

Funciones discriminantes para estimar el sexo en coxales de la colección Lambre (La Plata, Argentina)

Liz Cesa¹ y Bárbara Desántolo¹

¹Laboratorio de Investigaciones en Ciencias Forenses (LICIF). Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires 1900 (Argentina).

*Corresponding Author: lcasa@med.unlp.edu.ar

RESUMEN

La estimación del sexo a partir de restos óseos representa un aspecto central en la reconstrucción del perfil biológico de individuos no documentados en contextos forenses y bioarqueológicos. En este marco, las funciones discriminantes se consolidan como herramientas estadísticas robustas, al integrar múltiples variables métricas para optimizar la precisión diagnóstica. El presente estudio tiene como objetivo evaluar, mediante validación externa, la fiabilidad y precisión de tres funciones discriminantes previamente publicadas para la estimación del sexo a partir del coxal en la Colección Prof. Dr. Rómulo Lambre y generar una nueva función discriminante específica para dicha colección. Las variables morfométricas se midieron mediante técnicas de osteometría tradicional. Se calcularon los errores intra e interobservador, los cuales no mostraron diferencias significativas. Los porcentajes de clasificación de las funciones evaluadas fueron inferiores a los reportados originalmente, evidenciando variabilidad morfométrica poblacional. En función de ello, se desarrolló una nueva fórmula que incluye tres variables métricas, alcanzando un 83.3% de clasificación correcta en la muestra original y un 81.8% mediante validación cruzada. Esta fórmula mostró un excelente desempeño para el grupo masculino (93.5%) a diferencia del grupo femenino (60%). Los resultados destacan la necesidad de validar métodos internacionales en poblaciones locales y refuerzan el valor de desarrollar herramientas diagnósticas adaptadas. En la Argentina existen escasas funciones discriminantes desarrolladas a partir del hueso coxal, por lo que este trabajo busca contribuir fortaleciendo las bases metodológicas de la antropología forense nacional.

Palabras clave:

Estimación del sexo
Adulto
Colección Documentada
Métodos cuantitativos
Pelvis

Recibido: 14-08-2025

Aceptado: 23-02-2026

ABSTRACT

Sex estimation from skeletal remains is a central aspect in reconstructing the biological profile of undocumented individuals in forensic and bioarchaeological contexts. In this framework, discriminant functions have been established as robust statistical tools, integrating multiple metric variables to optimize diagnostic accuracy. The aim of this study is to evaluate, through external validation, the reliability and accuracy of three previously published discriminant functions for sex estimation from the coxal bone in the Prof. Dr. Rómulo Lambre Collection and to develop a new discriminant function specific to this collection. Morphometric variables were recorded using traditional osteometric techniques. Intra- and interobserver errors were calculated and showed no significant differences. The classification rates of the tested functions were lower than those originally reported, highlighting population-specific morphometric variability. Consequently, a new formula was developed including three metric variables, achieving 83.3% correct classification in the original sample and 81.8% through cross-validation. This formula showed excellent performance for males (93.5%) and for females (60%). The findings underscore the need to validate international methods in local populations and reinforce the value of developing tailored diagnostic tools. In Argentina, few discriminant functions have been developed from the coxal bone; therefore, this work seeks to contribute by strengthening the methodological foundations of national forensic anthropology.

Keywords:

Sex estimation
Adult
Documented collection
Quantitative methods
Pelvis

Introducción

La estimación del sexo a partir de restos óseos es uno de los principales problemas a dilucidar en la reconstrucción del perfil biológico de individuos no documentados en el ámbito bioantropológico y forense. Los niveles de dimorfismo sexual varían geográficamente, lo cual lleva a la antropología forense a persistir en la validación continua de los métodos existentes. Asimismo, estos estudios son fundamentales para justificar la admisibilidad de los métodos como prueba pericial, y por ello existe un claro consenso en la comunidad científica sobre la necesidad de discutir aspectos relacionados con la revisión metodológica (Cunha et al., 2009; Buckberry, 2015; Valsecchi, Irurita y Mesejo, 2019). En este marco, varios autores han enfatizado la necesidad de abandonar la idea de universalidad sobre los métodos para la estimación del sexo en adultos y promueven su estandarización según las poblaciones (Rissech et al., 2012; San Millán, Rissech y Turbón, 2013; Plischuk et al., 2020; Curate, 2022). Todo ello, con el propósito de facilitar su aplicación en contextos forenses y contribuir a mejorar la precisión en la identificación de restos óseos humanos. Al respecto, es importante destacar el rol de las colecciones osteológicas documentadas, ya que contribuyen a resolver problemas en el campo de la bioantropología gracias a su particular aporte basado en la combinación de rasgos esqueléticos y la información documental. A partir de las mismas, se pueden desarrollar métodos estandarizados para la caracterización biológica de los individuos y el análisis de aspectos anatómicos, histológicos y patológicos, desde una perspectiva poblacional considerando su contexto sociohistórico (Salceda et al., 2012; Plischuk et al., 2020). Además, las colecciones osteológicas juegan un papel crucial, ya que constituyen el sustento empírico para la validación de métodos cualitativos y cuantitativos en la estimación del sexo. En este sentido, debido a su alto grado de dimorfismo sexual, el coxal es ampliamente reconocido como el hueso más eficaz para la estimación del sexo en individuos adultos, dado que las diferencias esqueléticas se acentúan tras la maduración puberal, permitiendo una identificación más precisa en mayores de 18 años (Curate, 2022). En función de ello se han desarrollado metodologías cualitativas aplicadas al

análisis del hueso pélvico que incluyen técnicas de observación morfológica de estructuras específicas, como la escotadura ciática mayor y el arco ventral, entre otros (Klales, 2020). Asimismo, las metodologías morfométricas han puesto énfasis en el estudio de la relación entre la anchura, la altura del hueso coxal y la escotadura ciática entre otros parámetros (Bruzek, 2002; Rissech, García y Malgosa 2003; White, Black y Folkens, 2011; Curate, 2022). Entre estos análisis, las funciones discriminantes (FD) se han consolidado como una de las herramientas estadísticas más utilizadas en este ámbito, ya que permite integrar múltiples variables métricas en una misma fórmula de aplicación sencilla y eficaz. El análisis multivariado, en particular, ha demostrado ser una técnica confiable para la identificación individual de restos óseos, facilitando la clasificación precisa en función del sexo (Klales, 2020).

En el ámbito internacional, diversos autores han demostrado la utilidad de las funciones discriminantes. Seidler (1980) examinó el coxal derecho en las colecciones de Viena; Rissech, García y Malgosa (2003) estudiaron la longitud del isquion y tres variables de la superficie acetabular de las colecciones documentadas de Londres, Coimbra, Lisboa y Barcelona; Murail et al. (2005) analizaron las variaciones de las medidas del hueso de la cadera de una base de datos métrica mundial; Dixit et al. (2007) estudiaron muestras pertenecientes a una colección osteológica de India; Steyn e İşcan (2008) y Gómez Valdés et al. (2011) observaron coxales y sacros en una colección de México y Grecia,

En Argentina, los estudios centrados en la estimación del sexo a partir del coxal son particularmente escasos. No obstante, se han propuesto diversas funciones discriminantes basadas en otros elementos óseos y desarrolladas a partir de dos colecciones osteológicas contemporáneas documentadas. En la Colección Prof. Dr. Rómulo Lambre, La Plata, Argentina, (de ahora en más Colección Lambre) se han desarrollado métodos para la estimación del sexo a partir del cráneo, la mandíbula, la dentición y el fémur (Desántolo y Salceda, 2009, Desántolo et al., 2010, 2017; Cariaga et al., 2013; Garizoain, Aranda y Luna, 2023) y en la colección de Chacarita (Buenos Aires), los estudios se enfocaron en el diámetro mínimo súpero-inferior del cuello femoral

(Luna et al., 2017). Sin embargo, hasta el momento no se han evaluado funciones discriminantes basadas en el coxal en muestras osteológicas locales documentadas.

Por todo lo expuesto los objetivos del presente estudio fueron, realizar la validación externa de tres funciones discriminante publicadas previamente por otros autores para la estimación del sexo a partir del coxal, evaluar su fiabilidad y precisión en la Colección Lambre y generar una función discriminante específica para esta colección.

Las funciones analizadas fueron desarrolladas a partir de tres colecciones osteológicas independientes, propuestas por Seidler (1980), Steyn e İscan (2008) y Gómez Valdés et al. (2011). En este sentido, se privilegiaron aquellas funciones que, en la medida de lo posible, incorporaban mediciones del coxal completo y presentaban porcentajes de asignación correcta superiores al 80%. En el caso de Gómez-Valdés et al. (2011), se seleccionó la función que combinaba el mayor número de variables con el mejor porcentaje de clasificación. Para Seidler (1980), se optó por la función que cumplía los mismos criterios métricos y rendimiento discriminante, priorizando las propuestas con mayor precisión y aplicabilidad a nuestra muestra. Finalmente, de igual manera se seleccionó en el caso de Steyn e İscan (2008), se eligió la función que incluye mediciones del coxal completo y presenta porcentajes de asignación correcta superiores al 80%. La inclusión de estas tres fórmulas en el presente estudio permite contrastar su desempeño en contextos poblacionales diversos y, al mismo tiempo, evaluar su aplicabilidad en una muestra local de referencia. Al basarse en análisis métricos del coxal completo, su utilización resulta especialmente adecuada cuando se dispone de la totalidad del hueso, ya que ello favorece tanto la precisión como la reproducibilidad de los resultados.

Material y métodos

La Colección Lambre está compuesta por restos esqueléticos de individuos exhumados del Cementerio Municipal de La Plata (CMLP), Argentina y cuenta con una base de datos documental que permite la identificación individual de cada uno de los restos. A la fecha, la colección cuenta con más de 500 individuos entre adultos y subadultos, cuyas piezas están

acondicionadas y disponibles para su estudio. De acuerdo con las actas de defunción, la totalidad de los menores de 18 años y la mayoría de los adultos poseen nacionalidad argentina, aunque también se documentan casos de otras nacionalidades (italiana, española, uruguaya y paraguaya). Las edades de los individuos oscilan desde no nacidos hasta 101 años, fallecidos entre los años 1900 y 2003. Actualmente, la colección se encuentra bajo el resguardo del Laboratorio de Investigaciones en Ciencias Forenses (LICIF) de la Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata (Buenos Aires, Argentina). Del total de individuos documentados, 58% son masculinos y 42% femeninos. En el segmento de subadultos predominan los neonatos, con una elevada proporción de muertes perinatales, mientras que en adultos la causa de muerte más frecuente fue el paro cardiorrespiratorio no traumático. Un análisis demográfico realizado en los inicios de la integración de la Colección Lambre (Plischuk et al., 2007) mostró similitudes entre su perfil y un escenario de mortalidad atricional, similar al perfil de mortalidad en la provincia de Buenos Aires, en donde se encuentra la ciudad de La Plata, caracterizado por la sobrerrepresentación de individuos infantiles y adultos mayores en comparación con la población viva. Este sesgo es común en colecciones osteológicas modernas (Alemán et al., 2012; Bosio et al., 2012; Eliopoulos, Lagia y Manolis, 2007) y limita la posibilidad de generar estándares métricos y morfológicos para aquellos rangos etarios con menor mortalidad. El perfil de la Colección Lambre coincide con otras series documentadas modernas y se asemeja a los escenarios de mortalidad históricos de la región, lo que refuerza su utilidad como referencia para estudios antropológicos y forenses.

Para este estudio, se seleccionaron individuos adultos de la Colección Lambre que presentaron al menos un coxal disponible, conformando una muestra inicial de 177 individuos. Posteriormente, se aplicaron criterios de inclusión más estrictos, considerando únicamente coxales completos y en buen estado de conservación. Asimismo, se excluyeron aquellos coxales que presentaron indicios de posibles patologías, ya que los mismos podrían afectar las mediciones y generar errores en los resultados. Finalmente, la muestra quedó constituida por 66 individuos, 46 masculinos y 20 femeninos, cuyas

edades oscilan entre los 20 y los 99 años. La edad media general es de 56.14 (17.20 SD) años, siendo de 56.54 (18.28 SD) años para el grupo masculino y de 54.83 (15.36 SD) años para el femenino.

El análisis morfométrico fue llevado a cabo utilizando un calibre digital con una precisión de 0.01 mm y una tabla osteométrica. Para evaluar la precisión de las mediciones, se analizó el error intraobservador en una submuestra aleatoria de 10 individuos. Todas las variables fueron medidas en dos ocasiones, con un intervalo de una semana entre cada medición. Asimismo, con el objetivo de estimar la replicabilidad del método, se determinó el error interobservador utilizando la misma submuestra, comparando las mediciones realizadas en diferentes momentos por dos observadores. En ambos casos, el error se calculó mediante la prueba *t* de Student para muestras emparejadas considerando un valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo. El manejo de la base de datos y el análisis estadístico se llevaron a cabo mediante el software SPSS 23.0.

Validación de funciones discriminantes

Se evaluaron tres funciones discriminantes (FD) propuestas por Seidler (1980), Steyn e İşcan (2008) y Gómez Valdés et al. (2011) con el objetivo de analizar su capacidad de discriminación en la muestra estudiada. La selección de estas funciones se basó en criterios fundamentales: todas fueron elaboradas a partir de colecciones documentadas y contemporáneas, han demostrado altos niveles de precisión en la

estimación del sexo y figuran entre las más empleadas en la práctica actual de la antropología forense. La fórmula propuesta por Seidler (1980) se desarrolló a partir de una muestra de 216 individuos adultos (133 masculinos y 83 femeninos) procedentes de las colecciones de Weninger y Weisbach en Viena, cuyas funciones discriminantes fueron posteriormente validadas en una muestra de Tirol, arrojando resultados de alta precisión. Por su parte, la propuesta de Gómez Valdés et al. (2011) se basó en una muestra de 146 individuos (61 femeninos y 85 masculinos) pertenecientes a la colección osteológica de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México. Finalmente, la fórmula de Steyn e İşcan (2008) fue elaborada a partir de una muestra de 192 individuos (97 masculinos y 95 femeninos) del Departamento de Ciencias Forenses de la Facultad de Medicina de la Universidad de Creta (Grecia). Estas funciones presentan en sus estudios originales porcentajes de exactitud entre el 80% y el 99%. Las cinco variables métricas propuestas por los autores fueron relevadas mediante técnicas de morfometría tradicional, replicando exactamente las medidas y los criterios según consta en la bibliografía original. Por ejemplo, Gómez Valdés et al. (2011), especifica una FD para cada coxal (izquierdo y derecho) y en los individuos que conservaban ambos coxales se registraron las mediciones bilaterales y se aplicaron las fórmulas específicas según la lateralidad. Cuando solo estuvo disponible un lado, se midió el coxal presente y se aplicó la función correspondiente (Tabla 1).

Tabla 1. Funciones discriminantes evaluadas.

Autor	% de exactitud	Función
Gómez Valdés et al. (2011)	D: 99.1	D $y = 1.3973TPH - 0.7529TIW + 0.6481TAD - 1.0905PL$ F: <112.51 / M: >112.51
	I: 97.9	I $y = 0.9724TPH - 0.6239TIW + 0.4288TAD - 1.1295PL$ F: <32.78 / M: >32.78
Steyn e İşcan (2008)	M: 85.1	(Altura coxal x 0.131) - (Ancho ilíaco x 0.048) - 19.560
	F: 80.9	M = 0.818 / F = -0.864
Seidler (1980)		D = $13.3563 \times \text{altura del isquion} - 8.2527 \times \text{longitud del pubis}$
	95.29	Hombres: 395.70 a 567.38 / Mujeres: 235.42 a 412.97

D: Derecho, I: Izquierdo, M: Masculino, F: Femenino, TPH: Altura pélvica total, TIW: Anchura ilíaca total, TAD: Diámetro acetabular transversal, PL: Longitud púbica.

La evaluación de las fórmulas discriminantes se realizó utilizando el programa SPSS 23.0, empleando la herramienta "calcular variables". A partir de los resultados obtenidos y en función de los valores de corte establecidos en la bibliografía, se calcularon las asignaciones correctas para cada FD, así como los respectivos porcentajes de exactitud para la muestra analizada.

Desarrollo de una nueva función discriminante

Se procedió a desarrollar una función discriminante específica para la Colección Lambre. Para ello, se midieron cinco variables métricas según las recomendaciones de la bibliografía especializada para el análisis de coxales completos (ver Tabla 2, Figura 1) (White, Black y Folkens, 2012).

Tabla 2. Descripción de variables relevadas.

Nº	Medida	Código	Definición (White, Black y Folkens, 2012)
1	Altura Coxal [‡]	Alt_Cox	La distancia máxima entre la cresta ilíaca y la rama isquiopubiana.
2	Amplitud Iliaca [‡]	Amp_Ili	La distancia máxima entre las espinas ilíacas anterosuperiores y posterosuperiores
3	Altura Acetabular [‡]	Alt_Ac	Del borde de la superficie semilunar, inmediatamente debajo de la espina ilíaca anteroinferior, hasta el contacto con el punto más distante de la superficie semilunar.
4	Longitud Púbica [‡]	Long_Pub	De la muesca acetabular más cercano al centro de la sutura trirradiada hasta el contacto con el punto más distante del cuerpo púbico
5	Longitud Isquiática [‡]	Long_Isq	Del margen superior de la muesca acetabular más cercana al centro de la sutura trirradiada hasta el contacto con el punto más distante del isquion

*Variables evaluadas según las fórmulas de Seidler (1980); Steyn e Iscan (2008); Gómez Valdés (2011).

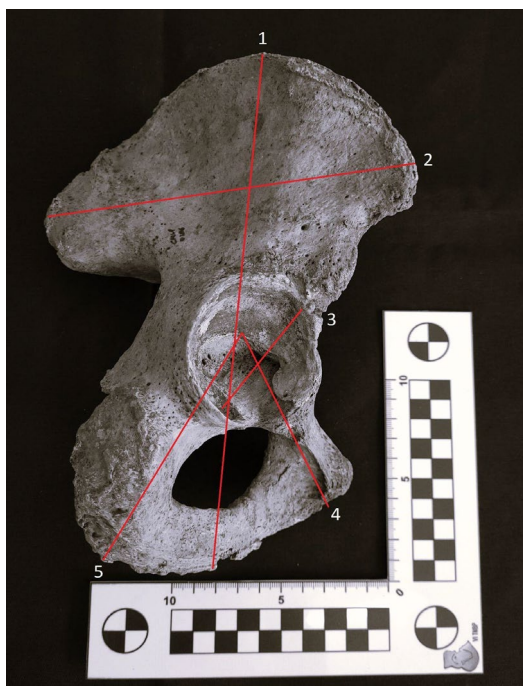


Figura 1. Referencias: 1. Altura Coxal; 2. Amplitud Iliaca; 3. Altura Acetabular; 4 Longitud Púbica; 5. Longitud Isquiática.

Posteriormente, se construyó una base de datos con las variables métricas registradas en los 66 individuos seleccionados. A continuación, se

calcularon los estadísticos descriptivos (mínimos, máximos, media y desviación estándar), se aplicaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y se realizó una

prueba t de Student para muestras independientes con el fin de evaluar la existencia de diferencias sexuales en cada variable. En cuanto al análisis discriminante se incluyeron aquellas variables que presentaron datos completos, distribución normal y diferencias significativas entre los sexos. Asimismo, y de manera complementaria, se calculó el índice de dimorfismo sexual (IDS) mediante la fórmula de Garn, Lewis y Walenga (1968): $IDS = ((M/F) - 1 \times 100)$, donde M y F representan los promedios de las mediciones en los grupos masculino y femenino, respectivamente.

El análisis de funciones discriminantes es un método estadístico multivariado que utiliza un conjunto de mediciones óseas para predecir la pertenencia de un individuo de sexo desconocido al grupo femenino o masculino, basándose en una muestra de referencia compuesta por individuos de sexo conocido (Obertová, Stewart y Cattaneo, 2020). Para seleccionar las variables, se utilizó el valor lambda de Wilks (λ), donde los valores más bajos indican mayor capacidad discriminante. Se aplicó el método stepwise (paso a paso) que evalúa en cada interacción qué variable mejora la discriminación, considerando criterios de entrada y salida, este proceso se repite hasta que ya no se puedan incorporar ni eliminar más variables. Una vez definida la función, ésta se aplica multiplicando los valores observados de cada variable por su correspondiente coeficiente no estandarizado y sumando o restando los resultados. De esta manera se genera una puntuación discriminante para cada individuo.

Para clasificar los casos, se establece un punto de corte. Dependiendo donde se encuentre la puntuación discriminante, respecto a estos puntos de corte, se asignará la pertenencia a un grupo u otro. En este trabajo, se sitúa un valor equidistante entre los centroides (medias) de ambos grupos, los casos con puntuaciones por encima de este valor de corte se clasificaron como “masculinos” y como “femeninos” los menores.

En cuanto a los aspectos éticos, los estándares referidos al manejo de los restos óseos que componen la colección fueron sometidos a la evaluación del Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) (Exp. 800-6213812/12), a la vez que fueron guiados por las directrices explicitadas en el art. 4 de la "Declaración

de la Asociación de Antropología Biológica Argentina" en "Relación con la Ética del Estudio de Restos Humanos" (2007) y por el "Código Deontológico para el estudio, conservación y gestión de restos humanos de poblaciones del pasado" (Aranda, Barrientos y Del Papa, 2014). Debido a lo cual se garantiza un trato digno y respetuoso a los restos a través de un correcto manejo y preservación (García Mancuso et al., 2019).

Resultados

En este apartado se describen los resultados obtenidos de los análisis métricos de 66 individuos pertenecientes a la colección Lambre. Para evaluar la precisión y la replicabilidad de las mediciones, se calculó el error intraobservador e interobservador a partir de la prueba t de Student. En ambos casos, los resultados mostraron valores no significativos ($p < 0.05$) lo que estaría indicando una alta concordancia en la mayoría de las variables medidas.

En cuanto a las validaciones externas de las funciones discriminantes, los resultados demostraron que los porcentajes de exactitud obtenidos fueron inferiores respecto de los originales. La fórmula de Seidler (1980), elaborada a partir de una muestra austriaca de 216 individuos (133 masculinos y 83 femeninos), arrojó en su aplicación original un porcentaje de exactitud de 95%. En cambio, al ser evaluada en esta muestra, la tasa de clasificación alcanzó el 81% del total de los casos. De forma similar, la fórmula propuesta por Steyn e İşcan (2008), sobre una muestra griega de 192 individuos (97 masculinos y 95 femeninos) obtuvo en su estudio original una precisión de 85.1% para masculinos y de 80.9% para femeninos. En la Colección Lambre, sin embargo, los porcentajes descendieron al 69% y 71%, respectivamente. Por último, la fórmula de Gómez Valdés et al. (2011), basada en una muestra mexicana de 146 individuos (85 masculinos y 61 femeninos), reportó valores de exactitud de 99.1% para el coxal derecho y 97.9% para el izquierdo en su validación original, mientras que en este estudio se obtuvo un 75% y 60%, respectivamente (Figura 2).

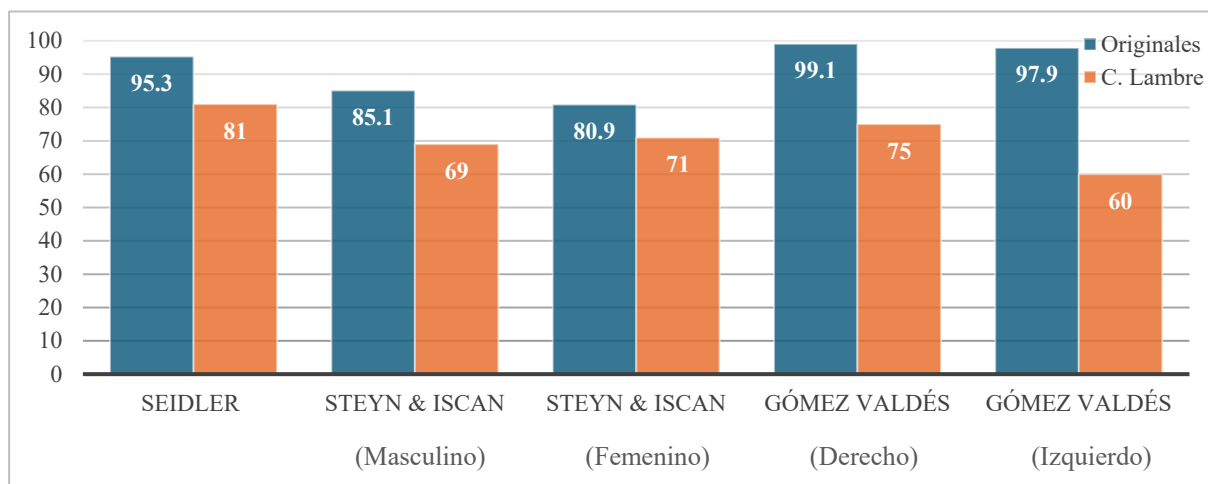


Figura 2. Comparación de los porcentajes de exactitud de las distintas fórmulas evaluadas.

Estadística Descriptiva

Los estadísticos descriptivos y el Índice de Dimorfismo Sexual (IDS) calculados para cada variable demostraron diferencias estadísticamente significativas entre los sexos ($p < 0.05$) para altura del coxal, amplitud iliaca, altura acetabular y longitud

isquiática, lo que estaría indicando un marcado dimorfismo sexual (Tabla 3). En general, los valores medios de las variables analizadas fueron mayores en el grupo masculino en comparación con el grupo femenino.

Tabla 3. Medidas de coxal completo: estadística descriptiva e Índice de Dimorfismo Sexual (IDS).

Variables	Femenino					Masculino					Sig. estadística		
	N	Media	DS	Mín	Máx.	N	Media	DS	Mín	Máx	T	p	IDS
Alt_Cox	20	199.8	9.74	183	219	46	216.13	11.12	186	238	-5.961	0	8.44
Amp_Ili	20	155.85	6.82	143	173	46	159.3	8.48	141	179	-2.031	0.46	2.74
Long_Pub	20	96.8	2.95	92	107	46	95.65	5.36	80	106	0.637	0.526	-1.18
Long_Isq	20	86.95	6.76	76	102	46	97.33	6.42	75	115	-5.935	0	11.93
Alt_Ac	20	49.95	4.78	45	63	46	55.98	3.56	49	64	-5.712	0	12.11

Elaboración de la Función Discriminante

Los resultados del análisis univariado mostraron que la mayoría de las variables medidas - altura coxal, amplitud iliaca, altura acetabular y longitud isquiática - presentan dimorfismo sexual estadísticamente significativo según la prueba t de Student ($p < 0.05$). Así mismo, de acuerdo con el estadístico lambda de Wilks, estas variables también mostraron niveles de significación inferiores a 0.05, lo que indica que poseen capacidad discriminante (Tabla 4). El análisis discriminante lineal, utilizando el método

paso a paso, seleccionó finalmente tres variables para la construcción de la FD: altura coxal, amplitud iliaca y altura acetabular. Aunque amplitud iliaca presentó un valor al límite de significación en el análisis univariado ($p = 0.046$), su inclusión mejoró la capacidad discriminante del modelo al combinarse con las otras medidas. La función discriminante específica para la Colección Lambre quedó definida de la siguiente manera:

$$D = 0.089 \times (\text{Alt_Cox}) - 0.086 \times (\text{Amp_Ili}) + 0.143 \times (\text{Alt_Ac}) - 12.826$$

Tabla 4. Valores de lambda de Wilks.

	Lambda de Wilks	F	gl1	gl2	Sig
Alt_Cox	0.643	35.53	1	64	0.000
Amp_Ili	0.939	4.12	1	64	0.046
Long_Isq	0.645	35.22	1	64	0.000
Alt_Ac	0.662	32.62	1	64	0.000

El punto de corte se estableció en -0.39 , valor equidistante entre los centroides obtenidos para los grupos femenino (-1.387) y masculino (0.603). De acuerdo con este criterio, las puntuaciones inferiores a -0.39 se clasificaron como femeninas y las iguales o superiores a este valor como masculinas.

En cuanto a los porcentajes de asignaciones correcta de la función discriminante, la misma presentó una tasa de clasificación de 83.3% para el total de los casos analizados (12/20 mujeres y 43/46 varones) y mediante validación cruzada, *leave-one-out*, el porcentaje global de asignaciones correctas fue del 81.8%, con 60% de aciertos en el grupo femenino (12/20) y 91.3% en el masculino (42/46). Los resultados completos de la clasificación, tanto original como validada, se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultado de clasificaciones.

Resultados de clasificaciones ^c					
Sexo		Pertenencia a grupos		Total	
		Femenino	Masculino		
Original ^a	Recuento	F	12	8	20
		M	3	43	46
	%	F	60	40	100
		M	6.5	93.5	100
Validación cruzada ^b	Recuento	F	12	8	20
		M	4	42	46
	%	F	60	40	100
		M	8.7	91.3	100

a. 83.3% de casos agrupados originales clasificados correctamente. b. La validación cruzada se ha realizado sólo para aquellos casos del análisis. En la validación cruzada, cada caso se clasifica mediante las funciones derivadas de todos los casos distintos a dicho caso. c. 81.8% de casos agrupados validados de forma cruzada clasificados correctamente.

Discusión

Los antropólogos forenses buscan continuamente optimizar los métodos de estimación sexual en restos óseos, ya sea mediante el desarrollo de nuevas técnicas o ajustando las existentes para mejorar su precisión y garantizar su aceptabilidad como prueba pericial (Cunha et al., 2009). Entre estos, debido a su alto grado de dimorfismo sexual, las mediciones métricas del hueso coxal han demostrado ser una herramienta valiosa. Una de las principales ventajas de los métodos morfométricos es su mayor objetividad y reproducibilidad en comparación con los enfoques morfológicos cualitativos, los cuales requieren un entrenamiento más extenso y presentan una mayor variabilidad entre los observadores (Murail et al., 2005). A pesar de ello, es importante reconocer que las mediciones también pueden verse afectadas por factores como la calidad de conservación del material óseo, el equipamiento utilizado y la pericia del observador. No obstante, el análisis multivariado mediante funciones discriminantes ofrece un enfoque más robusto, al considerar el aporte conjunto de múltiples variables y reducir el margen de error (Obertová, Stewart y Cattaneo, 2020).

Un aporte destacable del uso de una colección osteológica documentada es que garantiza la veracidad de los datos sobre el sexo de los individuos, lo que permite una evaluación precisa de la eficacia de la fórmula. Sin embargo, esta misma característica representa una limitación, ya que restringe la aplicabilidad de la función a poblaciones con características similares. En este sentido, es necesario enfatizar que cualquier aplicación en otras poblaciones debe estar precedida por una adecuada validación externa (Valsecchi, Irurita y Mesejo, 2019). Desde esta perspectiva, los resultados obtenidos en la validación de las funciones discriminantes muestran una disminución en su precisión al ser aplicadas a la Colección Lambre, en comparación con los valores reportados en sus estudios originales. Las diferencias entre los porcentajes de clasificación obtenidos en los estudios originales y los registrados en esta investigación podrían estar asociadas a la variabilidad morfométrica entre poblaciones, dado que las fórmulas

mencionadas fueron desarrolladas a partir de muestras con contextos biológicos, geográficos y demográficos distintos al de la Colección Lambre. Sin embargo, es importante señalar que los resultados obtenidos a partir de la fórmula de Seidler (1980) fueron similares a los obtenidos en este estudio, a diferencia de los resultados derivados de la fórmula de Gómez Valdés et al. (2011), la cual fue desarrollada a partir de una colección mexicana. Consideramos que la mayor semejanza entre los resultados obtenidos en la Colección Lambre y los reportados por Seidler (1980) podrían estar relacionada con una mayor proximidad poblacional entre los grupos analizados. Esto refuerza la importancia de considerar las características específicas de cada población en los estudios de estimación del sexo (Avena et al., 2006). En este sentido, los resultados alcanzados respaldan lo planteado por Sanabria Medina (2008), quien advierte sobre la limitada aplicabilidad de métodos desarrollados en una población cuando se aplican a otra con características diferentes. La disminución en los niveles de exactitud observada subraya la importancia de generar funciones discriminantes adaptadas a las particularidades morfológicas de cada población de estudio, especialmente en contextos forenses, donde la precisión resulta fundamental (Walker, 2005).

En consecuencia, la segunda etapa del trabajo se orientó al desarrollo de una función discriminante específica para la Colección Lambre, esta fórmula se generó a partir del coxal completo, dado que representa una línea de trabajo escasamente explorada en el ámbito de la estimación del sexo en Argentina. La fórmula propuesta alcanzó una tasa de clasificación correcta del 83.3% en los casos originales y del 81.8% bajo validación cruzada (leave-one-out), lo cual evidencia su robustez. Particularmente, la función mostró un excelente desempeño en la clasificación de los casos masculinos (93.5% en los casos originales y 91.3% en la validación cruzada) a diferencia de los femeninos (60% en ambos casos), un comportamiento esperado en el análisis multivariado bajo condiciones más estrictas. Al comparar los resultados de este estudio con los de otros autores que utilizaron funciones discriminantes aplicadas a coxales en colecciones documentadas, se observa que los porcentajes de exactitud son similares a los aquí presentados. Por ejemplo, Rissech, García y Malgosa (2003) obtuvieron un 91% de exactitud para individuos

masculinos y un 87% para femeninos, a partir de una FD de cuatro variables. Cabe destacar que, en ese trabajo, incluso con una muestra balanceada por sexo, se evidenció una disminución en el porcentaje de asignaciones correctas para el sexo femenino en comparación con el masculino.

Por su parte, Novotný (1986) demostró la eficacia de la métrica pélvica para la estimación del sexo, proponiendo una función discriminante basada en la longitud del pubis y del isquion que alcanza un 97% de exactitud en una muestra documentada de Praga. Este trabajo evidencia que pocas medidas estratégicas pueden proporcionar resultados muy precisos, consolidando a la pelvis como un marcador confiable de dimorfismo sexual y sirviendo como referencia en estudios forenses posteriores. Por último, Yoldi, Alemán y Botella (2001) plantean varias fórmulas aplicadas para el ilion-isquion e ilion-pubis, siendo esta última quien tuvo los mejores resultados con porcentajes de exactitud entre 90% y 97%. La inclusión de la validación cruzada representa una fortaleza metodológica, ya que permite simular la aplicación de la fórmula en nuevos individuos y evaluar así su rendimiento en condiciones más realistas (Rogers, 2016). Si bien esta validación implica una disminución en la tasa de aciertos, el hecho de que los valores generales se mantengan por encima del 80% respalda la solidez de la función discriminante generada.

En este trabajo, el análisis del Índice de Dimorfismo Sexual (IDS) propuesto por Garn, Lewis y Walenga (1968) complementó los resultados de significación estadística, permitiendo identificar con mayor claridad las variables que mostraron una mayor diferenciación entre los sexos. Las mediciones con valores más altos de IDS fueron la longitud isquiática (11.93%) y la altura acetabular (12.11 %), seguidas por la altura coxal (8.44%), todas con valores superiores en los individuos masculinos. Estas mismas variables fueron seleccionadas por el modelo stepwise para construir la función discriminante, lo que evidencia su aporte estadístico y biológico en la diferenciación sexual.

Siguiendo a Albanese, Cardoso y Saunders (2005), el tamaño muestral (n=66) cumple con el umbral mínimo recomendado para análisis robustos. Los autores plantean que se pueden esperar precisiones de asignación del 83-96% cuando la muestra es mayor

a 40 individuos y la proporción de sexos es inferior a 1.5:1, sin embargo, en el presente estudio se observa una relación desbalanceada entre sexos, con una proporción de 2.3:1. No obstante, los autores mencionados destacan que, para muestras superiores a 40 casos, el impacto de esta desigualdad tiende a ser insignificante. Sin embargo, en futuras investigaciones se buscará ampliar el número de casos femeninos a fin de mejorar la estabilidad y representatividad de la fórmula discriminante propuesta.

Diversos estudios desarrollados en nuestro país han demostrado la utilidad de otros elementos esqueléticos para la estimación del sexo, tales como el cráneo, la mandíbula, el fémur y dientes. Particularmente, en la Colección Lambre, se han generado funciones discriminantes para fémur (Desántolo y Salceda, 2009), mandíbula (Desántolo et al., 2010), cráneo (Cariaga et al., 2013) y dientes (Garizoain, Aranda y Luna, 2023), obteniéndose niveles aceptables de precisión, aunque generalmente inferiores a los obtenidos a partir del hueso coxal. Este último presenta una mayor robustez diagnóstica debido a su marcado dimorfismo sexual y, a su vínculo funcional directo con la biomecánica de la pelvis y la reproducción, lo que lo convierte en el elemento óseo de elección en contextos forenses cuando el coxal está completo y en buen estado de conservación (Murail et al., 2005).

Conclusiones

La validación de métodos para la estimación del sexo es crucial para garantizar la precisión en la identificación de restos humanos en contextos forenses y bioarqueológicos. El hecho de que las funciones discriminantes extranjeras no alcancen los niveles de exactitud reportados en sus poblaciones de origen pone de manifiesto la necesidad de contar con modelos locales ajustados a cada población. En función de los resultados obtenidos, se logró desarrollar una función discriminante específica para la Colección Lambre, la cual mostró una tasa de clasificación correcta mayor al 80%. Dado que hasta la fecha no se habían desarrollado funciones discriminantes para la estimación del sexo a partir del hueso coxal en Argentina, este trabajo presenta una aproximación para mejorar la clasificación sexual en colecciones osteológicas locales

y establecer una base para futuras investigaciones en la región.

Finalmente, los resultados reafirman que el hueso coxal contiene información métrica suficiente para permitir una estimación confiable del sexo, y que el patrón de dimorfismo sexual en esta región anatómica se expresa de manera consistente, aunque con ciertas variaciones entre poblaciones (San Millán, Rissech y Turbón, 2013). La combinación de variables seleccionadas y su integración mediante análisis discriminante constituye una estrategia eficaz para desarrollar herramientas de aplicación forense ajustadas a contextos locales.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de La Plata por el apoyo económico brindado a través del Proyecto M254; al Laboratorio de Investigaciones en Ciencias Forenses (LICIF) por el acompañamiento institucional y el respaldo académico; y a las editoras y revisores de la Revista Española de Antropología Física (REAF) por sus valiosos comentarios y aportes, que contribuyeron a mejorar la calidad del manuscrito.

Bibliografía

- Albanese J., Cardoso H.F., Saunders S.R. (2005). Universal methodology for developing univariate sample-specific sex determination methods: an example using the epicondylar breadth of the humerus. *J Archaeol Sci* 32(1): 143-152.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.08.003>
- Alemán I., Irurita J., Valencia A.R., Martínez A., López-Lázaro S., Viciano J., Botella M.C. (2012). Brief Communication: The Granada Osteological Collection of identified infants and young children. *Am J Phys Anthropol* 149(4): 606-610.
<https://doi.org/10.1002/ajpa.22165>
- Aranda C., Barrientos G., Del Papa M.C. (2014). Código deontológico para el estudio, conservación y gestión de restos humanos en poblaciones del pasado. *Rev Arg Antropol Biol* 16(2): 111-113.
<https://doi.org/10.17139/RAAB.2014.0016.02.05>
- Avena S.A., Goicoechea A.S., Rey J., Dugoujon J.M., Dejean C.B., Carnese F.R. (2006). Mezcla génica en una muestra poblacional de la ciudad de Buenos Aires. *Medicina (Buenos Aires)* 66(2): 113-118.

- Bosio L.A., García Guraieb S., Luna L.H., Aranda C. (2012). Chacarita project: conformation and analysis of a modern and documented human osteological collection from Buenos Aires City – Theoretical, methodological and ethical aspects. *HOMO* 63(6): 481-492. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2012.06.003>
- Bruzek J. (2002). A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *Am J Phys Anthropol* 117(2): 157-168. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10012>
- Buckberry J. (2015). The (mis)use of adult age estimates in osteology. *Ann Hum Biol* 42(4): 323-331. <https://doi.org/10.3109/03014460.2015.1046926>
- Cariaga A., Desántolo B., Paggi R., Andrini L., García M., Inda A.M. (2013). Análisis cuantitativo del dimorfismo sexual en cráneos contemporáneos. Libro de resúmenes del VI Congreso y 12º Jornadas de Educación en Ciencias Morfológicas de La Plata (Argentina).
- Cunha E., Baccino E., Martrille L., Ramsthaler F., Prieto J., Schuliar Y., Lynnerup N., Cattaneo C. (2009). The problem of aging human remains and living individuals: a review. *Forensic Sci Int* 193(1-3): 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.09.008>
- Curate F. (2022). The Estimation of Sex of Human Skeletal Remains in the Portuguese Identified Collections: History and Prospects. *Forensic Sci* 2(1): 272-286. <https://doi.org/10.3390/forensicsci2010021>
- Declaración de la Asociación de Antropología Biológica Argentina (AABA) en Relación con la Ética del Estudio de Restos Humanos (2007). <http://www.fcnym.unlp.edu.ar/aaba>.
- Desántolo B., Basal R., García Mancuso R., Plischuk M., Errecalde A.L., Inda A.M. (2010). Estimación del sexo a partir de la mandíbula: análisis discriminante. Libro de resúmenes del XII Congreso de la Sociedad de Ciencias Morfológicas de La Plata y 9º Jornadas de Educación.
- Desántolo B., Plischuk M., García Mancuso R., Inda A.M. (2017). Testeo y validación de funciones discriminantes para estimar el sexo en la colección Osteológica San José (Granada, España). Libro de resúmenes del XX Congreso de la Sociedad Española de Antropología Física. Barcelona, España.
- Desántolo B., Salceda S. (2009). Estimación del sexo mediante funciones discriminantes en fémur. Actas de las IX Jornadas Nacionales de Antropología Biológica. Asociación de Antropología Biológica Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/16003>
- Dixit S.G., Kakar S., Agarwal S., Choudhry R. (2007). Sexing of human hip bones of Indian origin by discriminant function analysis. *J Forensic Leg Med* 14(7): 429-435. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2007.03.009>
- Eliopoulos C., Lagia A., Manolis S. (2007). A modern, documented human skeletal collection from Greece. *HOMO* 58(3): 221-228. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2006.10.003>
- García Mancuso R., Plischuk M., Desántolo B., Garizoain G., Sardi M.L. (2019). Ethical considerations in the research with human remains in Argentina. En: K. Squires, N. Márquez-Grant, D. Erricson (Eds.). *Ethical challenges in the analysis of human remains*: 447-463. Springer.
- Garizoain G., Aranda C., Luna L. (2023). Metric evaluation of permanent canines for sexual estimation in the Collection “Prof. Dr. Romulo Lambre”, Buenos Aires, Argentina. *Rev Esp Med Legal* 49(4): 143-150. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2022.12.002>
- Garn S.M., Lewis A.B., Walenga A.J. (1968). Crown-size profile pattern comparisons of 14 human populations. *Arch Oral Biol* 13(10): 1235-1242. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(68\)90079-4](https://doi.org/10.1016/0003-9969(68)90079-4)
- Gómez Valdés J.A., Torres Ramírez G., Báez Molgado S., Herrera Sain-Leu P., Castrejón Caballero J.L., Sánchez-Mejorada G. (2011). Discriminant function analysis for sex assessment in pelvic girdle bones: sample from the contemporary Mexican population. *J Forensic Sci* 56(2): 297-301. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01663.x>
- Klaes A.R. (2020). Sex estimation of the human skeleton: History, methods, and emerging techniques. Academic Press.
- Luna L.H., Aranda C., García Guraieb S., Bosio L. (2017). Determinación sexual a través del diámetro mínimo súpero-inferior del cuello femoral en la colección contemporánea de Chacarita (Ciudad de Buenos Aires, Argentina). XIII Jornadas Nacionales de Antropología Biológica: Horizontes en Antropología Biológica. Asociación de Antropología Biológica Argentina.
- Murail P., Bruzek J., Hout F., Cunha E. (2005). DSP: a probabilistic sex diagnosis tool using worldwide variability in hip bone measurements. *Bull Mém Soc Anthropol Paris* 17: 167-176. <https://doi.org/10.4000/BMSAP.1157>
- Novotný V. (1986). Sex determination of the pelvic bone: a systems approach. *Anthropologie* XXIV(2-3): 197-206. <http://www.jstor.org/stable/26294933>.
- Obertová Z., Stewart A., Cattaneo C. (2020). Statistics and probability in forensic anthropology. London: Academic Press International. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03461-4>.
- Plischuk M., García Mancuso R., Garizoain G., Salceda S., Petrone S., Inda A.M., Desántolo B. (2020). El aporte de las colecciones osteológicas documentadas: líneas de investigación en la colección “Prof. Dr. Rómulo Lambre” (La Plata, Argentina). *Jangwa Pana* 19(1): 102-127. <https://doi.org/10.21676/16574923.3447>

- Rissech C., García M., Malgosa A. (2003). Sex and age diagnosis by ischium morphometric analysis. *Forensic Sci Int* 135(3): 188-196. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(03\)00215-9](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(03)00215-9)
- Rissech C., Wilson J., Winburn A.P., Turbón D., Steadman D. (2012). A comparison of three established age estimation methods on an adult Spanish sample. *Int J Legal Med* 126(1): 145-155. <https://doi.org/10.1007/s00414-011-0586-1>
- Rogers T. (2016). The lawyers guide to the forensic sciences. En: C. Pakosh (Ed.). *Forensic Anthropology*: 324-380. Irwin Law Inc.
- Salceda S.A., Desántolo B., Mancuso R.G., Plischuk M., Inda A.M. (2012). The 'Prof. Dr. Rómulo Lambre' Collection: an Argentinian sample of modern skeletons. *HOMO* 63(4): 275-281. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2012.04.002>
- San Millán M., Rissech C., Turbon D. (2013). A test of Suchey-Brooks (pubic symphysis) and Buckberry-Chamberlain methods on an identified Spanish sample. Paleodemographic implication. *J Archaeol Sci* 40: 1743-1751. <https://doi.org/10.1016/J.JAS.2012.11.021>
- Sanabria Medina M.C. (2008). *Antropología forense y la investigación médico legal de las muertes*. Bogotá D.C.: Editorial Rasgo y Color.
- Seidler H. (1980). Sex-diagnosis of isolated Os coxae by discriminant functions. *J Hum Evol* 9(8): 597-600. [https://doi.org/10.1016/0047-2484\(80\)90088-3](https://doi.org/10.1016/0047-2484(80)90088-3)
- Steyn M., İşcan M.Y. (2008). Metric sex determination from the pelvis in modern Greeks. *Forensic Sci Int* 179(1): 86.e1-6. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.04.022>
- Valsecchi A., Irurita J., Mesejo P. (2019). Age estimation in forensic anthropology: methodological considerations about the validation studies of prediction models. *Int J Legal Med* 133(6): 1915-1924. <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02064-7>
- Walker P.L. (2005). Greater sciatic notch morphology: sex, age, and population differences. *Am J Phys Anthropol* 127(4): 385-391. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10422>
- White T.D., Black M.T., Folkens P.A. (2012). *Human Osteology*. San Diego: Elsevier Academic Press.
- Yoldi A., Alemán I., Botella M. C. (2001). Funciones discriminantes del sexo a partir del ilion en una población mediterránea de sexo conocido. *Rev Esp Antropol Biol* 22: 23-38.