrosión en pocas centurias, por lo cual ofrece un límite temporal en la preservación.

Existen excepciones al modelo propuesto, que se explican por la alta complejidad de la interacción entre las variables que influyen la preservación. Con todo, este modelo mejora la comprensión de los patrones de preservación de los restos óseos humanos arqueológicos de Norpatagonia.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto PI-40-A-613 UNRN. Las siguientes personas e

instituciones facilitaron el acceso a las colecciones y sitios arqueológicos: Claudia Della Negra y Dirección Provincial de Patrimonio Cultural, provincia del Neuquén; Dirección Provincial de Áreas Naturales Protegidas; Mario Ángel Alonso y familia; Ireneo "Maucho" Calpán, Mariano y Milton Kilapi, comunidad mapuche Kilapi; Gerónimo Bustamante y Eva Monje; Luis "Titi" Ricciuto y personal del Museo Municipal y Centro de Interpretación "El Charrúa"; Consejo Zonal Pehuenche de la localidad Aluminé; Museo Gregorio Álvarez; Margarita y Beto Sanmartín, Museo Ana María Biset de Caepel Malal y Comisión de Fomento del Curí Leuvú. Tres revisores anónimos mejoraron el manuscrito con sus inestimables comentarios.

REFERENCIAS CITADAS

- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32-46. [10.1111/j.1442-9993.2001.tb00081.x](https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.tb00081.x)
- Barrientos, G., Goñi, R., Zangrando, A., Del Papa M., Guraieb, S. G., Arregui, M. J. y Negro, C. (2007). Human Taphonomy in Southern Patagonia: a view from the Salitroso Lake Basin (Santa Cruz, Argentina). En A. Gutiérrez, L. Miotti, G. Barrientos, G. Mengoni Goñalons y M. Salemme (Eds.). *Taphonomy and Zooarchaeology in Argentina* (pp. 187-201). BAR International Series 1601. Archaeopress.
- Béguelin, M., Gordón, F., Vazquez, R. C. y Bernal, V. (2017). Informe preliminar de los materiales arqueológicos y bioarqueológicos recuperados en el sitio Remeco I-Dpto. Aluminé (Pcia. del Neuquén). MS.
- Béguelin, M., Navarro, T., Wiggenhauser, N., D'Addona, L., Cassiodoro, G. y Gordón, F. (2015). Primeros resultados del sitio arqueológico post-contacto El Panteón 1 (Las Ovejas, Neuquén). *VI Congreso Nacional de Arqueología Histórica*. Aprehensión del patrimonio y generación de conocimiento científico. Centro de Investigaciones Ruinas de San Francisco, Mendoza.
- Béguelin, M. y Vazquez, R. C. (2015). Informe preliminar de los materiales recuperados en el sitio Chacra Álvarez, Dpto. Chos Malal (Pcia. del Neuquén). MS.
- Behrensmeyer, A. K. (1978). Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4, 150-162. <https://doi.org/10.1017/S0094837300005820>
- Bello, S. M., Thomann, A., Signoli, M., Dutour, O. y Andrews, P. (2006). Age and sex bias in the reconstruction of past population structures. *American Journal of Physical Anthropology*, 129, 24-38. [10.1002/ajpa.20243](https://doi.org/10.1002/ajpa.20243)

- Borella, F., Mariano, C. y Favier-Dubois, C. (2007). Procesos tafonómicos en restos humanos de superficie en la localidad arqueológica de Bajo de la Quinta, Golfo San Matías (Río Negro) Argentina. En F. Morello, M. Martinic, A. Prieto y G. Bahamonde (Eds.). *Arqueología de Fuego-Patagonia. Levantando piedras, desenterrando huesos... y develando arcanos* (pp. 403-410). Centro de Estudios del Cuaternario, Fuego Patagonia y Antártica (CEQUA).
- Borrero, L. A. (2001). Regional taphonomy: The scales of application to the archaeological record. En H. Buitenhuis y W. Prummel (Eds.). *Animals and Man in the Past. Essays in honour of Dr. A. T. Clason emeritus professor of archaeozoology Rijksuniversiteit Groningen, the Netherlands* (pp. 17-20). ARC-Publicatie 41.
- Climate-data.org (2020). *Climate-data.org*. <https://es.climate-data.org/>
- Crivelli Montero, E. A., Pardiñas, U., Fernández, M., Bogazzi, M., Chauvin, A., Fernández, V. M. y Lezcano, M. J. (1996). La Cueva Epullán Grande (provincia del Neuquén, Argentina). Informe de avance. *Præhistoria*, 2, 185-265.
- Core Team (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org>
- Cúneo, E. M., Hajduk, A., Novellino, P. S. y Azar, P. F. (2016). Rescate de un cementerio de cazadores-recolectores prehispánicos: sitio Loma de la Lata 1 (provincia del Neuquén, República Argentina). *Intersecciones en Antropología*, 17, 315-325.
- Della Negra, C. y Novellino, P. (2002). Nuevos estudios sobre los antiguos habitantes de la cuenca del río Limay: Sitio Grande, Departamento Picún Leufú, Provincia del Neuquén. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 27, 101-113.
- Della Negra, C. y Novellino, P. S. (2005). "Aquiuecú": un cementerio arqueológico, en el norte de la Patagonia, valle del Curi Leuvú - Neuquén, Argentina. *Magallania (Punta Arenas)*, 33(2), 165-172. doi.org/10.4067/S0718-22442005000200011
- Della Negra, C., Novellino, P., Perez, I. y Hajduk, A. (2009). Investigaciones arqueológicas y bioarqueológicas en el sitios Aquíuecú (Norpatagonia): nuevos resultados. En M. Salemme, F. Santiago, M. Álvarez, E. Piana, M. Vázquez y E. Mansur (Eds.). *Arqueología de Patagonia: una mirada desde el último confín* (pp. 669-676). Utopías.
- Della Negra, C., Novellino, P., Gordón, F., Vazquez, R. C., Béguelin, M. y Bernal, V. (2014). Áreas de entierro en Noroeste de Patagonia: sitio Hermanos Lazcano (Chos Malal, Neuquén). *Runa*, 1, 5-20.
- FAO (2009). *Guía para la descripción de suelos*. 4.ª ed. FAO.
- Fernández-Jalvo, Y. y Andrews, P. (2016). *Atlas of Taphonomic Identifications. 1001+Images of fossil and recent mammal bone modification*. Springer. 10.1007/978-94-017-7432-1
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., Pesquero, D., Smith, C., Marín-Monfort, D., Sánchez, B., Geigl, E. y Alonso, A. (2010). Early bone diagenesis in temperate environments Part I: Surface features and histology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 288(1-4), 62-81. 10.1016/j.palaeo.2009.12.016
- Fernández-López, S. R. y Fernández-Jalvo, Y. (2002). The limit between biostratigraphy and fossilization. En M. De Renzi, M. V. Pardo Alonso, M. Belichón, E. Peñalver, P. Montoya y A. Márquez-Aliaga (Eds.). *Current topics on taphonomy and fossilization* (pp. 27-36). Ajuntament de Valencia.
- Goñi, R. A., Del Papa M. y García Guraieb, S. (2002). Aspectos tafonómicos en entierros humanos de Patagonia. En *XIV Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Rosario. Libro de Resúmenes* (pp. 240-241).
- Gordón, F. (2009). Tafonomía humana y lesiones traumáticas en colecciones de museos. Evaluación en cráneos del noreste de Patagonia. *Intersecciones en Antropología*, 10, 27-41.
- Gordón, F., Béguelin, M., Vazquez, R. C., Cobos, V., Pucciarelli, H. M. y Bernal, V. (2013). El "Hombre fósil de Mata Molle" (Neuquén, Argentina): Cronología y variación facial en el contexto de las poblaciones de Patagonia y Sudamérica. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 15(1), 77-89.
- Gordón, F., Barberena, R. y Bernal, V. (2017). *El poblamiento del norte del Neuquén. Estado actual del conocimiento*. Aspha.
- Gordón, F., Béguelin, M., Rindel, D., Della Negra, C., Hajduk, A., Vazquez, R. C., Cobos, V. A., Perez I. S. y Bernal, V. (2019a). Estructura espacial y dinámica temporal de la ocupación humana de Neuquén (Patagonia argentina) durante el Pleistoceno final-Holoceno. *Intersecciones en Antropología*, 20(1), 93-105.
- Gordón, F., Béguelin, M., Novellino, P. y Archuby, F. (2019b). Paleodemographic inferences of the Northwest of Patagonia. Insights from the Aquíuecú Site, Neuquén Province, Argentina. *Chungara*, 51(3), 363-380. 10.4067/S0717-7356201900500130
- Greenacre, M. y Primicerio, R. (2013). *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Fundación BBVA.
- Guichón, R. A., Barberena, R. y Borrero, L. A. (2001). ¿Dónde y cómo aparecen los restos óseos humanos en Patagonia Austral? *Anales Instituto Patagonia. Serie Ciencias Humanas*, 29, 103-118.

- Guichón, R. A., Muñoz, A. S. y Borrero, L. A. (2000). Datos para una tafonomía de restos óseos humanos en Bahía San Sebastián, Tierra del Fuego, Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 25, 297-313.
- Guichón Fernández, R. (2016). *Estudio de individuos de la cuenca del lago Salitroso: Evaluación de sesgos en la representación etaria en chenques del Holoceno tardío final (Santa Cruz)* [tesis de licenciatura inédita. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires].
- Guichón Fernández, R. (2017). Evaluación de sesgos en la representación de los individuos subadultos en chenques del Holoceno tardío final del Lago Salitroso (Santa Cruz). *Cuadernos Del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano – Series Especiales*, 4(4), 125-135.
- Hajduk, A. y Cúneo, E. M. (1997-1998). Rescate arqueológico en San Martín de los Andes (departamento Lácar, provincia del Neuquén) y algunas reflexiones acerca de la cerámica con decoración valdiviana. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 22-23, 319-341.
- Hajduk, A., Cúneo, E., Albornoz, A. M., Della Negra, C. y Novellino, P. (2000). Nuevas investigaciones desarrolladas en el sitio Caepe Malal I (cuenca del Curí Leuvú, departamento Chos Malal, provincia de Neuquén). En J. Belardi, F. Carballo Marina y S. Espinosa (Eds.). *Desde el país de los gigantes. Perspectivas arqueológicas en Patagonia* (pp. 297-313). Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA).
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 9-18.
- Legendre, P. y Legendre, L. (2012). *Numerical Ecology*, 3.^{ra} ed. Elsevier.
- López-Costas, O., Lantes-Suárez, Ó. y Martínez Cortizas, A. (2016). Chemical compositional changes in archaeological human bones due to diagenesis: Type of bone vs soil environment. *Journal of Archaeological Science*, 67, 43-51. 10.1016/j.jas.2016.02.001
- Lyman, R. L. (2008). *Quantitative Paleozoology*. Cambridge University Press. 10.1017/CBO9780511813863
- Martin, F. M. (2006). *Carnívoros y huesos humanos de Fuego-Patagonia: aportes desde la tafonomía forense*. Sociedad Argentina de Antropología [Colección Tesis de Licenciatura].
- Martin, F. M., Barberena, R. y Guichón, R. (2004). Erosión y huesos humanos. El caso de la localidad Chorrillos, Tierra del Fuego. *Magallania*, 32, 125-142.
- Martinez Arbizu, P. (2020). pairwiseAdonis: Pairwise multilevel comparison using Adonis. R package version 0.4. <https://github.com/pmartinezarbizu/pairwiseAdonis>
- Mendonça, O. J., Cocilovo, J. A. y Pereda, I. (1984-1985). Observaciones de interés tafonómico en los restos óseos humanos del sitio "Las Lagunas" (Provincia del Neuquén). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 16, 235-248.
- Mengoni Goñalons, G. L. (2010). Zooarqueología en la práctica: algunos temas metodológicos. *Xama*, 19, 83-113.
- Mondini, M. (2002). *Formación del registro arqueofaunístico en abrigos rocosos de la Puna argentina. Tafonomía de carnívoros* [tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires].
- Nicholson, R. (1998). Bone Degradation in a Compost Heap. *Journal of Archaeological Science*, 25(5), 393-403. 10.1006/jasc.1997.0208
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. y Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *Circular*, 939, 1-19. Washington, DC: US Department of Agriculture.
- Pereyra, F. X., Irisarri, J. A. y Ferrer, J. A. (2011). Suelos: factores de formación, procesos pedogenéticos y distribución. En H. A. Leanza, C. Arregui, O. Carbone, J. C. Danieli y J. M. Vallés (Eds.). *Relatorio del 18º Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén* (pp. 871-880). Asociación Geológica Argentina.
- Perez, S. I., Della Negra, C., Novellino, P., Gonzalez, P., Bernal, V., Cuneo, E. y Hajduk, A. (2009). Deformaciones artificiales del cráneo en cazadores-recolectores del Holoceno Medio-Tardío el Noroeste de Patagonia. *Magallania* (Punta Arenas), 37(2), 7-20. <https://doi.org/10.4067/S0718-22442009000200005>
- Suby, J. A. y Guichón, R. A. (2004). Densidad ósea y frecuencias de hallazgos en restos humanos en el Norte de Tierra del Fuego. Análisis exploratorio. *Intersecciones en Antropología*, 5, 95-104.
- Vazquez, R. C. (2014). Primeros resultados del relevamiento de variables tafonómicas en muestras esqueléticas humanas del noroeste patagónico. En A. Castro Esnal, M. L. Funes, M. Grosso, N. Kuperszmit, A. Murgo y G. Romero (Eds.). *Entre Pasados y Presentes IV. Estudios Contemporáneos en Ciencias Antropológicas* (pp. 419-433). Asociación Amigos del Instituto Nacional de Antropología.
- Vazquez, R. C. (2019). Tafonomía y preservación diferencial de restos óseos humanos del norte de la provincia del Neuquén (República Argentina). *Revista del Museo de Antropología*, 2(2), 81-92. <http://dx.doi.org/10.31048/1852.4826.v12.n2.19400>

- Vazquez, R. C. (2020). *Tafonomía de restos óseos humanos del norte patagónico en diferentes contextos ambientales y sedimentarios* [tesis doctoral inédita. Universidad Nacional de Río Negro]. <https://rid.unrn.edu.ar/simple-search?query=Vazquez+Romina>
- Vazquez, R. C., Béguelin, M. y Archuby, F. M. (2016). Efecto del ambiente sedimentario en la preservación de restos óseos humanos. *Ciencias Morfológicas*, 18(1), 62.
- Vazquez, R. C., Archuby F. y Béguelin M. (2020). Fast biotratinomic destruction of previously diagenized human bones: an explanation for a lagged bioarchaeological records in Patagonia. En *TaphCon 2020. Meeting Booklet* (p. 42).
- Vazquez, R. C., Béguelin, M., Navarro, T. y Cerda, I. (2021). Bone histology of human remains from the Late Holocene of Northwestern Patagonia, Argentina: a multidimensional taphonomic approach. *Archaeological and Anthropological Science*, 13(175), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01435-9>
- Vazquez, R. y D'Abrahamo, S. (2013). Efecto de los factores tafonómicos sobre la preservación de restos humanos en el norte neuquino. En S. Avena y V. Lois (Comps.). *Libro de Resúmenes de las Undécimas Jornadas Nacionales de Antropología Biológica* (p. 162). Asociación de Antropología Biológica Argentina.
- Vazquez, R., Gordón, F. y Béguelin M. (2013). Preservación diferencial en muestras de restos óseos humanos en distintos ambientes de Norpatagonia y Pampa. En R. Bárcena y S. Martín (Eds.). *Arqueología Argentina en el Bicentenario de la Asamblea General Constituyente del año 1813* (p. 514). Universidad Nacional de La Rioja.
- Vazquez, R., Gordón, F. y Béguelin, M. (2014). Preservación diferencial de restos humanos en sitios a cielo abierto del norte neuquino, República Argentina. En *Libro de Resúmenes de las IX Jornadas de Antropología de Patagonia* (p. 75).
- Wackerly, D., Mendenhall, W. I. y Scheaffer, R. (2008). *Mathematical Statistics with Applications*. Thomson Learning. 10.1017/CBO9781107415324.004
- Walkley, A. y Black, I. A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. *Soil Science* 34, 29-38.
- Zangrando, F., Del Papa M., Negro C. y Arregui, M. J. (2004). Estudios tafonómicos en entierros humanos de la cuenca del lago Salitroso, Santa Cruz. En M. Civalero, P. Fernández y A. Guráieb (Eds.). *Contra viento y marea. Arqueología de Patagonia* (pp. 375-386). Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano; Sociedad Argentina de Antropología.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Material suplementario 1. Caracterización sexo-etaria para todos los individuos que componen la muestra de estudio.

Material suplementario 2. Medidas de cuantificación ósea por sitio. Los valores incluyen los restos excavados y de recolección superficial. Referencias: número de especímenes óseos identificables (NISP), número de especímenes óseos no identificables (NUSP), total de especímenes óseos (NSP), número mínimo de elementos (MNE), número mínimo de individuos (MNI), número de elementos óseos esperados (NEE), índice de representación ósea (IRO), índice de fragmentación ósea 2 (IFO2).

Material suplementario 3. Análisis de las modificaciones óseas observadas por sitio. Referencias: modificaciones por pérdida ósea (MPO), modificaciones superficiales (MS), líneas con patrón dendrítico (LPD), líneas rectas y paralelas (LP), cambios en la coloración original del hueso (COL), modificaciones que penetran en el tejido cortical (MPTC), agrietamiento (AGR), escamación (ESC), corrosión (CORR).

Material suplementario 4. Medidas de cuantificación ósea por individuo. Referencias: número de especímenes óseos identificables (NISP), número de especímenes óseos no identificables (NUSP), total de especímenes óseos (NSP), número mínimo de elementos (MNE), número mínimo de individuos (MNI), número de elementos óseos esperados (NEE), índice de representación ósea (IRO), índice de fragmentación ósea 2 (IFO2).

Material suplementario 5. Análisis de las modificaciones óseas observadas por individuo. Referencias: modificaciones por pérdida ósea (MPO), modificaciones superficiales (MS), líneas con patrón dendrítico (LPD), líneas rectas y paralelas (LP), cambios en la coloración original del hueso (COL), modificaciones que penetran en el tejido cortical (MPTC), agrietamiento (AGR), escamación (ESC), corrosión (CORR).

Material suplementario 6. Relevamiento de las variables geoambientales por sitio. Referencias: textura (Tex), limo/arcilla (L/A), arena muy fina (AMF), arena fina (AF), arena mediana (AM), arena gruesa (AG), arena muy gruesa (AMG), grava (G), selección (S), bien seleccionado (BS), pobremente seleccionado (PS), mal seleccionado (MS), potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), fósforo disponible (P), carbonato de calcio (CaCO₃), temperatura media anual (TMA), temperatura mínima (TMin), temperatura máxima (TMax), precipitaciones medias anuales (PMA), tipo de clima (TCl), perhúmedo a húmedo (PerH), subhúmedo a semiárido (SubHS), semiárido (SemA), árido (A), distancia lateral a cuerpo de agua (distAgua), distancia vertical a cuerpo de agua (DistAguaV), metros sobre el nivel del mar (msnm), ambiente geomorfológico (Geom), tipo de vegetación (TVeg), bosque denso (Bd), estepa herbácea-arbustiva (Eha), estepa arbustiva (Ea), tipo de suelo (TSue), andisoles/ alfisoles/ histosoles/ inceptisoles (AAHl), ardisoles/entisoles (AE), entisoles/molisoles (EM). Los sitios con asteriscos (*) fueron aquellos en los que se pudieron analizar muestras de sedimento.