



Revista argentina de antropología biológica

ISSN: 1514-7991

ISSN: 1853-6387

Asociación de Antropología Biológica Argentina

Millán, Ana Gabriela; Tamburrini, Camila; Parolin, María  
Laura; Dahinten, Silvia; Gómez Otero, Julieta; Suby, Jorge  
Estimación sexual en restos óseos de cazadores-recolectores de Patagonia Central  
Argentina: contrastación de métodos morfométricos con análisis paleogenéticos  
Revista argentina de antropología biológica, vol. 23, núm. 2, 037, 2021, Julio-Diciembre  
Asociación de Antropología Biológica Argentina

DOI: <https://doi.org/10.24215/18536387e037>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382268265005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org  
UAEM

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# Estimación sexual en restos óseos de cazadores-recolectores de Patagonia Central Argentina: contrastación de métodos morfométricos con análisis paleogenéticos

Sexual estimation in bone remains of hunter-gatherers from Central Patagonia, Argentina: contrasting of morphometric methods with paleogenetic analysis

 Ana Gabriela Millán<sup>1\*</sup> |  Camila Tamburrini<sup>1</sup> |  María Laura Parolin<sup>1</sup>  
 Silvia Dahinten<sup>1</sup> | Julieta Gómez Otero<sup>1</sup> |  Jorge Suby<sup>2</sup>

**1)** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Diversidad y Evolución Austral. Puerto Madryn. Chubut. **2)** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Paleontológicas del Cuaternario Pampeano. Grupo de Investigación en Bioarqueología (GIB). Unidad de enseñanza universitaria Quequén. Departamento de Arqueología. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

REVISTA ARGENTINA DE  
ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA  
Volumen 23, Número 2  
Julio-Diciembre 2021

\*Correspondencia a: Ana Gabriela Millán. IDEAus-CONICET. Bvd. Brown 2915, U9120ACD. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.  
E-mail: millan@cenpat-conicet.gob.ar

Financiamiento: National Geographic Society (Grant 5453/95), CONICET (PEI 0331, PIP 02786, 6470, 11220140100308, 11220150100016CO), Universidad Nacional de la Patagonia (PI 041/03, 10/D105, PI 1465), Proyecto de Unidad Ejecutora IDEAus 229 201801 00012 y PICT 2414-2013.

RECIBIDO: 7 de Diciembre 2020

ACEPTADO: 2 de Marzo 2021

DOI: [10.24215/18536387e037](https://doi.org/10.24215/18536387e037)

e-ISSN 1853-6387

<https://revistas.unlp.edu.ar/raab>

Entidad Editora  
Asociación de Antropología Biológica  
Argentina

## Resumen

En el presente trabajo se comparan los resultados de la estimación de sexo en restos óseos humanos antiguos de individuos adultos de la Patagonia central argentina ( $N=42$ ) a partir de dos métodos: por una parte, el estudio de estructuras de la pelvis, el cráneo, el húmero, el fémur y la tibia; por otra, el análisis molecular de secuenciación masiva (Next Generation Sequencing), mediante herramientas bioinformáticas validadas para ADN antiguo. Los resultados mostraron que la concavidad subpública y el arco ventral de la pelvis, el proceso mastoides del cráneo y las fórmulas propuestas por Béguelin para fémur y húmero ofrecen las estimaciones del sexo más confiables en esta muestra de restos humanos arqueológicos de Patagonia central. Por el contrario, las estructuras de la tibia y el ancho bicondilar del humero y el fémur ofrecen resultados significativamente diferentes o con bajas asociaciones a los obtenidos por métodos moleculares. Futuros análisis deberán enfocarse en estudios similares en esqueletos de subadultos. Rev Arg Antrop Biol 23(2), 2021. doi:10.24215/18536387e037

Palabras Clave: Patagonia central; restos óseos; estimación sexual morfológica; estimación sexual molecular.

## Abstract

The present study compares the results of sex estimation in ancient human bone remains of adult individuals from Argentine central Patagonia ( $N = 42$ ) using two methods. On the one hand, the study of structures of the pelvis, skull, humerus, femur, and tibia. On the other hand, the biological sex estimated by means of molecular analysis (Next Generation Sequencing), using bioinformatic tools validated for ancient DNA. The results showed that sex estimations based on features of the pelvis (subpubic concavity and ventral arc), the mastoid process of the skull and the formulas proposed by Béguelin for humerus and femur were statistically similar to molecular results in this particular sample from Patagonia. In contrast, the estimations based on structures of the tibia and bicondylar width of humerus and femur were significantly different from molecular sex estimations. Further research needs to be conducted in order to test sex-estimation methods on subadult skeletons. Rev Arg Antrop Biol 23(2), 2021. doi:10.24215/18536387e037

**Keywords:** Central Patagonia; bone remains; morphological sex identification; molecular sex identification.

Gran parte de las investigaciones bioantropológicas y bioarqueológicas requieren como base estimaciones del sexo y la edad. Esta información osteobiográfica condiciona la interpretación de aspectos culturales, como la división de labores, y biológicos, como el desarrollo de enfermedades y la evaluación de patrones paleodemográficos. Por este motivo, los análisis sexo-etarios son, con frecuencia, uno de los primeros pasos en el estudio de restos óseos humanos (Buikstra y Ubelaker, 1994; Klales, 2020; Krenzer, 2006; Trujillo-Mederos y Ordóñez, 2012).

La estimación sexual es habitualmente aplicada al análisis de restos de individuos adultos, aunque recientemente se han desarrollado métodos que permiten estimar el sexo en subadultos con niveles de exactitud variables (e.g. García Mancuso y González, 2013; Luna, Aranda, Monge Calleja y Santos, 2020; Monge Calleja, Aranda, Santos y Luna, 2020). En esqueletos adultos es posible debido a la variación en el dimorfismo sexual relacionado con el crecimiento y desarrollo, siendo generalmente los hombres más robustos que las mujeres (Milner y Boldsen, 2012; Scheuer y Black, 2000). Esta diferencia de tamaño y forma es más evidente en algunos huesos que en otros. Así, los huesos pélvicos y del cráneo son los que presentan mayor diversidad morfológica sexual, seguidos por el fémur, la tibia y el húmero (Brickley y McKinley, 2004; Buikstra y Ubelaker, 1994; Holland, 1991; Klales, 2020; Milner y Boldsen, 2012; Rodríguez, 1994).

Existe una amplia gama de métodos para la estimación del sexo en restos humanos. En general, son generados a partir del estudio de colecciones de referencia de las cuales se conoce el sexo de los esqueletos que las componen. Sin embargo, se presentan dificultades asociadas a dos causas principales: 1) la gran variabilidad interpoblacional en el dimorfismo sexual, vinculada a factores genéticos y ambientales; y 2) los sesgos y errores inherentes a las metodologías empleadas, entre ellos las variaciones intra e interobservador. De la combinación de ambos factores, resulta que la aplicación de métodos creados a partir de una determinada población de referencia puede no ser de utilidad para la estimación sexual en muestras provenientes de otro grupo poblacional, con variaciones propias que pueden ser difíciles de cuantificar (Milner y Boldsen, 2012). Por este motivo, para alcanzar niveles de exactitud y de precisión aceptables, es deseable que las vías analíticas empleadas provengan de poblaciones similares a los individuos en estudio (Brickley, 2004; Buikstra y Ubelaker, 1994; Fisher y Mitteroecker, 2017; Milner y Boldsen, 2012; Rodríguez, 1994; Ubelaker y DeGaglia, 2017).

En los últimos años se han generado diversas metodologías para poblaciones específicas, basadas en el análisis de una gran variedad de elementos óseos, por ejemplo estructuras de la pelvis (Fischer y Mitteroecker, 2017), fragmentos del cráneo (Small, Schepartz, Hemingway y Brits, 2018), vértebras (Hora y Sladek, 2018), calcáneos (Scott, Ruengdit, Peckmann y Mahakkanukrauh, 2017) y diferentes huesos largos (Fasemore *et al.*, 2018; Mokoena, Billings, Bidmos y Mazenganya, 2017). Sin embargo, la ausencia de colecciones de referencia específicas a partir de grupos poblacionales antiguos obliga a la elección de métodos de estimación sexual creados para otras poblaciones, con los posibles sesgos y errores que ello implica.

En el estudio de restos de individuos de las poblaciones cazadoras-recolectoras que habitaron la Patagonia, al igual que para otras regiones de Argentina, se han utilizado frecuentemente métodos de estimación sexual producidos a partir de conjuntos esqueléticos de otras regiones del mundo. Sin embargo, una importante característica de las poblaciones de Patagonia es la marcada robustez observada en huesos largos y cráneo, lo que puede subestimar la identificación de individuos femeninos (Bernal, Pérez y González, 2005, 2006; Cobos, Favier Dubois y Pérez, 2014; González-José, 2003; González-José *et al.*, 2004; Hernández, 1992; Lahr y Wright, 1996; Pérez, 2003). Por lo tanto, la elección de métodos en muestras de esta región es en general arbitraria, y aunque en los últimos años se han desarrollado ámbitos de discusión para llegar a consensos entre investigadores (e.g. Bernal *et al.*, 2016; Fabra, Novellino, Arrieta y Salega, 2019; Luna, Aranda y Suby, 2014), resulta necesario evaluar, y eventualmente ajustar, cuáles resultan apropiados en estas poblaciones en particular.

Los avances producidos en el campo de la biología molecular desde fines del siglo XX proporcionan resultados de estimación sexual de alta exactitud, ofreciendo una salida a este problema. Una aproximación ampliamente utilizada es la tipificación del gen de la amelogenina (Mannucci, Sullivan, Ivanov y Gill, 1994) y de microsatélites específicos del cromosoma Y, mediante técnicas de PCR (Dash, Rawat y Das, 2020; Steinlechner, Berger, Niederstätter y Parson, 2002). Si bien estas técnicas han sido empleadas en análisis forenses de restos esqueléticos humanos (Daskalaki, Anderung, Humphrey y Götherström, 2011; Faerman *et al.*, 1995; Gibbon, Paximadis, Štrkalj, Ruff y Penny, 2009; Götherström, Lidén, Ahlström, Källersjö y Brown, 1997), al ser aplicadas en restos arqueológicos osteológicos de baja preservación o alta antigüedad presentan dificultades debido a los procesos degradativos que sufre la molécula de ADN post-mortem y a la escasa cantidad de material genético que caracteriza a las muestras antiguas (Briggs *et al.*, 2007; Quincey, Carle, Alunn y Quatrehomme, 2013). Asimismo, la probabilidad de *dropout* alélico (i.e. la pérdida por azar de un alelo) y de una determinación errónea por contaminación limitan su empleo, en especial en restos humanos pobremente preservados (Dash *et al.*, 2020; Götherström *et al.*, 1997). También se ha observado que la estimación sexual por este método es ineficiente en poblaciones donde la frecuencia de delecciones en el cromosoma Y es alta (Dash *et al.*, 2020).

Con el desarrollo de técnicas de secuenciación masiva o *Next Generation Sequencing* (NGS), en paralelo con estrategias bioinformáticas de análisis (Skoglund, Storå, Götherström y Jakobsson, 2013), se ha logrado determinar correctamente el sexo molecular de individuos con fechados de hasta 38.000 a 70.000 años AP en muestras tomadas de diferentes sustratos biológicos (hueso, diente, pelo, entre otros) y diversos estados de conservación (Skoglund *et al.*, 2013). Sin embargo, los elevados costos y muchas veces la imposibilidad de obtener ADN antiguo analizable debido a un elevado grado de degradación del material genético, dificultan llevar adelante esta técnica como una práctica habitual.

La posibilidad de realizar un análisis comparativo con los resultados de la estimación de sexo logrados mediante técnicas moleculares, permite explorar la exactitud de los métodos de estimación sexual empleados comúnmente en antropología biológica (Inskip *et al.*, 2018). Siguiendo este razonamiento, el objetivo del presente trabajo es analizar qué métodos cuantitativos y cualitativos de estimación del sexo a partir de características morfológicas de la pelvis, el cráneo y huesos largos en restos óseos humanos de la Patagonia central argentina proporcionan resultados similares a los logrados a partir de la identificación del sexo por técnicas genéticas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de la muestra

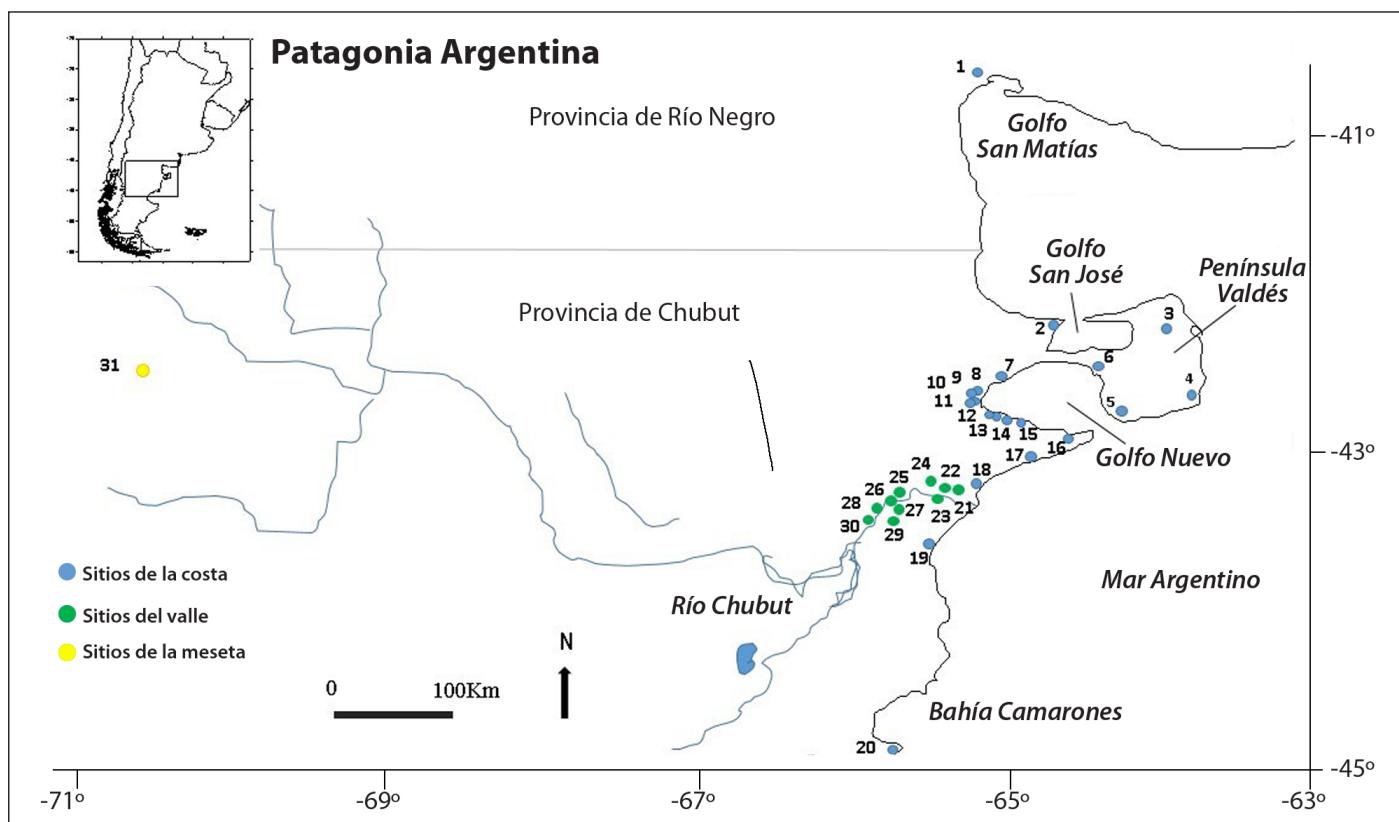
Para este estudio se seleccionaron esqueletos adultos de la Patagonia Central de Argentina que cuentan con asignación sexual mediante análisis moleculares, obtenidos en el marco de la tesis doctoral de uno de los autores (CT), y con elementos óseos con la suficiente integridad para llevar a cabo por lo menos uno de los métodos de estimación sexual a partir de la pelvis, el cráneo, el fémur, la tibia o el húmero. Luego de esta selección, la muestra a analizar estuvo integrada por restos de 42 individuos, todos en resguardo en el Repositorio de Antropología Biológica del Instituto de Diversidad y Evolución Austral del IDEAus-CONICET-CCT-CENPAT (Millán y Dahinten, 2019; Millán, Mohamed y Dahinten, 2019), que es el repositorio oficial de la Secretaría de Cultura de la provincia del Chubut, órgano de aplicación de la Ley XI N° 11 sobre “Régimen de las Ruinas y Yacimientos Arqueológicos, Antropológicos y Paleontológicos”.

Excepto el individuo del sitio Abril, hallado en la costa del golfo San Matías (provincia de Río Negro), los demás provienen de la provincia de Chubut. Respecto de la distribución por ambientes, un esqueleto corresponde a la meseta central, 24 al litoral Atlántico y el resto al valle inferior y medio del río Chubut ([Fig. 1](#), [Tabla 1](#)). En su gran mayoría fueron obtenidos mediante rescates arqueológicos y se conoce el contexto de entierro (Gómez Otero, 2006; Gómez Otero y Dahinten 1997-98; Gómez Otero y Novellino, 2011; Millán, Gómez Otero y Dahinten, 2013; Millán *et al.*, 2019). El individuo Abril, los cuatro esqueletos de Cabo Dos Bahías y los dos denominados “Piedra Parada SC”, provienen de excavaciones de aficionados (Gómez Otero, 2006; Millán *et al.*, 2019) ([Tabla 1](#)). En cuanto a la cronología, 29 (69%) poseen datos cronológicos a partir de fechados radiocarbónicos sobre hueso humano ([Tabla 1](#)). Sólo el individuo 1 del sitio Chacra 375 tiene una antigüedad del Holoceno medio (6070  $^{14}\text{C}$  AP); los demás comprenden edades de entre 2400 años  $^{14}\text{C}$  AP y Moderno (< 200 años).

Del total de esqueletos analizados, 12 corresponden a adultos jóvenes (28,6%), 25 a adultos medios (59,5%), 3 a adultos mayores (7,1%) y a dos individuos no fue posible asignarles un rango etario (4,8%) ([Tabla 1](#)). La edad se estimó de acuerdo a los métodos propuestos por Todd (1921a, 1921b) y Suchey-Brooks (Brooks y Suchey, 1990) para síntesis pública; según la estructura de la superficie auricular (Lovejoy, Meindl, Prizbeck y Mensforth, 1985) y a través del método del cierre de las suturas craneales de Masset (1989).

Estudios bioantropológicos realizados previamente por nuestro equipo de investigación señalan que los cazadores-recolectores que habitaron esta región entre ~2600 y 200 años AP compartían similar morfología craneana y presentaban tallas elevadas, lo que llevó a interpretar su vinculación biológica con los grupos conocidos luego del período de contacto con los europeos como “patagones” o “tehuiches” (Gómez Otero y Dahinten, 1997-98). La talla elevada muestra una tendencia secular constante en este período, con

un aumento no significativo a partir de 1000 años AP entre los individuos masculinos (Millán *et al.*, 2013). Análisis acerca de la salud metabólica mostraron escasas evidencias de indicadores de estrés nutricional y déficit de hierro (Gómez Otero y Novellino, 2011).



**FIGURA1.** Procedencia de la muestra. Sitios Arqueológicos: 1- Abril; 2- El Riacho; 3- El Progreso; 4- Punta Delgada; 5- La Azucena; 6- Pirámides; 7- El Doradillo; 8- BonLe; 9- Calle Tehuelches; 10- Calle Villarino; 11- Loma Blanca; 12- El Golfito; 13- Punta Cuevas-2; 14- Médano Grande; 15- Playa del Pozo; 16- El Pedral; 17- Punta León; 18- Barranca Norte; 19- Los Lobos; 20- Cabo Dos Bahías; 21- Rawson; 22- El Elsa; 23- Chacra de Lagos; 24- Loma Grande; 25- Chacras 192; 26- Chacra 275; 27- Chacra 282; 28- Chacra 375; 29- Chacra 376; 30- Bryn Gwin; 31- Piedra Parada.

## Metodología

**Estimación del sexo osteológico:** El sexo osteológico se estimó, en primer lugar, a partir de las características de la pelvis y el cráneo, compilados por Buikstra y Ubelaker (1994). En el caso de la pelvis, se analizaron la escotadura ciática mayor (PECM), el surco preauricular (PSP) y atributos de la región subpública, concretamente el arco ventral (PAV), la concavidad subpública (PCS) y el ancho de rama isquiopública (PRI), siguiendo a Phenice (1969). En cuanto al cráneo, se analizaron las características de la cresta nucal (CCN), el proceso mastoideo (CPM), el margen supraorbital (CMS), la glabela (CG) y la protuberancia mentoniana (CM), según los métodos propuestos por Acsádi y Nemeskéri (1970).

Además, se estimó el sexo mediante métodos cuantitativos que consideran las longitudes anatómicas de estructuras de la tibia, el fémur y el húmero, huesos largos que en general se encuentran mejor representados en los conjuntos osteológicos. Las mediciones se realizaron en todos los casos mediante un calibre digital de corredera. La estimación de sexo mediante la tibia se realizó siguiendo la metodología propuesta por Holland (1991). Se tomaron cinco medidas de las carillas articulares tibiales (Fig. 2): ancho bicondilar (TBB), ancho del cóndilo lateral (TLCW), longitud del cóndilo lateral (TLCL), ancho

**TABLA 1.** Individuos seleccionados para este estudio

Registro	Ambiente	Sitio	Datación $^{14}\text{C}$ AP	Edad	Referencia
CNP_ABI_08	Costa	Abril	770±70	AJ (25-35años)	Gomez Otero 2006:297
CNP_ABI_04	Costa	El Progreso-1	2160±80	A Med (35-50años)	Gomez Otero 2006:175
CNP_ABI_32	Costa	Punta Delgada	2010±50	A May (>50)	Gómez Otero y Novellino 2011: 647
CNP_ABI_15	Costa	La Azucena Indiv.1	880±50	A Med (30-39años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 648
CNP_ABI_16	Costa	La Azucena Indiv.2	880±50	AJ (25-35años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 648
CNP_ABI_78-1	Costa	Puerto Pirámides-3 Indiv.1	-	A Med (30-40años)	-
CNP_ABI_PF_21	Costa	Riacho San José (Pta Mejillón)	-	AJ (18-20años)	-
CNP_ABI_50	Costa	El Doradillo-1(horno ladrillos) Indiv.2	370±50	AJ (25-35años)	Gómez Otero 2007: 156
CNP_ABI_30	Costa	Loma Blanca	moderno	A Med (30-45años)	Millán <i>et al.</i> 2013
CNP_ABI_13	Costa	Calle Villarino	550±60	A Med (30-45años)	Gómez Otero y Dahinten 1997/98:107
CNP_ABI_18	Costa	Calle Tehuelches	2410±50	A Med (30-45años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 647
CNP_ABI_22	Costa	BonLe	1400±60	A Med (30-40años)	Gomez Otero 2006:225
CNP_ABI_43	Costa	Punta Cuevas-2 Indiv.1	2640±50	A Med (35-50años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 647
CNP_ABI_01-2	Costa	El Golfito-2 Indiv.2	770±50	A Med (35-45años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 648
CNP_ABI_76	Costa	Médano Grande-3 Indiv.1	-	A Med	-
CNP_ABI_14	Costa	Playa del Pozo	1540±50	A Med (30-45años)	Gómez Otero 2007: 156
CNP_ABI_34	Costa	El Pedral	2050±60	A Med (35-50 años)	Gomez Otero 2006:133
CNP_ABI_02	Costa	Pta León	1050±50	AJ (20-25años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 648
CNP_ABI_37	Costa	Los Lobos	1090±70	A Med	Millán <i>et al.</i> 2013
CNP_ABI_39-1	Costa	Playa Unión_Barranca Norte Indiv.1	310±70	AJ (20-25años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 649
CNP_ABI_FB-01	Costa	Cabo 2 Bahías Indiv.1	-	A Med (35-50 años)	Millán <i>et al.</i> 2019
CNP_ABI_FB-03	Costa	Cabo 2 Bahías Indiv.3	-	A Med (30-40 años)	Millán <i>et al.</i> 2019
CNP_ABI_FB-04	Costa	Cabo 2 Bahías Indiv.4	-	A Med (35-50 años)	Millán <i>et al.</i> 2019
CNP_ABI_FB-05	Costa	Cabo 2 Bahías Indiv.5	-	A Med (35-50 años)	Millán <i>et al.</i> 2019
CNP_ABI_20	Valle	El Elsa	1990±60	AJ (25-35 años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 647
CNP_ABI_19-1	Valle	Rawson Indiv.1	moderno	A Med (30-40años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 649
CNP_ABI_19-2	Valle	Rawson Indiv.2	moderno	A Med (30-40años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 649
CNP_ABI_19-3	Valle	Rawson Indiv.3	270±60	AJ (18-22años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 649
CNP_ABI_80	Valle	Chacra de Lagos	-	A Med (35-50años)	-
CNP_ABI_72	Valle	Bryn Gwyn	-	A	-
CNP_ABI_26	Valle	Loma Grande -Sitio 2_Chacra 151 Indiv.1	1400±60	A Med (35-50 años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 647
CNP_ABI_27	Valle	Loma Grande -Sitio 2_Chacra 151 Indiv.2	1390±60	A Med	Gómez Otero y Novellino 2011: 647
CNP_ABI_61	Valle	Chacra 192	1390±80	A Med	Millán <i>et al.</i> 2013
CNP_ABI_33	Valle	Chacra 275	-	AJ (25-40 años)	Millán <i>et al.</i> 2013
CNP_ABI_03	Valle	Chacra 282	-	AJ (25-35años)	Millán <i>et al.</i> 2013
CNP_ABI_47	Valle	Chacra 375 Indiv.1	6070±80	A Med (30-45años)	Gómez Otero y Novellino 2011: 647
CNP_ABI_48	Valle	Chacra 375 Indiv.2	1410±70	A	Millán <i>et al.</i> 2013
CNP_ABI_60-A1	Valle	Chacra 376 cráneo#1	1920±90	A May (>52 años)	Millán <i>et al.</i> 2013
CNP_ABI_60-A2	Valle	Chacra 376 cráneo#2	1920±90	A Med (45-55 años)	Millán <i>et al.</i> 2013
CNP_ABI_57-1	MC	Piedra Parada_SC 1 Indiv.1	-	AJ (15-23años)	-
CNP_ABI_75	MC	Piedra Parada_SC 2 Indiv.1	-	A Med (30-45 años)	-
CNP_ABI_PF_19	MC	Piedra Parada - Sitio 2 (Expte 377/06) Indiv.1	1100 ± 50	AJ (18-25años)	Este trabajo

A: adulto; AJ: adulto joven, A Med: adulto medio, A May: adulto mayor, MC: meseta central.

del cóndilo medial (TMCW) y longitud del cóndilo medial (TMCL). Se realizaron las ecuaciones de regresión propuestas por el autor, obteniendo un valor "y" para cada medición. Si ese valor es menor a 0,5 el individuo se considera femenino y si es mayor a 0,5 se trata de un individuo masculino. Las fórmulas de regresión utilizadas son las que se detallan a continuación (Holland, 1991):

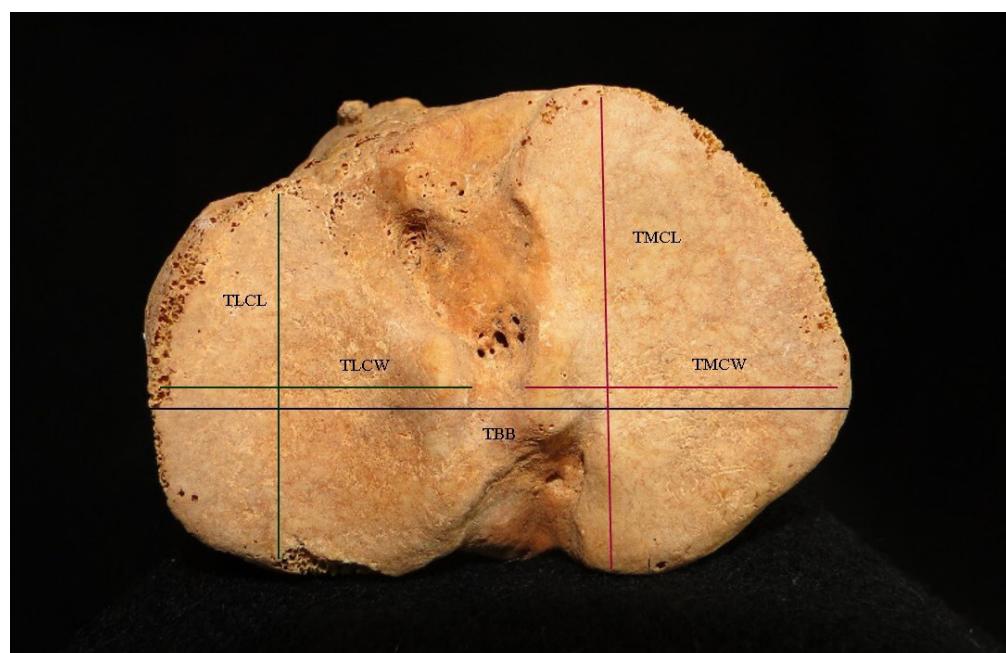
$$y = 0,075 \times BB - 4,92$$

$$y = 0,125 \times LCW - 3,54$$

$$y = 0,083 \times LCL - 2,78$$

$$y = 0,119 \times MCW - 3,21$$

$$y = 0,078 \times MCL - 3,08$$

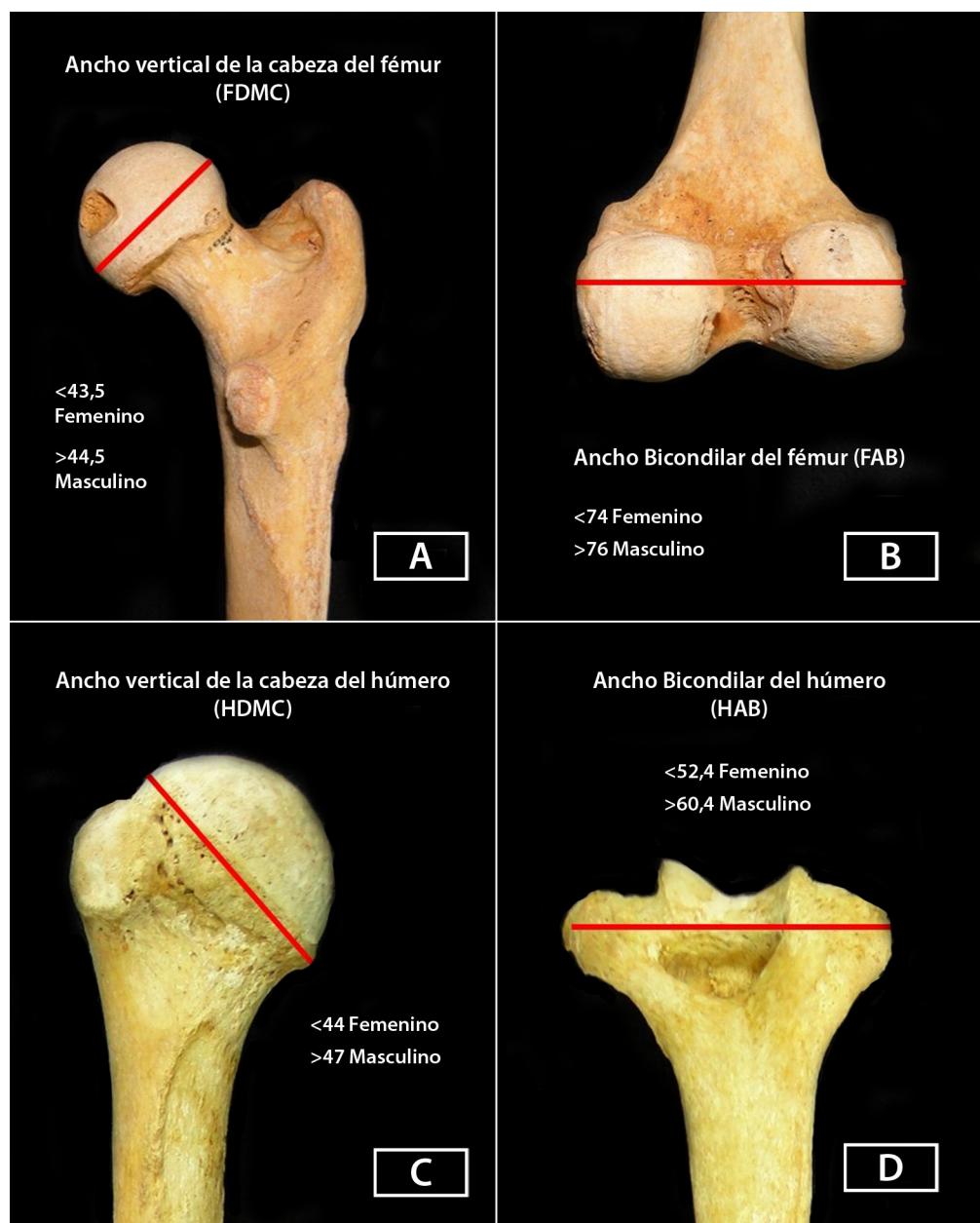


**FIGURA 2.** Medidas propuestas por Holland (1991) para determinar el sexo a través de las carillas articulares tibiales.

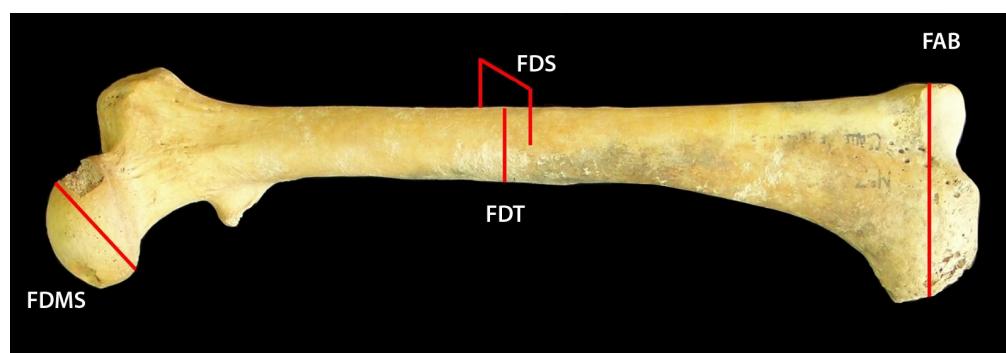
Para el fémur se consideraron medidas del diámetro de la cabeza femoral (FDMC) ([Fig. 3A](#)) y el ancho bicondilar (FAB) ([Fig. 3B](#)) (Pearson, 1917-19), compilados por Bass (1995), y se incorporó la fórmula de regresión propuesta por Béguelin y González (2008), construida a partir de esqueletos de cazadores-recolectores de Patagonia. Esta fórmula utiliza cuatro medidas: el diámetro de la cabeza femoral (FDMC), el ancho bicondilar (FAB), el diámetro anteroposterior central de la diáfisis (FDS) y el diámetro transversal central de la diáfisis (FDT), las dos últimas perpendiculares entre sí ( $FB-G = 0,286 \times FDMC + 0,34 \times FDS - 0,179 \times FDT + 0,056 \times FAB - 23,311$ ) ([Fig. 4](#)).

En cuanto al húmero, se siguieron los métodos propuestos por Stewart (1979) a partir de la medición del diámetro vertical de la cabeza (HDMC) ([Fig. 3C](#)), por Krogman e Iscan (1986), el cual considera el ancho bicondilar (HAB) ([Fig. 3D](#)), ambos compilados por Bass (1995), y la fórmula de regresión propuesta por Béguelin, Lotto y González (2011) a partir de esqueletos humanos de la Patagonia y que involucra ambas medidas ( $HB = 0,275 \times HAB + 0,174 \times HDMC - 24,389$ ) ([Fig. 3D y C](#)).

Dado que la pelvis y el cráneo son los elementos óseos más diagnósticos para estimar el sexo en restos humanos (Béguelin y González, 2008; Béguelin *et al.*, 2011; Fisher y Mitteroecker, 2017; Gómez-Valdés *et al.*, 2012; González, Bernal y Pérez, 2011; González, Bernal, Pérez



**FIGURA 3.** Longitudes incluidas en la estimación del sexo en fémur según Pearson (1917-19). 3A) Ancho vertical de la cabeza de fémur (FDMC); 3B) Ancho bicondilar del fémur (FAB). Asignación de sexo en húmero, 3C) según el ancho vertical de la cabeza (Stewart, 1979) y 3D) según el ancho bicondilar (Krogman-Iscan, 1986).



**FIGURA 4.** Longitudes de estimación del sexo en el fémur, según Béguelin y González (2008).

y Barrientos, 2007), para la estimación final del sexo en cada individuo se contabilizaron las características asignadas a cada sexo en estos huesos, y se asignó el que se encontrara más representado. Sólo se utilizaron los huesos largos en esqueletos en los cuales la pelvis y el cráneo no se encontraban presentes o cuya estimación fuera indeterminada, siguiendo en este caso el mismo procedimiento mencionado.

*Estimación del sexo molecular:* La estimación del sexo molecular de cada individuo fue realizada previamente a partir de la secuenciación directa del material genético obtenido a partir de muestras de hueso y dientes de los individuos en estudio (**Tabla 1**). La extracción y procesamiento y de ADN se realizó en las instalaciones del Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano (LIIGH, Santiago de Querétaro, México), el cual cuenta con las medidas necesarias para el tratamiento de material genético degradado, siguiendo las recomendaciones de Kemp y Smith (2010).

La extracción del material genético se realizó mediante los protocolos propuestos por Rohland y Hofreiter (2007) y Dabney *et al.* (2013). En un paso posterior, y como requisito necesario para la secuenciación en plataformas de nueva generación, se realizó la construcción de las bibliotecas genómicas siguiendo los lineamientos establecidos para la plataforma *Illumina* (Meyer y Kircher, 2010). Una vez procesadas y preparadas, las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Servicio Genómicos LANGEBIO, México, donde fueron secuenciadas utilizando un equipo *Illumina NextSeq500* a rendimiento medio (2 x 75 pares de bases). Con posterioridad a la obtención de las secuencias, se realizaron análisis bioinformáticos básicos para testear la calidad de las mismas mediante el programa *FastQc* (Andrews, 2010). A su vez, las muestras fueron mapeadas contra el genoma de referencia humano (hg19) mediante la herramienta bioinformática BWA v 0.7.12 (Li y Durbin, 2009). A fin de garantizar la autenticidad de la muestra y siguiendo las recomendaciones de Skoglund *et al.* (2013) para la determinación sexual de restos antiguos, se analizaron los patrones de daño característicos del ADN antiguo (ADNa) (Briggs *et al.*, 2007) utilizando la herramienta *MapDamage* v2.0 (Jónsson, Ginolhac, Schubert, Johnson y Orlando, 2013) y se calculó el grado de contaminación de las mismas por medio del software *Schmutzi* desarrollado por Renaud, Slon, Duggan y Kelso (2015).

La estimación de sexo molecular para cada muestra se basó en el método descripto por Skoglund *et al.* (2013). Este consiste en calcular un estadístico  $R_y$  que representa la fracción entre el número de *reads* o lecturas de ADN que alinearon contra el cromosoma Y ( $n_y$ ) y el número total de *reads* que lo hicieron a ambos cromosomas sexuales ( $n_x + n_y$ ), con un intervalo de confianza del 95%. Siguiendo los criterios de Skoglund *et al.* (2013), en caso de ser el límite superior del intervalo de confianza del cociente  $R_y$  menor a 0,016, se infiere que el sexo molecular para ese individuo es femenino, mientras que si el límite inferior del intervalo de confianza para el cociente  $R_y$  es superior a 0,077, la muestra es asignada al sexo masculino.

### Análisis estadístico de datos

Una vez realizadas las estimaciones de sexo, se contrastaron con los resultados moleculares y los obtenidos a través de cada método osteológico, mediante la prueba de  $\chi^2$  (nivel de significancia  $p < 0,05$ ) y posterior cálculo del estadístico de Cramer. Para el análisis de la intensidad de la relación entre ambas asignaciones, se consideraron los distintos valores de V mediante el siguiente criterio: de 0 a 0,39 asociación baja; de 0,4 a 0,59 moderada; de 0,6 a 0,79 buena; de 0,8 a 0,99 muy buena; y V=1 perfecta (Deshpande, Naik-Nimbalkar y Dewan, 2018).

En aquellos casos en los cuales uno o más esqueletos resultaron de sexo indeterminado,

se efectuó una corrección considerando femeninos a los individuos indeterminados, teniendo en cuenta la robustez ósea identificada previamente en restos óseos de Patagonia (Bernal *et al.*, 2005, 2006; Cobos *et al.*, 2014; González-José, 2003; González-José *et al.*, 2004; Hernández, 1992; Lahr y Wright, 1996; Pérez, 2003, 2006), y nuevamente se contrastaron los resultados mediante la prueba de  $\chi^2$  (nivel de significancia  $p<0,05$ ) con corrección mediante el test V de Cramer. Los análisis se realizaron con el software *Statistica* 10.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sexo según los métodos osteológicos empleados en cada individuo analizado y el sexo molecular se muestran en la [Tabla 2](#), mientras que los resultados del análisis estadístico realizado se presentan en la [Tabla 3](#). Se verificó la autenticidad de las muestras antiguas para ser estudiadas a nivel genético. La totalidad de las muestras secuenciadas presentaron el patrón de daño característico de ADN antiguo, es decir, de sustituciones C por T y G por A en los extremos 5' y 3', respectivamente (Briggs *et al.*, 2007). Además, contaron con un nivel medio de contaminación de 1.99%, y mostraron valores de  $R_y$  consistentes para la determinación del sexo molecular ([Tabla suplementaria 1](#)).

Cuando se contrastó la estimación sexual final de cada individuo obtenida por métodos osteológicos con la realizada por técnicas moleculares se obtuvo una alta asociación entre ambos métodos ( $\chi^2=30,89$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,857$ ). En efecto, 39 individuos de los 42 analizados (92,8%) presentaron coincidencias entre las asignaciones osteológica y molecular (Tablas 2 y 3). Solo tres individuos fueron asignados al sexo opuesto al determinado por medios moleculares; en todos los casos se trata de restos con baja representación esqueletal. Dos de ellos, los esqueletos Chacra 376 cráneo#2 y Punta Cuevas-2 Indiv.1, corresponden a individuos femeninos que fueron estimados como masculinos, representados el primero por un cráneo y el segundo por un cráneo, una porción de la pelvis, una porción del fémur y el húmero ([Tabla 2](#)). Por el contrario, el único individuo masculino que fue estimado erróneamente como femenino es el esqueleto Bryn Gwin, el cual solo pudo ser analizado mediante la longitud del cóndilo lateral de la tibia.

Los análisis basados en las características de la pelvis revelaron una alta asociación con el sexo molecular. Las características que presentaron mayor asociación son la concavidad subpública ( $\chi^2=19$ ,  $p <0,001$ ,  $V=1$ ) y el arco ventral ( $\chi^2=15,39$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,9$ ), con 100% y 94,7% de asignaciones correctas respectivamente, seguidas por la rama isquiopública ( $\chi^2=18,75$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,789$ ), la escotadura ciática mayor ( $\chi^2=11,82$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,68$ ) y el surco preauricular ( $\chi^2=9,6$ ;  $p=0,002$ ;  $V=0,632$ ), con resultados correctos en el 89,5%; 85,7% y 83,3% de los individuos analizados ([Tablas 2 y 3](#)).

Por su parte, el análisis de las estructuras del cráneo mostró una alta asociación con el sexo molecular, con excepción del margen supraorbital ( $\chi^2=5,36$ ;  $p=0,06$ ;  $V=0,422$ ). En contraste, el proceso mastoideo presentó la asociación más alta entre el método bioantropológico y el molecular ( $\chi^2=25,24$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,93$ ); el mentón ( $\chi^2=12,75$ ;  $p=0,002$ ;  $V=0,744$ ) y la glabella ( $\chi^2=12,75$ ;  $p=0,008$ ,  $V=0,565$ ) muestran una asociación buena; mientras que la cresta nucal ( $\chi^2=9,56$ ;  $p=0,002$ ;  $V=0,67$ ) presentó asociación moderada ([Tabla 3](#)). Sin embargo, solo el proceso mastoideo del cráneo resultó en porcentajes de estimación correctos similares a la pelvis, de 82,7%. Por el contrario, los demás rasgos del cráneo mostraron porcentajes menores ([Tabla 2](#)). En tal sentido, el 10% de los individuos identificados como femeninos por vía molecular fue erróneamente asignado como masculino a través de la cresta nucal, el 35,3% según el margen supraorbital y el 29,4% en el caso de la glabella. Por el contrario, el 15,4% de los individuos masculinos fueron asignados como femeninos a través

**TABLA 2.** *Estimaciones de sexo en la muestra estudiada*

\*Estudio no publicado. F: femenino; M: masculino; SCA: sin condición de análisis, el hueso está presente pero no está en condiciones de ser analizado; SD: sin datos, el hueso no está presente; PECM: escotadura cística mayor; PSP: surco preauricular; PAV: arco ventral; pCS: concavidad subpública; PR: ancho de rama isquiopubiana; CPM: proceso mastoidiano; CMS: margen supraorbitario; CNN: cresta nucal; CG: glabélula; CM: mentoniana. En cuanto a la tibia: TBB: ancho bicondilar; TLCW: ancho del cóndilo lateral; TLCI: longitud del cóndilo lateral; TMCL: ancho del cóndilo medial; TMCM: longitud del cóndilo medial. En cuanto al fémur: FDMC: diámetro de la cabeza femoral; FAB: ancho bicondilar; FB-G: estimación de sexo mediante la fórmula propuesta por Béguin y González 2008. En cuanto al humero: HDYC: diámetro vertical de la cabeza; HAB: ancho bicondilar y HB: fórmula de regresión propuesta por Béguin et al. 2011 [HB].

TABLA 2. Continuación

Sitio	Estimación sexual										Cráneo					Fémur					Tibia				
	Molecular*	Osteológico	PAV	PCS	PRI	PECM	PSP	CCN	CPM	CMS	CG	CM	FDMC	FAB	FB-G	TBB	TLCW	TMCL	TMCW	TLCL	HdVC	HAB	HB		
Cabo 2 Bahías - Ind.5	M	M	SD	SD	SD	SD	SD	M	M	M	M	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
El Elsa	F	F	F	F	F	F	F	F	F	I	F	M	M	F	M	M	F	M	M	F	I	F	I	F	
Rawson Indiv.1	F	F	F	M	F	F	F	F	F	M	M	F	F	M	F	M	F	M	F	F	I	F	I	F	
Rawson Indiv.2	M	M	M	M	M	F	F	M	F	M	M	M	M	M	SCA	SCA	M	M	M	M	M	M	M	M	
Rawson Indiv.3	M	M	M	M	M	M	M	M	F	F	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
Loma Grande - Sitio 2 - Chacra 151 Indiv.1	F	F	SCA	SCA	SCA	F	F	F	M	I	SCA	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
Loma Grande - Sitio 2 - Chacra 151 Indiv.2	M	M	SCA	M	M	SCA	SCA	M	M	M	F	M	F	SCA	SCA	M	M	SCA	SCA	M	M	M	M	M	
Chacra 192	M	M	SD	SD	SD	SD	SD	M	SCA	M	M	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
Chacra 275	F	F	F	F	F	F	F	F	I	M	M	I	F	M	F	F	F	F	I	M	SD	SD	SD	SD	
Chacra 282	F	F	F	F	F	F	F	SD	SD	SD	SD	F	SCA	SCA	SCA	F	F	M	M	M	F	I	F	I	
Chacra 375 Indiv.1	M	M	SD	SD	SD	SD	SD	F	M	M	M	SCA	SCA	SCA	M	M	SCA	SCA	M	M	M	M	M	M	
Chacra 375 Indiv.2	F	F	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	F	SD	SD	F	I	F	SCA	SCA	F	M	F	SD	SD	SD	
Chacra 376 cráneo#1	M	M	SD	SD	SD	SD	SD	M	M	M	M	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
Chacra 376 cráneo#2	F	M	SD	SD	SD	SD	SD	I	M	M	M	SCA	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
Piedra Parada_SC 1 Indiv.1	M	M	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	M	SCA	SCA	SCA	M	M	SCA	SCA	M	M	SD	SD	SD	SD	
Piedra Parada_SC 2 Indiv.1	M	M	M	SCA	SCA	M	M	SD	SD	SD	M	M	SCA	SCA	SCA	M	SCA	SCA	M	SCA	M	I	M	M	
Piedra Parada - Sitio 2 (Expte 377/06) Indiv.1	M	M	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	M	SCA	SCA	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	F	SCA	SCA		
n	42	19	19	19	28	24	28	29	30	30	23	30	22	17	11	12	24	27	19	28	28	26			
N asignaciones correctas	39	18	19	17	24	20	20	24	20	19	18	24	11	16	8	8	21	15	10	23	11	24			
% asignaciones correctas	92.8	94.7	100	89.5	85.7	83.3	71.4	82.7	66.7	63.3	78.3	80	50	94.1	72.7	66.6	87.5	55.5	52.6	82.1	61.1	92.3			

\*Estudio no publicado. F: femenino; M: masculino; SCA: sin condición de análisis; el hueso está presente pero no está en condiciones de ser analizado; SD: sin datos, el hueso no está presente; PECM: escotadura cláctica mayor; PSP: surco preauricular; PAV: arco ventral; PCS: concavidad subpública; PRI: ancho de rama isquiopubiana; CCN: cresta nucal; CPM: proceso mastoidiano; CMS: margen supraorbital; G: glábela; CM: protuberancia mentoniana. En cuanto a la tibia: TBB: ancho bicondilar; TLC: ancho del cóndilo lateral; TLCL: longitud del cóndilo medial; TMCL: ancho del cóndilo media; TMCW: ancho del cóndilo medial; TMCL: longitud del cóndilo lateral; TMCL: ancho del cóndilo media. En cuanto al fémur: FDMC: diámetro de la cabeza femoral; FAB: ancho bicondilar; FB-G: diámetro vertical de la cabeza; HAB: ancho bicondilar; HBM: diámetro vertical del cuello femoral. En cuanto al húmero: HDVC: diámetro de regresión propuesta por Béguin et al. 2011 (HB).

de la cresta nucal, el 25 % según el margen supraorbital y el 22,2% en el caso de la glabella.

De acuerdo con la bibliografía, las estructuras de la pelvis y el cráneo ofrecen las mejores estimaciones del sexo (Béguelin y González, 2008; Béguelin *et al.*, 2011; Fisher y Mitteroecker, 2017; Gómez-Valdés *et al.*, 2012; González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2011). A partir de los resultados presentados en este trabajo, sólo la pelvis resulta en un alto grado de asociación con la estimación molecular, aunque otras estructuras de otros elementos proporcionaron resultados igualmente útiles. La concavidad subpública (PCS) es la única característica que presenta asociación perfecta entre estimaciones de sexo moleculares y osteológicas. El porcentaje de individuos correctamente asignados a partir del cráneo fue menor al obtenido a partir de la pelvis. Por lo tanto, aunque las estimaciones a partir del cráneo presentan buena asociación con las determinaciones moleculares, los resultados de determinación de sexo obtenidos solo a partir de estas estructuras deben ser tomados con cautela en las muestras provenientes de Patagonia.

**TABLA 3.** Resultados de la comparación realizada entre métodos osteológicos y moleculares

Hueso	Característica	Chi	n	p	V	Chi <sup>1</sup>	p <sup>1</sup>	V
Individuos		30.89	42	<0,001	0.857	NV	NV	NV
Pelvis	PCS	19	19	<0,001	1	NV	NV	NV
	PAV	15.39	19	<0,001	0.9	NV	NV	NV
	PRI	18.75	19	<0,001	0.789	NV	NV	NV
	PECM	11.82	28	<0,001	0.68	20.74	0.001	0.86
	PSP	9.6	24	0.002	0.632	NV	NV	NV
Cráneo	CPM	25.24	29	<0,001	0.933	25.24	<0,001	0.933
	CM	12.75	23	0.002	0.744	12.67	<0,001	0.742
	CG	12.75	28	0.002	0.67	12.9	<0,001	0.69
	CCN	9.56	30	0.008	0.565	9.7	0.002	0.77
	CMS	5.36	30	0.06	0.422	0.51	0.23	0.423
Húmero	H B	22.28	26	<0,001	0.926	22.49	NV	NV
	HDVC	21.27	28	<0,001	0.6	21.7	<0,001	0.74
	HAB	14.5	28	0.21	0.234	14.41	<0,001	0.71
Fémur	F B-G	13.24	17	<0,001	0.883	NV	NV	NV
	FDMC	12.85	30	<0,001	0.654	NV	NV	NV
	FAB	3.38	22	0.184	0.39	4.81	0.04	0.43
Tibia	TLCL	13.59	24	<0,001	0.752	NV	NV	NV
	TMCW	4.36	27	0.11	0.401	5.9	0.36	0.4
	TBB	3.59	11	0.058	0.571	NV	NV	NV
	TLCW	1.71	12	0.19	0.378	NV	NV	NV
	TMCL	1.56	19	0.46	0.287	1.36	0.24	0.36

Características: escotadura ciática mayor (PECM), surco preauricular (PSP); arco ventral (PAV); concavidad subpública (PCS); ancho de rama isquiopública (PRI); cresta nucal (CCN); proceso mastoideo (CPM); margen supraorbital (CMS); glabella (CG); protuberancia mentoniana (CM). En cuanto a la tibia: ancho bicondilar (TBB), ancho del cóndilo lateral (TLCW), longitud del cóndilo lateral (TLCL), ancho del cóndilo medial (TMCW); longitud del cóndilo medial (TMCL). En cuanto al fémur: diámetro de la cabeza femoral (FDMC), ancho bicondilar (FAB); estimación de sexo mediante la fórmula propuesta por Béguelin y González, 2008 (FB-G). En cuanto al húmero: diámetro vertical de la cabeza (HDVC); ancho bicondilar (HAB) y la fórmula de regresión propuesta por Béguelin *et al.*, 2010 (HB). NV: no varía. V: V de Cramer. n: número de individuos incluidos en el análisis. p: nivel de significancia ( $p<0,05$ ). V1: V de Cramer al considerar los individuos indeterminados como femeninos. p1: nivel de significancia ( $p<0,05$ ) al considerar los individuos indeterminados como femeninos.

En cuanto a los huesos largos, el análisis de las características del húmero reveló asociación significativa entre la estimación de sexo por vía molecular y la fórmula propuesta por Béguelin *et al.*, (2011) ( $\chi^2=22,28$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,933$ ) y el diámetro vertical de la cabeza del

húmero, el cual presenta una relación moderada ( $\chi^2=21,27$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,6$ ). Por el contrario, el ancho bicondilar mostró una baja asociación entre ambos métodos ( $\chi^2=14,5$ ;  $p=0,21$ ;  $V=0,234$ ), y con un porcentaje de 61,1% de asignaciones correctas (Tablas 2 y 3).

El análisis del fémur partir de la fórmula propuesta por Béguelin y González (2008) y el diámetro vertical de la cabeza del fémur mostraron altas asociaciones con el sexo molecular y altos porcentajes de identificación correcta ( $\chi^2=13,24$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,883$  y  $\chi^2=12,85$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,654$ , respectivamente) (Tabla 2). En cambio, los resultados obtenidos a partir del ancho bicondilar de este elemento resultaron con una baja asociación ( $\chi^2=3,38$ ;  $p=0,184$ ;  $V=0,39$ ) y solo el 50% de los individuos fueron estimados correctamente (Tablas 2 y 3).

De las cinco mediciones evaluadas a partir de la tibia, solo la longitud del cóndilo lateral ( $\chi^2=13,59$ ;  $p<0,001$ ;  $V=0,752$ ) proporcionó buena asociación con los resultados logrados por vías moleculares (Tabla 3). Por el contrario, el ancho del cóndilo medial ( $\chi^2=4,36$ ;  $p=0,11$ ;  $V=0,401$ ), el ancho bicondilar ( $\chi^2=3,59$ ;  $p=0,058$ ;  $V=0,572$ ), el ancho del cóndilo lateral ( $\chi^2=1,71$ ;  $p=0,19$ ;  $V=0,378$ ) y la longitud del cóndilo medial ( $\chi^2=1,56$ ;  $p=0,46$ ;  $V=0,287$ ) mostraron asociaciones bajas o moderadas con el sexo molecular (Tabla 3). Los métodos que emplean el ancho del cóndilo lateral y medial y la longitud del cóndilo medial mostraron además porcentajes bajos de estimación correcta (Tabla 2).

Cuando se realizó una corrección que consideró femeninos a los individuos estimados como indeterminados en el análisis anterior, los resultados en las estructuras del cráneo mostraron que solo se incrementa la asociación con la determinación molecular en el caso de la cresta nucal ( $\chi^2=9,7$ ;  $p=0,002$ ;  $V=0,77$ ), mientras que las asociaciones a partir de las demás estructuras aumentan levemente (i.e. la glabela y el margen supraorbital) o se mantienen constantes (Tabla 3).

Respecto de la identificación de individuos femeninos entre los indeterminados a partir de los huesos largos, el ancho bicondilar del húmero muestra buena asociación con el sexo molecular al interpretar los individuos indeterminados como femeninos (HAB:  $\chi^2=14,41$ ;  $p=0,001$ ;  $V=0,71$ , Tabla 3), del mismo modo el diámetro vertical de la cabeza del húmero mejora su relación ( $V=0,74$ ). Al igual que en el húmero, el ancho bicondilar del fémur mejoró sus resultados, con una asociación moderada con el sexo molecular ( $\chi^2=4,81$ ;  $p=0,04$ ;  $V=0,41$ ). Por el contrario, los dos métodos a partir de la tibia que presentaron resultados indeterminados no mejoraron sus estimaciones cuando fueron interpretados como femeninos (i.e. TMCW y TMCL); ambos evidenciaron asociaciones bajas con los resultados moleculares (Tabla 3).

En síntesis, se observaron asociaciones muy buenas entre el sexo molecular y las estimaciones basadas en el arco ventral de la pelvis (PAV), el proceso mastoideo del cráneo (CPM) y la fórmula de regresión de Béguelin *et al.*, (2011) para húmero (HB) y Béguelin y González (2008) para fémur (FB-G) (Tabla 3). Solo resultó en una asociación perfecta la concavidad subpúbica de la pelvis (PCS). En cambio, fueron identificadas asociaciones buenas a partir de la rama isquipúbica (PRI), la escotadura ciática mayor de la pelvis (PECM) y el surco preauricular de la pelvis (PSP), la protuberancia mentoniana (CM), la glabela (CG), el diámetro máximo de la cabeza del húmero (HDVC), el diámetro de la cabeza del fémur (FDMC) y la longitud del cóndilo lateral de la tibia (TLCL) (Tabla 3). Las asociaciones moderadas se observaron en la cresta nucal (CCN) y el margen supraorbital del cráneo (CMS), y en el ancho del cóndilo medial (TMCW) y en el ancho bicondilar (TBB) de la carilla articular tibial (Tabla 3).

Por el contrario, el ancho bicondilar del húmero y el fémur (HAB, FAB) y el ancho del cóndilo lateral (TLCW) y la longitud del cóndilo medial (TMCL) de la tibia no presentaron una relación significativa entre el método molecular y el osteológico, por lo que no serían de utili-

lidad en este tipo de muestras. Sin embargo, la modificación de individuos indeterminados a femeninos mejora el potencial de estimación para el ancho bicondilar del húmero y el fémur.

## CONCLUSIONES

La estimación sexual por análisis osteológicos de restos humanos en Patagonia ha resultado en el pasado un aspecto sujeto a discusión, en especial debido a la ausencia de métodos específicos para estas poblaciones y a la marcada robustez craneana (Bernal *et al.*, 2005, 2006; Cobos *et al.*, 2014; González-José *et al.*, 2004; Pérez, 2003, 2006). La robustez identificada en los individuos femeninos (González-José, 2003; Hernández, 1992; Lahr y Wright, 1996) implica la sospecha de errores en la estimación del sexo, asignándolos al sexo masculino. El presente estudio ofrece información orientada a resolver este problema.

Los resultados obtenidos muestran que los métodos más confiables para la estimación de sexo resultaron aquellos basados en las características morfológicas de la pelvis (en especial la concavidad subpública y el arco ventral), el proceso mastoides del cráneo y las fórmulas propuestas por Béguelin para fémur y húmero. Por el contrario, algunas de las características del cráneo, concretamente la glabella y la protuberancia mentoniana mostraron relaciones buenas con el sexo molecular, mientras que el margen supraorbital y la cresta nucal presentaron menores porcentajes de estimaciones correctas. Por lo tanto, los resultados a partir de estos rasgos morfológicos craneales deben ser tomados con cautela y, de preferencia, considerados en conjunto con otros métodos.

Otras características de los huesos largos, como las fórmulas propuestas por Béguelin *et al.* (2011) para el húmero y Béguelin y González (2008) para fémur proporcionaron también resultados confiables. La asignación como femenina a estimaciones indeterminadas solo se recomienda para métodos que tienen en cuenta el ancho bicondilar del fémur y el húmero y el ancho vertical de la cabeza del húmero, mejorando así su capacidad de estimación. Estos métodos basados en huesos largos pueden resultar de suma utilidad para la estimación del sexo en conjuntos de restos mezclados (Millán *et al.*, 2013) o en esqueletos en los cuales el cráneo y la pelvis no están presentes.

La estimación del sexo biológico por métodos morfológicos en subadultos y en restos óseos muy fragmentados continúa siendo un reto para los estudios bioantropológicos. En Patagonia central hasta el momento no se han realizado análisis del sexo en muestras de este grupo etario, por lo que próximos análisis deberán orientarse en este sentido, incrementando además la información osteobiográfica necesaria para interpretar patrones paleodemográficos. Al mismo tiempo, estudios similares a los desarrollados en este trabajo permitirán explorar la pertinencia de aplicar metodologías propuestas recientemente en muestras de otras regiones del mundo para estimar el sexo en restos humanos de subadultos de Patagonia central.

## LITERATURA CITADA

- Acsádi, G. y Nemeskéri, J. (1970). *History of human life span and mortality*. Budapest, Hungria: Akadémiai Kiadó.
- Andrews, S. (2010). *FastQC: A Quality Control Tool for High Throughput Sequence Data*. Recuperado de <http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/>
- Bass, W. (1995). *Human Osteology: A Laboratory and field Manual of the human Skeleton*. (3d ed.) Columbia, United States: Archaeological Society.
- Béguelin, M. y González, P. N. (2008). Estimación del sexo en poblaciones del sur de Sudamérica mediante funciones discriminantes para el fémur. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 10, 55-70.

- Béguelin, M., Lotto, F. P. y González P. N. (2011). Estimación del sexo en cazadores-recolectores de Sudamérica a partir de variables métricas del húmero. *Intersecciones en Antropología* 12, 61-68.
- Bernal, V., Pérez, I. y González, P. (2005). Robustez craneofacial y estrés masticatorio en cazadores recolectores del holoceno tardío de Patagonia. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXX, 211-218.
- Bernal, V., Pérez, I. y González, P. (2006). Variation and causal factors of craniofacial robusticity in patagonian hunter-gatherers from the Late Holocene. *American Journal of Human Biology* 18, 748-765. doi:10.1002/ajhb.20546
- Bernal, V., Drube, H., Luna, L., Scabuzzo, C., Suby, J., Desantolo, B.,... García Mancuso, R. (2016). Resultados del III Taller Nacional de Bioarqueología y Paleopatología. *Revista de Ciencias Morfológicas* 18, 42-52.
- Brickley, M. (2004). Determination of sex from archaeological skeletal material and assessment of parturition. En: M. Brickley y J. McKinley (Eds.), *Guidelines to the Standards for Recording Human Remains, IFA Paper No. 7*, (pp. 23-25). Southampton, United Kingdom: BABAO/Institute of Field Archaeologists.
- Brickley, M. y McKinley, J. (Eds.). (2004). *Guidelines to the Standards for Recording Human Remains, IFA Paper No. 7*. Southampton, United Kingdom: BABAO/Institute of Field Archaeologists.
- Briggs, A. W., Stenzel, U., Johnson, P. L., Green, R. E., Kelso, J., Prüfer, K.,... Lachmann, M. (2007). Patterns of damage in genomic DNA sequences from a Neandertal. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 14616-14621. doi:10.1073/pnas.0704665104
- Brooks, S. y Suchey, J. M. (1990). Skeletal age determination based on the os pubis: a comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Human Evolution* 5, 227-238. doi:10.1007/BF02437238
- Buikstra, J. E. y Ubelaker, D. H. (1994). *Standards for data collection from human skeletal remains*. Arkansas, United States: Archeological Survey Research Series N° 44.
- Cobos, V., Favier Dubois, C. M. y Pérez, I. (2014). Dieta y variación morfológica craneofacial en poblaciones humanas del Golfo San Matías (Patagonia, Argentina). *Magallania* 42, 125-139.
- Dabney, J., Knapp, M., Glocke, I., Gansauge, M., Weihmann, A., Nickel, B.,... Meyer, M. (2013). Complete mitochondrial genome sequence of a Middle Pleistocene cave bear reconstructed from ultrashort DNA fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 15758-15763. doi:10.1073/pnas.1314445110
- Dash, H. R., Rawat, N. y Das, S. (2020). Alternatives to amelogenin markers for sex determination in humans and their forensic relevance. *Molecular Biology Reports* 47, 2347-2360. doi:10.1073/pnas.1314445110
- Daskalaki, E., Anderung, C., Humphrey, L. y Götherström, A. (2011). Further developments in molecular sex assignment: A blind test of 18th and 19th century human skeletons. *Journal of Archaeological Science* 38, 1326-1330. doi:10.1016/j.jas.2011.01.009
- Deshpande, J. V., Naik-Nimbalkar, U. y Dewan, I. (2018). *Nonparametric statistics. Theory and methods*. New Jersey, United States: World Scientific.
- Fabra, M., Novellino, P., Arrieta, M. A. y Salega, S. (2019). *Metodologías para el estudio de restos humanos en Argentina: actualizaciones y nuevas perspectivas*. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Filosofía y Humanidades.
- Faerman, M., Filon, D., Kahila, G., Greenblatt, C. L., Smith, P. y Oppenheim, A. (1995). Sex identification of archaeological human remains based on amplification of the X and Y amelogenin alleles. *Gene* 167, 327-332. doi:10.1016/0378-1119(95)00697-4
- Fasemore, M. D., Bidmos, M. A., Mokoena, P., Imam, A., Billings, B.K. y Mazengenya, P. (2018). Dimensions around the nutrient foramina of the tibia and fibula in the estimation of sex. *Forensic Science International* 287, 222.e1-222.e7. doi:10.1016/j.forsciint.2018.03.015

- Fisher, B. y Mitteroecker, P. (2017). Allometry and sexual dimorphism in the human pelvis. *The Anatomical Record* 300, 698-705. doi:10.1002/ar.23549
- García Mancuso, R y González, P. N. (2013). Reconocimiento de rasgos dimórficos en ilion infantil mediante el uso de morfometría geométrica. *Revista Ciencias Morfológicas* 15, 1-11.
- Gibbon, V., Paximadis, M., Štrkalj, G., Ruff, P. y Penny, C. (2009). Novel methods of molecular sex identification from skeletal tissue using the amelogenin gene. *Forensic Science International: Genetics* 3, 74-79.
- Gómez Otero, J. (2006). *Dieta, uso del espacio y evolución en poblaciones cazadoras-recolectoras de la costa centro-septentrional de la Patagonia durante el Holoceno medio y tardío* (Tesis Doctoral). Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Gómez Otero, J. y Dahinten, S. L. (1997-98). Costumbres funerarias y esqueletos humanos: variabilidad y poblamiento en la costa nordeste de la provincia del Chubut. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXII-XXIII, 101-124.
- Gómez Otero, J. y Novellino, P. (2011). Diet, nutritional status and oral health in hunter-gatherers from the Central-Northern coast of Patagonia and the Chubut River Valley, Argentina. *International Journal of Osteoarchaeology* 21, 643-659. doi:10.1002/oa.1171
- Gómez-Valdés, J. A., Quinto-Sánchez, M., Menéndez Garmendia, A., Velemínska, J., Sánchez-Mejorada, G. y Bruzek, J. (2012). Comparison of methods to determine sex by evaluating the greater sciatic notch: Visual, angular and geometric morphometrics. *Forensic Science International* 221, 156.e1-156.e7. doi:10.1016/j.forsciint.2012.04.027
- González, P. N., Bernal, V. y Pérez, S. I. (2011). Analysis of sexual dimorphism of craniofacial traits using geometric morphometric techniques. *International Journal of Osteoarchaeology* 21, 82-91. doi:10.1002/oa.1109
- González, P. N., Bernal, V., Pérez, S. I. y Barrientos, G. (2007). Analysis of dimorphic structures of the human pelvis: its implications for sex estimation in samples without reference collections. *Journal of Archaeological Science* 34, 1720-1730.
- González-José, R. (2003). *El poblamiento de la Patagonia. Análisis de la variación craneofacial en el contexto del poblamiento Americano* (Tesis Doctoral.) Universidad de Barcelona, Barcelona.
- González-José, R., Martínez-Abadías, N., Van Der Molen, S., García-Moro, C., Dahinten, S. y Hernández, M. (2004). Hipótesis acerca del poblamiento de tierra del Fuego-Patagonia a partir del análisis genético-poblacional de la variación craneofacial. *Magallania* 32, 79-98.
- Götherström, A., Lidén, K., Ahlström, T., Källersjö, M. y Brown, T. A. (1997). Osteology, DNA and sex identification: Morphological and molecular sex identifications of five neolithic individuals from Ajvide, Gotland. *International Journal of Osteoarchaeology* 7, 71-81. doi:10.1002/(SICI)1099-1212(199701)7:1<71::AID-OA321>3.0.CO;2-K
- Hernández, M. (1992). Morfología craneal de las etnias de la tierra del fuego: diferencias sexuales e intergrupales. *Anales del Instituto de la Patagonia Serie Cs. Hs. Punta Arenas* 21, 81-98.
- Holland, T. D. (1991). Sex assessment using the proximal tibia. *American Physical Anthropology* 85, 221-227. doi:10.1002/ajpa.1330850210
- Hora, M. y Sladek, V. (2018). Population specificity of sex estimation from vertebrae. *Forensic Science International* 291, 279.e1-279.e12. doi:10.1016/j.forsciint.2018.08.015
- Inskip, S., Scheib, C. L., Wohns, A. W., Ge, X., Kivisild, T. y Robb, J. (2018). Evaluating macroscopic sex estimation methods using genetically sexed archaeological material: The medieval skeletal collection from St John's Divinity School, Cambridge. *American Journal of Physical Anthropology* 168, 340-351. doi:10.1002/ajpa.23753
- Jónsson H., Ginolhac, A., Schubert, M., Johnson P. L., y Orlando, L. (2013). mapDamage2.0: fast approximate Bayesian estimates of ancient DNA damage parameters. *Bioinformatics* 29:1682-4. doi:10.1093/bioinformatics/btt193

- Kemp, B. y Smith, D. (2010). Ancient DNA methodology: Thoughts from Brian M. Kemp and David Glenn Smith on mitochondrial DNA of protohistoric remains of an Arikara population from South Dakota. *Human biology* 82, 227-238. doi:10.3378/027.082.0207
- Klales, A. R. (2020). Introduction to sex estimation. In A. R. Klales (Ed.), *Sex estimation of the human skeleton* (pp. xxxi-xli). London: Elsevier Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-815767-1.09984-3
- Krenzer, U. (2006). *Compendio de métodos antropológicos forenses, para la reconstrucción del perfil osteo-biológico*. Guatemala: Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas CAFCA.
- Krogman, W. E. y Iscan, M. Y. (1986). *The human skeleton in forensic medicine*. Springfield, United States: Charles C. Thomas.
- Lahr, M. y Wright, R. (1996). The question of robusticity and the relationship between cranial size and shape in Homo sapiens. *Journal of Human Evolution* 31, 157-191. doi:10.1006/jhev.1996.0056
- Li, H., y Durbin, R. (2009). Fast and accurate short read alignment with Burrows-Wheeler transform. *Bioinformatics* 25, 1754-1760. doi:10.1093/bioinformatics/btp324
- Lovejoy, C., Meindl, R. S., Prizbeck, T. R. y Mensforth, R. (1985). Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: a new method for the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology* 68, 15-28. doi:10.1002/ajpa.1330680103
- Luna, L., Aranda, C. y Suby, J. (2014). Hacia la generación de un protocolo consensuado de relevamiento en bioarqueología. Resultados, avances y discusiones del Primer Taller Nacional de Bioarqueología y Paleopatología. *Intersecciones en Antropología* 15, 485-489.
- Luna, L., Aranda, C., Monge Calleja, A. y Santos, A. L. (2020). Test of the auricular surface sex estimation method in fetuses and non-adults under 5 years old from the Lisbon and Granada Reference Collections. *International Journal of Legal Medicine* 135, 993-1003. doi:10.1007/s00414-020-02431-9
- Mannucci, A., Sullivan, K. M., Ivanov, P. I. y Gill, P. (1994). Forensic application of a rapid and quantitative DNA sex test by amplification of the X-Y homologous gene amelogenin. *International Journal of Legal Medicine* 106, 190-193. doi:10.1007/BF01371335
- Masset, C. (1989). *Age estimation on the basis of cranial sutures*. En M. Y. Iscan (Ed.), *Age markers in the humann skeleton* (pp. 71-103). Springfield, United States: Charles C Thomas Pub Ltd.
- Meyer, M y Kircher, M. (2010). Illumina Sequencing Library Preparation for Highly Multiplexed Target Capture and Sequencing. *Cold Spring Harbor Protocols* 6, pdb.prot5448. doi:10.1101/pdb.prot5448
- Millán, A. G., Gómez Otero, J. y Dahinten, S. (2013). Tendencia secular de la estatura en poblaciones humanas del Valle Inferior del Río Chubut y de la costa Centro-Septentrional (Patagonia Argentina) durante el Holoceno Tardío. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXXV, 421-440.
- Millán, A. G. y Dahinten, S. (2019). La Colección Bioantropológica del norte de Chubut (Secretaría de Cultura de Chubut / IDEAUS-CONICET): Integración, conservación e investigación. En J. Gómez Otero, A. Svoboda y A. Banegas (Eds.), *Arqueología de la Patagonia: El pasado en las arenas* (pp. 205-213). Puerto Madryn, Argentina: Instituto de Diversidad y Evolución Austral.
- Millán, A. G., Mohamed, N. y Dahinten, S. (2019). Recuperación, curación y estudios bioantropológicos de la Colección Frengüelli-Brunet. *Revista del Museo de Antropología* 12, 73-80. doi:10.31048/1852.4826.v12.n3.24502
- Milner, G. R. y Boldsen, J. L. (2012). Estimating age and sex from the skeleton. En A. L. Grauer (Ed.), *A Companion to paleopathology* (pp. 310-338). Malden, United States: Wiley-Balckwell.
- Mokoena, P., Billings, B. K., Bidmos, M. A. y Mazenganya, P. (2017). Sex estimation using dimensions around the nutrient foramen of the long bones of the arm and forearm in South Africans. *Forensic Science International* 278, 404.e1-404.e5. doi:10.1016/j.forsciint.2017.06.037
- Monge Calleja, A., Aranda, C., Santos, A. L. y Luna, L. (2020). Evaluation of the auricular surface method for non-adult sex estimation on the Lisbon documented collection. *American Journal of Physical Anthropology* 172, 500-510. doi:10.1002/ajpa.24012
- Pearson, K. (1917-19). *A study of the long bones of the English skeleton I: the femur*. University of London.

- University College, Department of Applied Statistics, Company Research, Memoris, Biometric Series X, chapters 1-4.
- Pérez, S. I. (2003). Morfometría de poblaciones humanas prehistóricas: Una comparación de técnicas tradicionales y geométricas. *Intersecciones en Antropología* 4, 121-129.
- Pérez, S. I. (2006). *El poblamiento holocénico del Sudeste de la Región Pampeana: un estudio de morfometría geométrica craneofacial* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Phenice, T. (1969). A newly developed visual method of sexing in the Os Pubis. *American Journal of Physical Anthropology* 30, 297-301. doi:10.1002/ajpa.1330300214
- Quincey, D., Carle, G., Alunni, V., y Quatrehomme, G. (2013). Difficulties of sex determination from forensic bone degraded DNA: A comparison of three methods. *Science & Justice* 53, 253–260.
- Renaud, G., Slon, V., Duggan, A. T y Kelso, J. (2015). Schmutzi: Estimation of contamination and endogenous mitochondrial consensus calling for ancient DNA. *Genome Biology* 16, 1-18.
- Rodríguez Cuenca, J. V. (1994). *Introducción a la antropología forense, análisis e identificación de restos óseos humanos*. Santafé de Bogotá, Colombia: Anaconda Editores.
- Rohland, N. y Hofreiter, M. (2007). Ancient DNA extraction from bones and teeth. *Nature Protocols*. 2, 1756-1762. doi:10.1038/nprot.2007.247
- Scheuer, L. y Black, S. (2000). *Developmental juvenile osteology*. California: Elsevier Academic Press. doi:10.1016/B978-012624000-9/50004-6
- Scott, S., Ruengdit, S., Peckmann, T. R. y Mahakkanukrauh, P. (2017). Sex estimation from measurements of the calcaneus: Applications for personal identification in Thailand. *Forensic Science International* 278, 405.e1-405.e8.
- Skoglund, P., Storå, J., Götherström, A. y Jakobsson, M. (2013). Accurate sex identification of ancient human remains using DNA shotgun sequencing. *Journal of Archaeological Science* 40, 4477-4482. doi:10.1016/j.jas.2013.07.004
- Small, C., Schepartz, L., Hemingway, J. y Brits, D. (2018). Three-dimensionally derived interlandmark distances for sex estimation in intact and fragmentary crania. *Forensic Science International* 287, 127-135. doi:10.1016/j.forsciint.2018.02.012
- Steinlechner, M., Berger, B., Niederstätter, H. y Parson, W. (2002). Rare failures in the amelogenin sex test. *International Journal of Legal Medicine* 116, 117-120. doi:10.1007/s00414-001-0264-9
- Stewart, T. D. (1979). *Essentials of forensic anthropology*. Springfield, United States: Charles C. Thomas Pub Ltd.
- Todd, T. (1921 a). Age changes in the pubic bone. I: The male white pubis. *American Journal of Physical Anthropology* 3, 285-334. doi:10.1002/ajpa.1330030301
- Todd, T. (1921 b). Age changes in the pubic bone. III: The pubis of the white female. IV: The pubis of the female white-negro hybrid. *American Journal of Physical Anthropology* 4, 1-70.
- Trujillo-Mederos, A. y Ordóñez, A. (2012). Nociones básicas para la determinación del sexo y la edad en restos bioantropológicos. *Estrat Crític* 6, 134-155.
- Ubelaker D. H. y DeGaglia, C. M. (2017). Population variation in skeletal sexual dimorphism. *Forensic Science International* 278, 407.e1-407.e7. doi:10.1016/j.forsciint.2017.06.012