



Análisis de funciones discriminantes para la estimación sexual a partir de la primera (C1) y segunda (C2) vértebras cervicales en población mexicana contemporánea.

DISCRIMINANT FUNCTION ANALYSIS FOR SEX ESTIMATION FROM THE FIRST (C1) AND SECOND (C2) CERVICAL VERTEBRAE IN THE CONTEMPORARY MEXICAN POPULATION.

Menéndez Garmendía A¹; Sánchez-Mejorada G¹; García Barzola BL²; Gómez-Valdés JA³

1 Departamento de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, UNAM-C.U., Coyoacán, Ciudad de México 04510, México.

2 Coordinación General de Servicios Periciales de la Fiscalía General de la República, Río Consulado 715, Col. Sta. María Insurgentes, Delegación Cuauhtémoc, Ciudad de México, C.P. 06430, México.

3 Laboratorio de Bioarqueología, Posgrado en Antropología Física, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Periférico sur y Zapote s/n, Isidro Fabela,

RESUMEN: La estimación del sexo a partir de restos óseos es el paso más importante para que el perfil biológico logre una identificación exitosa de individuos desconocidos en la práctica de la antropología forense. Varios autores confirman la utilidad de las estructuras poscraneales para la estimación del sexo. Además, debido a la naturaleza del contexto forense, es necesario desarrollar metodologías utilizando diferentes huesos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue desarrollar funciones discriminantes para la estimación del sexo en la población mexicana contemporánea a partir de una muestra de 107 primeras vértebras cervicales y 92 segundas vértebras cervicales de la Colección-UNAM (UNAM-Colección). Adicionalmente, proponemos puntos de corte y porcentaje de clasificación sexual correcta a partir del análisis univariado. Obtuvimos dos funciones discriminantes para la primera vértebra cervical y dos para la segunda vértebra con un 80.8% a 84.1% de clasificación sexual correcta. Así como también, puntos de corte de la anchura máxima de las apófisis transversas en la primera cervical y a longitud sagital máxima de la segunda, los cuales mostraron alrededor de un 80% de clasificación sexual correcta. Con base en lo anterior, consideramos que nuestra propuesta puede ser de utilidad en el sexamiento, en contextos de la población mexicana contemporánea, donde se carecen de otras estructuras óseas, como los huesos de la pelvis, o cuando se trata con huesos fragmentados y/o mezclados.

PALABRAS CLAVE: ANTROPOLOGÍA FORENSE, OSTEOLOGÍA FORENSE, PRIMERA VÉRTEBRA CERVICAL, SEGUNDA VÉRTEBRA CERVICAL, ESTIMACIÓN DEL SEXO POSCRANEAL.

ABSTRACT: Sex estimation from skeletal remains is the most important step for the biological profile to achieve a successful identification of unknown individuals in forensic anthropology practice. Several authors confirm the usefulness of postcranial structures for sex estimation. Furthermore, because of the nature of the forensic context, it is necessary to develop methodologies using different bones. Therefore, the aim of the present study was to develop discriminant functions for sex estimation in the Mexican contemporary population from a sample of 107 first cervical vertebrae and 92 second cervical vertebrae of the *Colección-UNAM* (UNAM-Collection). We obtained two discriminant functions for each cervical vertebra with 80.8% to 84.1% of correct sex classification, and sectioning points of the maximum width of transverse processes for the first and the maximum sagittal length of the second cervical vertebrae with an accuracy about 80%. On that basis, we consider this proposal can be helpful in contexts lacking other bony structures, or with fragmented and/or commingled bones of the Mexican contemporary population.

KEY WORDS: FORENSIC ANTHROPOLOGY, FORENSIC OSTEOLOGY, FIRST CERVICAL, SECOND CERVICAL, POSTCRANIAL SEX ESTIMATION.

CONTACTO: Jorge A. Gómez-Valdés. Laboratorio de Bioarqueología, Posgrado en Antropología Física, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Periférico sur y Zapote s/n, Isidro Fabela, Tlalpan, Ciudad de México 14030, México. Phone number: (52)56663454 Ext. 411997 E-mail: jorge_gomez@inah.gob.mx

1. INTRODUCCIÓN.

En el campo antropológico forense, la estimación sexual representa el punto de partida para el establecimiento del perfil biológico a partir de restos óseos humanos (1-6). Dicha estimación sirve como base para el desarrollo de procedimientos de análisis de los demás parámetros del perfil biológico (edad, estatura y ancestría); que en su conjunto son integrados para lograr la identificación humana.

Para la estimación sexual, se han utilizado los elementos óseos que presentan mayor grado de dimorfismo, como la pelvis (7-11) y el cráneo (12-22).

No obstante, la estimación sexual se ha convertido en un desafío de manera global en los contextos complejos; como por ejemplo, los desastres en masa o las explosiones de alta intensidad, que implican el análisis de miembros corporales y/o restos óseos aislados (23). Así mismo, en el caso específico de México, relacionado con los contextos de violencia, las estrategias como la decapitación y el desmembramiento obligan al análisis de segmentos corporales aislados. Durán y colaboradores (24) han observado diversas técnicas para ocultar los cuerpos que van desde aniquilar, quemar, calcinar, incinerar, carbonizar, segmentar, disolver en ácido y depositar en fosas clandestinas. Por lo tanto, de manera general podemos encontrar contextos con reducción cadavérica, así como huesos aislados y/o mezclados, que muchas veces requieren de metodologías alternativas a las convencionalmente utilizadas para el análisis esquelético y posterior identificación humana.

Con base en lo anteriormente planteado, diversos autores han analizado y verificado la eficiencia del análisis métrico de estructuras óseas del esqueleto postcraneal que presentan altas tasas de precisión -----(2533). En cuanto a los elementos óseos de la columna vertebral, las investigaciones previas, de manera general, sugieren porcentajes del 80% al 95% de clasificación sexual correcta tras realizar el análisis de funciones discriminantes en diversos grupos humanos. Pero, específicamente la primera y segunda vértebras cervicales han sido ampliamente utilizados para la estimación sexual con alto porcentaje de clasificación correcta; con valores casi con la misma precisión de la que se puede observar al estudiar elementos óseos como los de la pelvis o el cráneo -----(3441).

En el caso de México, se han desarrollado propuestas para estimar el sexo, a partir diferentes huesos postcraneales, como: clavícula, húmero, fémur, metacarpos, entre otros -----(33,4255). Sin embargo, hasta el momento, no existen estudios que involucren a la primera y segunda vértebras cervicales para la estimación sexual de restos óseos

pertenecientes a la población mexicana contemporánea.

Cabe mencionar, que diversas investigaciones sostienen que los elementos de la columna vertebral, presentan tasas aceptables de preservación y recuperación en campo -----(5658). Aunado a esto, podemos considerar que las vértebras cervicales poseen características en su morfología que las diferencia de otros elementos óseos y las vuelve de fácil reconocimiento -(57,59); sobre todo las dos primeras vértebras cervicales.

Por lo anterior, partiendo de las propuestas de Marino (36), Wescott (37), Marlow and Pastor (38) y Sanabria y colaboradores (39), el objetivo del presente trabajo es desarrollar funciones discriminantes para estimar el sexo con las dos primeras vértebras cervicales (C1 y C2). Así mismo, debido a la aplicación de puntos de corte para predecir el sexo a partir de variables individuales, también en este trabajo, con base en la clasificación del promedio de los valores de tendencia central del sexo femenino y masculino, reportamos los porcentajes de clasificación sexual correcta a partir de criterios univariados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Para este trabajo se analizaron un total de 107 primeras vértebras cervicales (37.4% femeninas and 62.6% masculinas) y 92 segundas vértebras cervicales (39.1% femeninas y 60.8% masculinas) de sujetos esqueléticos que forman parte de la población mexicana contemporánea y que se encuentran albergados en el Laboratorio de Antropología Física de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La muestra de estudio comprende sujetos con edades entre 19 y 89 años, siendo 52.8 la media femenina y la masculina de 46.6 años de edad al momento de la muerte. Con el propósito de evitar fuentes de error, en este trabajo se excluyeron del estudio las vértebras con malformaciones, fracturas o cualquier deterioro de la forma relacionada con el proceso de esquelización.

Los esqueletos corresponden a sujetos que pertenecen a la población mexicana contemporánea (1990-2010), mismos que fueron recolectados después de las prácticas de disección anatómica realizadas por estudiantes de la Facultad de Medicina de la UNAM. La presente investigación se realizó siguiendo las normas establecidas en los Artículos 4 y 5 del Capítulo Tercero del Reglamento de Seguridad y Coordinación de la Investigación en Salud de la Legislación de la Universidad Nacional Autónoma de México (www.abogadogeneral.unam.mx/legislacion). Estas regulaciones especifican los procedimientos legales para la investigación científica de cadáveres humanos, incluida su

obtención, conservación, uso y el destino final de órganos y tejidos.

Las medidas osteométricas se realizaron con un calibre digital *Mitutoyo Absolute Digimatic*. De la primera vértebra cervical (C1) se adquirieron once medidas; de las cuales ocho corresponden a las propuestas por Marino (1995) y las tres restantes se midieron de acuerdo a Sanabria y colaboradores (2011). En el caso de la segunda vértebra cervical (C2) se obtuvieron ocho medidas bajo los criterios de Wescott (37) y Marlow y Pastor (38) (Tabla 1 y Figura 1). Todas las medidas fueron realizadas por una sola persona (LGB para el caso de C1 y AMG para C2).

El Error Técnico de Medida (ETM) intraobservador se estimó en una submuestra de treinta individuos; dicho análisis, permite evaluar la cantidad de variación en las medidas que puede ser atribuida al error de observación(60).

El procedimiento estadístico incluyó la obtención de

parámetros descriptivos (mínimo, máximo, media y desviación estándar) y el contraste de la distribución normal mediante la prueba *Shapiro-Wilk*. Posteriormente se verificaron las diferencias significativas entre las medidas de cada sexo con la prueba t-student para muestras independientes. Se realizó el análisis discriminante considerando la totalidad de las medidas, como por medio del método de inclusión por pasos; esto último, con la finalidad de obtener las funciones que son más discriminantes dependiendo la combinación de variables. Finalmente, en cada variable que demostrara diferencias estadísticamente significativas se estimó el punto de corte o valor centroide (promedio de las medias de cada sexo) y se calculó el porcentaje de clasificación sexual correcta. En este trabajo se reportan tanto las funciones discriminantes como los valores centroides que poseen una probabilidad a priori de clasificar alrededor del 80% correctamente a los sexos. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS® v.21.

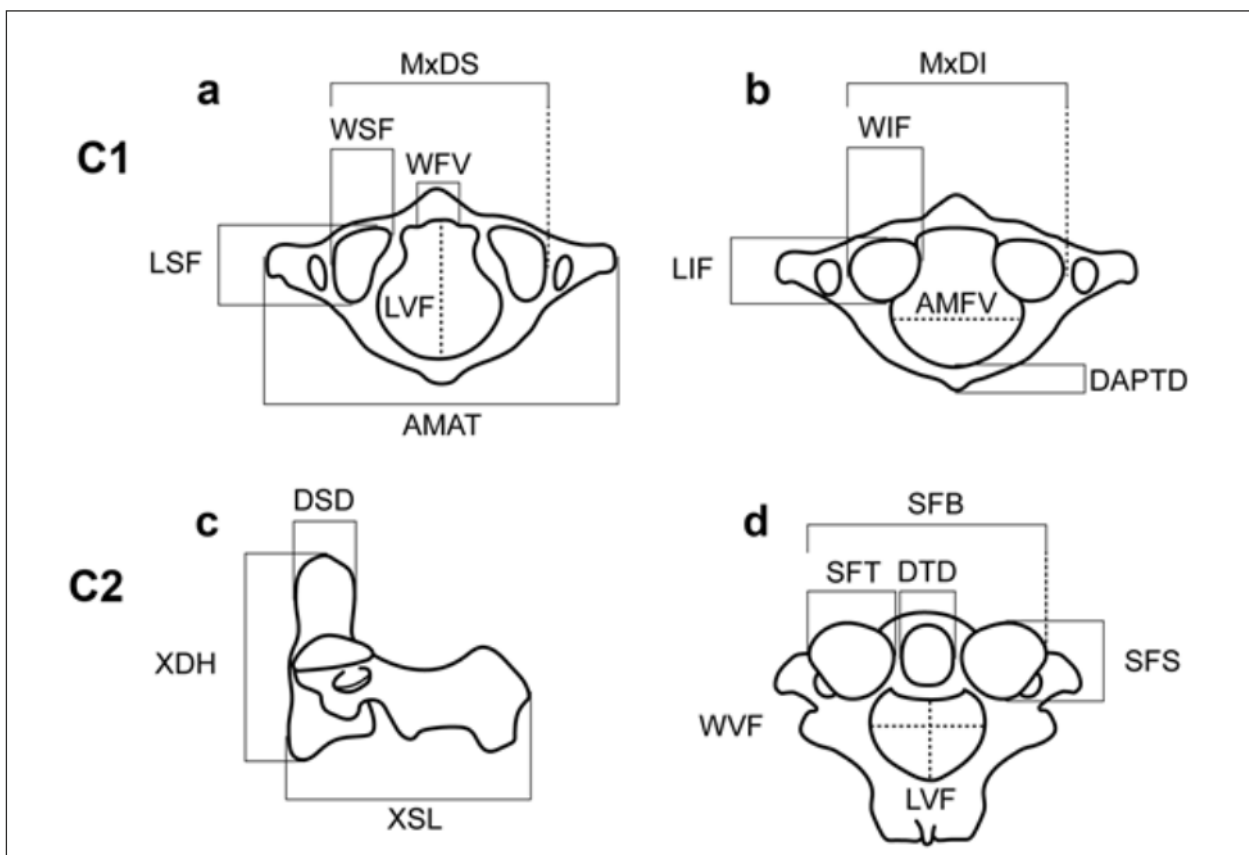


Figura 1. Medidas de la primera (C1) y segunda (C2) vértebras cervicales: (a) superior, (b) inferior, (c) lateral y (d) superior (36-39).

Tabla 1. Medidas de la primera (C1) y segunda (C2) vértebras cervicales.

Medida	Código	Definición
Primera vértebra cervical (C1)		
Longitud máxima de la faceta superior (derecha)	LSF	Longitud máxima medida desde los bordes distal/proximal de la faceta (36)
Anchura máxima de la faceta superior (derecha)	WSF	Anchura máxima medida desde los bordes medial/lateral de la faceta (36)
Longitud máxima de la faceta inferior (derecha)	LIF	Longitud máxima medida desde los bordes distal/proximal de la faceta (36)
Anchura máxima de la faceta inferior (derecha)	WIF	Anchura máxima medida desde los bordes medial/lateral de la faceta (36)
Distancia máxima entre los bordes laterales de las facetas superiores	MxDS	Distancia máxima entre los bordes laterales de las facetas superiores (36)
Distancia máxima entre los bordes laterales de las facetas inferiores	MxDI	Distancia máxima entre los bordes laterales de las facetas inferiores (36)
Longitud máxima del foramen vertebral	LVF	Longitud máxima medida desde la <i>fovea dentis</i> (anterior) hasta el arco posterior (36)
Anchura máxima del foramen vertebral	AMFV	Anchura máxima del foramen vertebral (derecha a izquierda) (39)
Anchura máxima de la fovea	WFV	Anchura máxima medida a lo largo del eje de la fovea (derecha a izquierda) (36)
Anchura máxima de los procesos transversos	AMAT	Anchura máxima desde los puntos más distales de las apófisis transversas (39)
Diámetro anteroposterior del tubérculo dorsal	DAPTD	Diámetro anteroposterior máximo del tubérculo dorsal (39)
Segunda vértebra cervical (C2)		
Longitud sagital máxima	XSL	Longitud sagital de la vértebra del punto más anterior del cuerpo hasta el borde posterior del proceso espinoso (37)
Altura máxima del proceso odontoides	XDH	La altura desde el punto del borde más inferior del borde anterior del cuerpo al punto más superior del proceso odontoides (37)
Diámetro sagital del proceso odontoides	DSD	El diámetro sagital máximo (anteroposterior) del proceso odontoides (37)
Diámetro transversal del proceso odontoides	DTD	El diámetro del proceso odontoides medido perpendicular al diámetro sagital (37)
Longitud del foramen vertebral	LVF	La longitud interna del foramen vertebral medido en el borde inferior del foramen en el plano medio (37)
Anchura del foramen vertebral	WVF	La anchura interna máxima del foramen vertebral, dondequiera que ocurra, medido perpendicular al plano medio (38)
Anchura máxima de las facetas superiores	SFB	La anchura máxima entre las facetas articulares superiores medidas desde los bordes más laterales de ambas facetas

3. RESULTADOS.

El porcentaje máximo de Error Técnico de Medida (ETM) obtenido fue de 2.87% para la variable diámetro anteroposterior del tubérculo dorsal (DAPTD) y el mínimo de 0.25% en la anchura máxima del foramen vertebral (AMFV) de la primera vértebra cervical (C1). Respecto a la segunda

vértebra cervical (C2) la longitud del foramen vertebral (LVF) presentó un valor máximo de error con un 1.51% y el menor en la anchura máxima de las facetas superiores (SFB) con 0.09%. Como se puede apreciar, un porcentaje bajo de la variación de las mediciones puede ser atribuido al error de medida (Tabla 2).

Tabla 2. Error Técnico de Medida (ETM) en las vértebras C1 y C2.

Medida	Código	ETM	% ETM
Longitud máxima de la faceta superior (derecha)	LSF	0.25	1.20
Anchura máxima de la faceta superior (derecha)	WSF	0.27	2.34
Longitud máxima de la faceta inferior (derecha)	LIF	0.32	1.82
Anchura máxima de la faceta inferior (derecha)	WIF	0.28	1.81
Distancia máxima entre los bordes laterales de las facetas superiores	MxDS	0.26	0.55
Distancia máxima entre los bordes laterales de las facetas inferiores	MxDI	0.19	0.42
Longitud máxima del foramen vertebral	LVF	0.21	0.71
Anchura máxima del foramen vertebral	AMFV	0.16	0.57
Máxima anchura del proceso odontoides	WFV	0.26	2.77
Anchura máxima de las apófisis transversas	AMAT	0.19	0.25
Diámetro anteroposterior del tubérculo dorsal	DAPTD	0.21	2.87
Longitud sagital máxima	XSL	0.16	0.32
Altura máxima del proceso odontoides	XDH	0.15	0.42
Diámetro sagital del proceso odontoides	DSD	0.08	0.72
Diámetro transversal del proceso odontoides	DTD	0.07	0.74
Longitud del foramen vertebral	LVF	0.23	1.51
Anchura del foramen vertebral	WVF	0.10	0.43
Anchura máxima de las facetas superiores	SFB	0.04	0.09
Diámetro sagital de la faceta superior	SFS	0.18	1.05
Diámetro transversal de la faceta superior	SFT	0.17	0.99

El Error Técnico de Medida (ETM) puede ser interpretado como la variación en cantidad de las medidas que puede ser atribuida al error de medición (Knapp, 1992). Basado en nuestros resultados, puede ser considerado medio milímetro como el error máximo permitido para las medidas de las vértebras cervicales. En este trabajo, los porcentajes de error no exceden el 5%.

Los resultados estadístico descriptivos de las mediciones de las dos primeras vértebras cervicales permitieron apreciar que los promedios de los sujetos masculinos, en general, son mayores que los femeninos; siendo la anchura máxima de las apófisis transversas (AMAT) de la primera vértebra (C1) y la longitud sagital máxima (XSL) de la segunda (C2) las variables con mayores diferencias entre sexos. Contrario a lo anterior, la longitud del foramen vertebral (LVF) de C2 presenta

valores ligeramente mayores en el sexo femenino. Mientras que la anchura máxima de la fovea (WFV) del atlas, al igual que los diámetros sagital (DSD) y transversal del proceso odontoides (DTD) de la C1, muestran valores promedio semejantes entre sexos (Tabla 3). Todos los análisis de las variables muestran una distribución normal de acuerdo a la prueba de Shapiro-Wilks (resultados no mostrados aquí).

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de las dos primeras vértebras cervicales C1 y C2 en una muestra de la población mexicana contemporánea

	N	Media	Femenino			N	Media	Masculino		
			DE	Min	Max			DE	Min	Max
Primera cervical (C1)										
LSF	34	20.73	1.78	17.60	24.36	62	21.79	2.20	17.34	26.25
WSF	34	10.18	1.04	8.57	12.58	62	11.10	1.34	8.55	14.36
LIF	34	16.49	1.53	13.83	19.52	62	17.39	1.46	14.24	20.18
WIF	34	14.21	0.86	11.55	15.64	62	15.62	0.93	13.90	18.42
MxDS	34	45.12	3.01	36.51	51.99	62	47.76	2.60	41.25	52.27
MxDI	34	42.92	2.54	37.87	50.18	62	45.69	2.17	40.34	50.51
LVF	34	28.11	2.38	24.29	33.92	62	29.60	2.15	22.13	35.03
WFV	34	9.04	1.13	6.25	12.03	62	9.32	1.06	7.19	12.79
AMFV	34	26.67	2.19	22.99	31.64	62	28.04	2.40	24.05	35.06
AMAT	34	71.01	4.20	61.47	80.91	62	77.30	4.33	67.03	90.37
DAPTD	34	6.58	1.91	3.08	10.13	62	7.70	2.18	3.81	13.13
Segunda cervical (C2)										
XSL	36	45.36	2.39	40.68	49.54	56	49.85	2.47	43.61	55.09
XHD	36	34.13	2.56	29.86	41.58	56	36.76	2.22	31.62	42.30
DSD	36	10.13	0.74	8.29	11.65	56	10.57	0.74	9.19	12.35
DTD	36	9.80	0.77	8.22	11.71	56	9.98	0.60	8.41	11.72
LVF	36	15.40	1.37	12.74	18.31	56	15.30	1.26	12.60	18.27
WVF	36	21.54	1.36	19.26	24.44	56	22.56	1.53	19.13	26.56
SFB	36	42.80	1.85	37.66	45.88	56	45.59	1.93	41.95	49.87
SFS	36	16.59	1.34	13.68	19.39	56	17.77	1.56	10.89	20.60
SFT	36	15.77	2.84	12.22	30.71	56	17.11	1.20	14.87	20.13

ANÁLISIS DE FUNCIONES DISCRIMINANTES PARA LA ESTIMACIÓN SEXUAL A PARTIR DE LA PRIMERA (C1) Y SEGUNDA (C2) VÉRTEBRAS CERVICALES EN POBLACIÓN MEXICANA CONTEMPORÁNEA.

La prueba t-student para muestras independientes, permitió contrastar que prácticamente todas las medidas, de ambas vértebras cervicales, fueron significativamente diferentes

entre sexos ($p < 0.01$), excepto la anchura de la fóvea (WVF), el diámetro transverso del proceso odontoides (DTD) y la longitud del foramen vertebral (LVF) (Tabla 4).

Tabla 4. Pruebas estadísticas de comparación de medias entre sexos y clasificación.

	F-Leven	Sig.	t-student	gl	Sig.	F - M	Punto de corte	Clasificación		
								% Femenino	% Masculino	% Total
Primera cervical (C1)										
LSF	3.622	0.06	-2.404	94	0.02 *	-1.1	21.3	59%	56%	58%
WSF	1.931	0.17	-3.461	94	0.00 **	-0.9	10.6	65%	60%	62%
LIF	0.001	0.97	-2.864	94	0.01 **	-0.9	16.9	62%	58%	60%
WIF	0.542	0.46	-7.269	94	0.00 **	-1.4	14.9	76%	77%	77%
MxDS	0.262	0.61	-4.507	94	0.00 **	-2.6	46.4	65%	71%	68%
MxDI	0.534	0.47	-5.617	94	0.00 **	-2.8	44.3	71%	76%	73%
LVF	1.289	0.26	-3.125	94	0.00 **	-1.5	28.9	59%	71%	65%
WVF	0.036	0.85	-1.187	94	0.24	-0.3	9.2	59%	48%	54%
AMFV	0.588	0.45	-2.758	94	0.01 **	-1.4	27.4	71%	53%	62%
AMAT	0.006	0.94	-6.867	94	0.00 **	-6.3	74.2	76%	82%	79%
DAPTD	2.405	0.12	-2.528	94	0.01 *	-1.1	7.1	62%	52%	57%
Segunda cervical (C2)										
XSL	0.012	0.91	-8.609	90	0.00 **	-4.5	47.6	78%	82%	80%
XHD	0.417	0.52	-5.213	90	0.00 **	-2.6	35.4	75%	70%	72%
DSD	0.071	0.79	-2.782	90	0.01 **	-0.4	10.4	61%	57%	59%
DTD	3.151	0.08	-1.267	90	0.21	-0.2	9.9	56%	57%	56%
LVF	0.115	0.74	0.37	90	0.71	0.1	15.4	47%	46%	47%
WVF	0.62	0.43	-3.232	90	0.00 **	-1.0	22.0	67%	66%	66%
SFB	0.513	0.48	-6.863	90	0.00 **	-2.8	44.2	75%	73%	74%
SFS	0.003	0.96	-3.735	90	0.00 **	-1.2	17.2	69%	70%	70%
SFT	1.747	0.19	-3.107	90	0.00 **	-1.3	16.4	75%	68%	71%

Prueba t-student para muestras independientes (dos colas) para la comparación de la igualdad de medias entre sexos. * diferencias significativas $p < 0,05$ y ** altamente significativas $p < 0.01$.

Se obtuvieron dos funciones discriminantes para cada vértebra, la primera utilizando la totalidad de las medidas y en la segunda se implementó el método de inclusión por pasos. En la Tabla 5 se muestran los resultados del análisis de funciones discriminantes, en donde se puede apreciar que para la primera vértebra cervical (C1) la primera función discriminante (F1) con las once mediciones, arroja un resultado de clasificación sexual correcta por validación cruzada del 83.8% para ambos sexos, mientras que la segunda función discriminante (F2), obtenida por el método de inclusión por pasos, considerando la anchura máxima de la faceta inferior (WIF) y la anchura máxima de las apófisis transversas (AMAT) presenta un porcentaje de clasificación correcta del 80.8%. Por otra parte, los resultados de las funciones discriminantes para la segunda vértebra cervical (C2), muestran que en la primera función discriminante (F1) se obtuvo un resultado de clasificación correcta en la validación cruzada del 83.6%; mientras que con la segunda función discriminante (F2) utilizando dos mediciones, se alcanzó el

84.1%, al incluir la longitud sagital máxima (XSL) y la anchura máxima de las facetas superiores (SFB) a través del método de inclusión por pasos (Tabla 5).

Adicionalmente, en la Tabla 4 se pueden observar los puntos de corte y porcentaje de clasificación correcta para un total de once medidas de la primera (C1) y nueve de la segunda (C2) vértebras cervicales. Dichos puntos de corte, pueden ser utilizados de manera orientativa para la estimación sexual con cierta confiabilidad (57% al 80% de clasificación correcta *a priori*) cuando se trata de fragmentos óseos. Específicamente la anchura máxima de las apófisis transversas (AMAT) en C1 y la longitud sagital máxima de la C2 (XSL) presentan valores respectivamente del 79% y 80% de clasificación sexual correcta, lo cual puede considerarse un porcentaje considerablemente aceptable como criterio orientativo para estimar el sexo en restos óseos humanos en condición de reducción cadavérica.

Tabla 5. Funciones discriminantes para las vértebras cervicales C1 y C2 en población mexicana contemporánea

Primera cervical (C1)			Segunda cervical (C2)		
Variable	F1	F2	Variable	F1	F2
LSF	-0.013		XSL	0.891	0.741
WSF	0.159		XHD	0.013	
LIF	-0.128		DSD	-0.026	
WIF	0.523	0.637	DTD	-0.249	
MxDS	-0.091		LVF	-0.263	
MxDI	0.175		WVF	-0.124	
LVF	0.141		SFB	0.373	0.558
WFV	0.023		SFS	0.232	
AMFV	-0.140		SFT	0.188	
AMAT	0.528	0.558			
DAPTD	0.375				
Centroide Femenino	50	49	Centroide Femenino	54	54
Centroide masculino	55	53	Centroide masculino	60	59
Punto de corte	53	51	Punto de corte	57	57
Lambda de Wilks	0.53	0.57	Lambda de Wilks	0.42	0.49
% Femenino	88.2	82.4	% Femenino	88.9	86.1
% Masculino	87.1	82.3	% Masculino	89.3	83.9
% Total	87.7	82.3	% Total	89.1	85.0
% Femenino Validación-Cruzada	85.3	79.4	% Femenino Validación-Cruzada	83.3	86.1
% Masculino Validación-Cruzada	82.3	82.3	% Masculino Validación-Cruzada	83.9	82.1
% Total Validación -Cruzada	83.8	80.8	% Total Validación-Cruzada	83.6	84.1

Se muestran las puntuaciones de la función discriminante, el lambda de Wilks, el punto de corte y el porcentaje de casos agrupados con validación cruzada clasificados correctamente para cada vértebra. Cuando el valor Y calculado es menor que el punto de corte, el individuo se clasifica como mujer; de lo contrario, como hombre. La Función 2 proporciona la mejor combinación de variables (paso a paso) que clasifica correctamente sobre el 80%. A continuación se muestra un ejemplo del uso adecuado en que se deben aplicar las funciones discriminantes: $Y = \text{puntuación } X (X_n) + \text{puntuación } Y (Y_n)$. Donde el puntaje discriminante es el valor dado en cada variable para cada función, en el caso de la F2 de la primera cervical (C1), $WIF=0.637$ mientras que $AMAT=0.558$. X_n corresponde a la medida del Ancho Máximo de la faceta superior (derecha) ($WIF = 13$) e Y_n al Ancho Máximo del agujero vertebral ($AMAT = 64$). Así: $Y = 0.637 (13) + 0.558 (64) = 43.99$. Debido a que el resultado fue inferior al punto de corte (51) el individuo se clasifica como femenino.

4. DISCUSIÓN.

Nuestros resultados corresponden a los reportados por otros autores que han analizado elementos vertebrales para estimar el sexo. Observando que dichos elementos son más grandes en los sujetos masculinos que en los femeninos, sugiriendo la presencia de dimorfismo sexual (23,34-40,56,57,59,61-73).

De la misma forma, a partir de las medidas tomadas en la primera (C1) y segunda (C2) vértebras cervicales, en la presente investigación se han encontrado diferencias significativas entre sexos, que permitieron formular funciones discriminantes con porcentajes de clasificación correcta de entre 80.8% y 83.8% para C1 y de 83.6% a 84.1% para C2.

En el caso de Latinoamérica, Sanabria y colaboradores (39) propusieron funciones discriminantes analizando la primera vértebra cervical y, en fechas recientes, Vargas y colaboradores (74) realizaron una prueba de dicha propuesta en población colombiana de la época contemporánea;

obteniendo que, los resultados concuerdan en ambos estudios al observar diferencias entre sexos en el parámetro de la anchura máxima del proceso transversal (AMAT).

En este trabajo, propusimos una función discriminante (F1) en la que se utilizan la mayor cantidad de mediciones de cada elemento óseo, y como alternativa, presentamos una segunda función (F2) que fue obtenida con el método de inclusión por pasos y se requiere menor cantidad de medidas, aunque la potencia de la función pueda disminuir. Adicionalmente, se calcularon los puntos de corte para las medidas univariadas, lo cual puede ser de especial utilidad para los casos críticos en los que las vértebras se encuentren fragmentadas o incompletas.

Algunos autores consideran que la estimación sexual correcta aumenta con el uso de mayor cantidad de medidas (57). No obstante, concordamos con lo que sugiere Wescott (37), ya que observamos que con la función discriminante basada en el método de inclusión por pasos de la segunda vértebra cervical (C2) que utiliza exclusivamente las variables longitud sagital máxima (XSL) y la anchura máxima de las facetas superiores (SFB) puede obtenerse un porcentaje de clasificación sexual correcta mayor que con base en la totalidad de las variables. De la misma forma, coincidimos con Wescott(37) y Marlow y Pastor(38) respecto a que las dos variables más dimórficas en nuestra muestra resultaron ser la longitud sagital máxima (XSL) y el diámetro sagital de la faceta superior (SFS). Lo anterior, también se ha observado al analizar otras vértebras, por ejemplo torácicas y lumbares, en donde la longitud máxima vertebral representa la medida con mayores diferencias entre sexos(34); lo cual sugiere, que el tamaño total de dichas estructuras representa uno de los principales componentes del dimorfismo sexual.

En este trabajo, hemos observado que entre los sexos se tienen valores similares en la longitud del foramen vertebral (LVF) de la segunda vértebra cervical (C2); lo cual se concuerda con lo reportado por Gama y colaboradores(40) y también con lo sostenido por Wescott (37), los cuales mencionan que LVF suma muy poco a la habilidad discriminante de la C2, aparte de que exhibe moderadamente un mayor porcentaje de error en las mediciones. Ramadan y colaboradores (69) tampoco encontraron diferencias significativas con esa variable, utilizando la primera vértebra lumbar (L1), y Padovan y colaboradores (56) lo han corroborado con la C1. No obstante, Marlow y Pastor (38) encontraron que LVF si era significativamente diferente entre sexos, aunque no la que presentaba mayor dimorfismo sexual, lo cual puede deberse a que la muestra con la que trabajaron pertenece al siglo XVIII y XIX (diferentes patrones de dimorfismo sexual entre poblaciones). Mientras que Kaeswaren y Hackman -(59) al evaluar desde la segunda (C2) a la séptima (C7) vértebras cervicales, menciona que sólo la segunda vértebra presenta

dimorfismo sexual, sin embargo, siguen existiendo medidas con mayor variación entre sexos (como las alturas). De igual manera, en el estudio hecho por Rühli y colaboradores (75) observaron que las anchuras del foramen vertebral no muestran diferencias significativas, además de que los sujetos del sexo femenino presentan, relativamente, valores promedio mayores con respecto a los sujetos del sexo masculino.

En términos generales, en el análisis esquelético realizado para la obtención del perfil biológico en antropología forense y bioarqueología, la precisión en la estimación sexual de restos óseos depende del elemento que se recupere y de su estado de preservación (76). En este sentido, las vértebras cervicales presentan una capa cortical densa y fuerte, y por dentro hueso esponjoso (siendo mínimas las áreas expuestas); lo cual, ayuda a mantener la integridad estructural que sufre a través de los diversos procesos tafonómicos -(23,57,59). Un ejemplo de lo anterior, es el de Blau y Briggs(77) en donde mencionan que en contextos de incendios, las vértebras junto con otros elementos, generalmente se conservan.

5. CONCLUSIONES.

En nuestro trabajo, se ha observado que la primera (C1) y segunda (C2) vértebras cervicales son de utilidad para clasificar el sexo de forma correcta, casi con el mismo nivel de precisión que otras estructuras óseas que se utilizan comúnmente. Los resultados de esta investigación concuerdan con los de otras obteniendo valores entre el 80.8% a 84.1% de clasificación sexual correcta. Esta propuesta es una buena posibilidad para ser utilizada en contextos forenses y bioarqueológicos, en el caso de no contar con algún otro elemento óseo. Ya que con una sola vértebra podemos estimar el sexo de las personas no identificadas.

Es importante tomar en cuenta que muchas veces los restos se encuentran desarticulados, dispersos, mezclados o dañados. En consecuencia, se deben considerar la realización de estándares para analizar diversos elementos óseos que permitan tener una amplia gama de métodos para la estimación sexual -(38,40,41,62,73).

Adicionalmente, el análisis de los puntos de corte obtenidos a partir de variables individuales de las dos primeras vértebras cervicales en la población mexicana mostró que pueden ser utilizados de manera orientativa para la estimación sexual con cierta confiabilidad cuando se trata de fragmentos óseos.

Un aspecto no trivial a tener en consideración, contempla que los rasgos que pueden ser muy dimórficos en una población pueden ser menos acentuados en otra. Por ende, siempre es importante y necesario reevaluar el valor diagnóstico de los rasgos sexualmente dimórficos cuando se usan en otra población –(23,59); como lo menciona Gama (40), las diferencias en el poder discriminatorio de las medidas podría ser explicadas por la variabilidad interpoblacional.

Por último, consideramos, que cualquier esfuerzo por mejorar la clasificación sexual con diversos elementos óseos puede ayudar a mejorar los procesos de identificación humana en contextos complejos –(66).

7. BIBLIOGRAFÍA.

1. BASS WM. Human osteology: a laboratory and field manual. 5th editio. Missouri Archaeological Society; Lab Manual edition; 2005. 327 p.
2. BRUZEK J, FRANCISCUS R, NOVOTNY V, TRINKAUS E. The Assessment of Sex. In: Trinkaus E, Svoboda J, editors. Early Modern Human Evolution in Central Europe The People of Dolni Vestonice and Pavlov. 1st ed. New York, USA: Oxford University Press; 2006. p. 46–62.
3. HERNÁNDEZ P, LAGUNAS Z. Manual de osteología [Internet]. 3rd ed. Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia - ENAH; 2015. 228 p. Available from: <https://www.enah.edu.mx/publicaciones/detalle.php?ID=61>
4. KLALES A. Sex Estimation of the Human Skeleton. 1st ed. Academic Press Elsevier; 2020. 424 p.
5. UBELAKER D. Human skeletal remains. Excavation, analysis, interpretation. 2d. Ed. Washington, D.C.: Taraxacum; 1984. 172 p.
6. WHITE T, FOLKENS P. The Human Bone Manual. The Human Bone Manual. 2005.
7. GÓMEZ-VALDÉS JA, TORRES G, BAEZ S, HERRENA P, LUIS CJ, SÁNCHEZ-MEJORADA G. Discriminant function analysis for sex assessment in pelvic girdle bones: Sample from the contemporary mexican population. J Forensic Sci. 2011;56(2):297–301.
8. KLALES AR, OUSLEY SD, VOLLNER JM. A revised method of sexing the human innominate using Phenice's nonmetric traits and statistical methods. Am J Phys Anthropol. 2012;149(1):104–14.
9. LOTH SR, HENNEBERG M. Mandibular ramus flexure: A new morphologic indicator of sexual dimorphism in the human skeleton. Am J Phys Anthropol [Internet]. 1996 Mar;99(3):473–85. Available from: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199603\)99:3<473::AID-AJPA8%3E3.0.CO;2-X](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1096-8644(199603)99:3<473::AID-AJPA8%3E3.0.CO;2-X)
10. MURAIL P, BRUZEK J, HOUËT F, CUNHA E. DSP: A tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurements. Bull Mémoires la Société d'Anthropologie Paris [Internet]. 2005;17(3–4):167–76. Available from: <http://bmsap.revues.org/1157>
11. PATRIQUIN ML, STEYN M, LOTH SR. Metric assessment of race from the pelvis in South Africans. Forensic Sci Int. 2002 Jun;127(1–2):104–13.
12. BERTSOTOS A, CHOVALOPOULOU M-E, BRŮŽEK J, BEJDOVÁ Š. Advanced procedures for skull sex estimation using sexually dimorphic morphometric features. Int J Legal Med. 2020 Sep;134(5):1927–37.
13. CELBIS O, ISCAN MY, SOYSAL Z, CAGDIR S. Sexual diagnosis of the glabellar region. Leg Med. 2001 Sep;3(3):162–70.
14. TOY S, SECGIN Y, ONER Z, TURAN MK, ONER S, SENOL D. A study on sex estimation by using machine learning algorithms with parameters obtained from computerized tomography images of the cranium. Sci Rep. 2022 Mar;12(1):4278.
15. DE PAIVA LAS, SEGRE M. Sexing the human skull through the mastoid process. Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo. 2003;58(1):15–20.
16. GRAW M, CZARNETZKI A, HAFFNER H-T. The form of the supraorbital margin as a criterion in identification of sex from the skull: Investigations based on modern human skulls. Am J Phys Anthropol [Internet]. 1999 Jan;108(1):91–6. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/%28SICI%291096-8644%28199901%29108%3A1%3C91%3A%3AAID-AJPA5%3E3.0.CO%3B2-X>
17. ISAZA J. La Antropología Física y el diagnóstico del sexo en el esqueleto a partir del cráneo: métodos actuales y futuras perspectivas. Boletín Antropol. 2015;30(50):95–126.
18. NORÉN A, LYNNERUP N, CZARNETZKI A, GRAW M. Lateral angle: a method for sexing using the petrous bone. Am J Phys Anthropol. 2005 Oct;128(2):318–23.
19. WAHL J, GRAW M. Metric sex differentiation of the pars petrosa ossis temporalis. Int J Legal Med. 2001;114(4–5):215–23.
20. WALKER PL. Sexing skulls using discriminant function analysis of visually assessed traits. Am J Phys Anthropol [Internet]. 2008 May;136(1):39–50. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/ajpa.20776>
21. ZAVANDO DA, SUAZO GALDAMES IC, SMITH RL. Sexual Dimorphism Determination from the Lineal Dimensions of Skulls. Int J Morphol [Internet]. 2009 Mar;27(1):133–7. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022009000100024&lng=en&nrm=iso&tlng=en
22. TONEVA D, NIKOLOVA S, AGRE G, ZLATAREVA D, HADJIDEKOV V, LAZAROV N. Machine learning approaches for sex estimation using cranial measurements. Int J Legal Med [Internet]. 2021 May

- 11;135(3):951-66. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s00414-020-02460-4>
23. BADR EL DINE FMM, EL SHAFEI MM. Sex determination using anthropometric measurements from multi-slice computed tomography of the 12th thoracic and the first lumbar vertebrae among adult Egyptians. *Egypt J Forensic Sci* [Internet]. 2015 Sep;5(3):82-9. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2090536X14000495>
24. DURÁN M, REYNA Y, OLIVO DEL OLMO O, DOMÍNGUEZ M. Protocolo de Antropologías Forense en México. In: Quinto-Sánchez M, Gómez-Valdés JA, editors. *Avances en Antropología Forense*. 1st ed. CDMX, México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2022. p.10-24.
25. BOLDSSEN JL, MILNER GR, BOLDSSEN SK. Sex estimation from modern American humeri and femora, accounting for sample variance structure. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 2015 Dec;158(4):745-50. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajpa.22812>
26. LEOPOLD D, VOLLMÜLLER J, NOVOTNY V. Recent developments of sex determination using various skeletal sections. *Beitr Gerichthl Med*. 1990;48:31-6.
27. MACALUSO PJJ. The efficacy of sternal measurements for sex estimation in South African blacks. *Forensic Sci Int*. 2010 Oct;202(1-3):111.e1-7.
28. MILNER GR, BOLDSSEN JL. Humeral and femoral head diameters in recent white american skeletons. *J Forensic Sci*. 2012;57(1):35-40.
29. SPRADLEY MK, JANTZ RL. Sex estimation in forensic anthropology: Skull versus postcranial elements. *J Forensic Sci*. 2011;56(2):289-96.
30. MOORE MK, DIGANGI EA, NIÑO RUÍZ FP, HIDALGO DAVILA OJ, SANABRIA MEDINA C. Metric sex estimation from the postcranial skeleton for the Colombian population. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2016 May;262:286.e1-286.e8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073816300408>
31. MACHADO D, GARCEL F, PÉPEZ V. Determinación del sexo a partir del fémur mediante funciones discriminantes, en cubanos de ascendencia hispanica. *Rev Int Antropol y Odontol Forense*. 2021;4(3):6-14.
32. ZAPICO SC, ADSERIAS-GARRIGA J. Estimation of sex based on postcranial elements in European American and Latin American populations. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2021 Jan;77:102098. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1752928X20302055>
33. ZAMORA AC, MENÉNDEZ A, RUIZ F, SÁNCHEZ-MEJORADA G, MÁRQUEZ L, GÓMEZ-VALDÉS JA. Sex estimation using humeral and femoral head diameters in contemporary and prehispanic mexican populations. *Rev Argentina Antropol Biológica*. 2022;24(1):1-12.
34. GAROUFI N, BERTSATOS A, CHOVALOPOULOU M-E, VILLA C. Forensic sex estimation using the vertebrae: an evaluation on two European populations. *Int J Legal Med* [Internet]. 2020;134(6):2307-18. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02430-w>
35. AZOFRA-MONGE A, ALEMÁN AGUILERA I. Morphometric research and sex estimation of lumbar vertebrae in a contemporary Spanish population. *Forensic Sci Med Pathol* [Internet]. 2020;16(2):216-25. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12024-020-00231-6>
36. MARINO EA. Sex estimation using the first cervical vertebra. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 1995 Jun;97(2):127-33. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajpa.1330970205>
37. WESCOTT DJ. Sex variation in the second cervical vertebra. *J Forensic Sci*. 2000 Mar;45(2):462-6.
38. MARLOW EJ, PASTOR RF. Sex Determination Using the Second Cervical Vertebra-A Test of the Method*. *J Forensic Sci* [Internet]. 2011 Jan;56(1):165-9. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1556-4029.2010.01543.x>
39. SANABRIA C, CATALINA L, BOTELLA MC. Dimorfismo sexual en primera vértebra cervical en una muestra de población colombiana. *Rev Española Med Leg* [Internet]. 2011 Oct;37(4):140-5. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377473211700803>
40. GAMA I, NAVEGA D, CUNHA E. Sex estimation using the second cervical vertebra: a morphometric analysis in a documented Portuguese skeletal sample. *Int J Legal Med*. 2015 Mar;129(2):365-72.
41. DECKER SJ, FOLEY R, HAZELTON JM, FORD JM. 3D analysis of computed tomography (CT)-derived lumbar spine models for the estimation of sex. *Int J Legal Med* [Internet]. 2019 Sep;133(5):1497-506. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00414-019-02001-8>
42. DUQUE D, BLANDÓN X. Análisis de funciones discriminantes de la patela para determinar dimorfismo sexual en una muestra de población mexicana contemporánea. *Universidad de Caldas*; 2016.
43. SPRADLEY MK, ANDERSON BE, TISE ML. Postcranial Sex Estimation Criteria for Mexican Hispanics. *J Forensic Sci* [Internet]. 2015 Jan;60(s1):S27-31. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/1556-4029.12624>
44. TORRES G. Estudio métrico-morfológico de la rodilla: diferencias sexuales en una colección esquelética. *Escuela Nacional de Antropología e Historia*; 2002.
45. TORRES G, MENÉNDEZ A, SÁNCHEZ-MEJORADA G, GÓMEZ-VALDÉS JA. Estimación del sexo con metacarpos y metatarsos para población mexicana. *Rev Esp Med Leg*. 2020;46(1).

46. VARGAS LA, RAMÍREZ ME, Flores L. El dimorfismo sexual en fémures mexicanos modernos. *An Antropol* [Internet]. 1973;10(0):329–36. Available from: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/antropologia/article/view/23294>
47. VELEMÍNSKÁ J, KRAJÍČEK V, DUPEJ J, GOMEZ-VALDÉS JA, VELEMÍNSKÝ P, ŠEFČÁKOVÁ A, ET AL. Technical Note: Geometric morphometrics and sexual dimorphism of the greater sciatic notch in adults from two skeletal collections: The accuracy and reliability of sex classification. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 2013 Dec;152(4):558–65. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/ajpa.22373>
48. ESCORCIA L. Dimorfismo sexual de los esqueletos contemporáneos de Caltimacán, Tasquillo, Hidalgo a partir del análisis discriminante. Universidad Nacional Autónoma de México;2008.
49. ESCORCIA L. Determinación del sexo en el hueso calcáneo de población mexicana por medio de funciones discriminantes. *Estud Antropol Biológica* [Internet]. 2015;17(1):93–104. Available from: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/eab/article/view/56840>
50. ESCORCIA L, LAZCANO E, GARCÍA B. Determinación de sexo a través de funciones discriminantes de la rótula en esqueletos humanos contemporáneos provenientes de Caltimacán, Tasquillo, Hidalgo. *Estud Antropol Biológica* [Internet]. 2007;13(1):133–45. Available from: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/eab/article/view/21600>
51. HUDSON A, PECKMANN TR, LOGAR CJ, MEEK S. Sex determination in a contemporary Mexican population using the scapula. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2016 Jan;37:91–6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1752928X15002127>
52. LÓPEZ ALONSO S. Las funciones discriminantes en la determinación sexual de los huesos largos. *Escuela Nacional de Antropología e Historia*;1967.
53. MASTRANGELO P, DE LUCA S, SÁNCHEZ-MEJORADA G. Sex assessment from carpals bones: Discriminant function analysis in a contemporary Mexican sample. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2011 Jun;209(1–3):196.e1–196.e15. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073811002040>
54. PIMIENIA M. Dimorfismo sexual en una población mexicana. Nuevas formulas para la determinación del sexo en el esqueleto poscraneal. Universidad de Granada;2000.
55. PIMIENIA M, GALLARDO A. Diferencias sexuales en el húmero: sugerencias para la determinación del sexo en restos óseos. *Península* [Internet]. 2005 May;1(1):243–57. Available from: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/peninsula/article/view/44298>
56. PADOVAN L, ULBRICHT V, GROppo FC, NETO JSP, ANDRADE VM, JÚNIOR LF. Sexual dimorphism through the study of atlas vertebra in the Brazilian population. *J Forensic Dent Sci*. 2019;11(3):158–62.
57. ROZENDAAL AS, SCOTT S, PECKMANN TR, MEEK S. Estimating sex from the seven cervical vertebrae: An analysis of two European skeletal populations. *Forensic Sci Int*. 2020 Jan;306:110072.
58. SCOTT S, JANTZ RL. Survivability versus rate of recovery for skeletal elements in forensic anthropology. *J Forensic Sci* [Internet]. 2022 Sep 6;67(5):1758–65. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1556-4029.15087>
59. KAESWAREN Y, HACKMAN L. Sexual dimorphism in the cervical vertebrae and its potential for sex estimation of human skeletal remains in a white scottish population. *Forensic Sci Int Reports* [Internet]. 2019;1:100023. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665910719300234>
60. KNAPP TR. Technical error of measurement: A methodological critique. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 1992 Feb;87(2):235–6. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/ajpa.1330870211>
61. AMORES A, BOTELLA MC, ALEMÁN I. Sexual dimorphism in the 7th cervical and 12th thoracic vertebrae from a Mediterranean population. *J Forensic Sci*. 2014 Mar;59(2):301–5.
62. BETHARD JD, SEET BL. Sex determination from the second cervical vertebra: a test of Wescott's method on a modern American sample. *J Forensic Sci*. 2013 Jan;58(1):101–3.
63. BOZDAG M, KARAMAN G. Virtual Morphometry of the First Lumbar Vertebrae for Estimation of Sex Using Computed Tomography Data in the Turkish Population. *Cureus* [Internet]. 2021 Jul 23;13((7)):e16597. Available from: <https://www.cureus.com/articles/64215-virtual-morphometry-of-the-first-lumbar-vertebrae-for-estimation-of-sex-using-computed-tomography-data-in-the-turkish-population>
64. EKIZOGLU O, HOCAOGLU E, INCI E, KARAMAN G, GARCIA-DONAS J, KRANIOTI E, ET AL. Virtual morphometric method using seven cervical vertebrae for sex estimation on the Turkish population. *Int J Legal Med*. 2021 Sep;135(5):1953–64.
65. HONG C-K, CHUNG J-K, LEE U-Y, KIM D-S, PARK D-K, PARK K-H. Validation Study of Discriminating Sex using the Atlas from the Digital Korean 3D Human Body Modeling. *Korean J Phys Anthropol* [Internet]. 2014;27(4):225. Available from: <https://e-aba.org/DOIx.php?id=10.11637/kjpa.2014.27.4.225>
66. HORA M, SLÁDEK V. Population specificity of sex estimation from vertebrae. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2018;291:279.e1–279.e12. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073818305772>
67. HOU W BIN, CHENG KL, TIAN SY, LU YQ, HAN YY, LAI Y, ET AL. Metric method for sex determination based on the 12th thoracic vertebra in contemporary north-easterners in China. *J Forensic*

- Leg Med [Internet]. 2012 Apr;19(3):137–43. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1752928X11002344>
68. OURA P, KARPPINEN J, NIINIMÄKI J, JUNNO J-A. Sex estimation from dimensions of the fourth lumbar vertebra in Northern Finns of 20, 30, and 46 years of age. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2018;290:350.e1-350.e6. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073818303918>
69. RAMADAN N, ABDEL-SALAM MH, HANON AF, EL-SAYED NF, AL-AMIR AY. Identification of sex and age for Egyptians using computed tomography of the first lumbar vertebra. *Egypt J Forensic Sci* [Internet]. 2017;7(1):22. Available from: <https://doi.org/10.1186/s41935-017-0025-7>
70. ROHMANI A, SHAFIE MS, NOR FM. Sex estimation using the human vertebra: a systematic review. *Egypt J Forensic Sci* [Internet]. 2021;11(1):25. Available from: <https://doi.org/10.1186/s41935-021-00238-2>
71. SANABRIA C. Dimorfismo sexual en columna vertebral. Universidad de Granada; 2011.
72. YU S-B, LEE U-Y, KWAK D-S, AHN Y-W, JIN C-Z, ZHAO J, ET AL. Determination of Sex for the 12th Thoracic Vertebra by Morphometry of Three-dimensional Reconstructed Vertebral Models. *J Forensic Sci* [Internet]. 2008 May;53(3):620–5. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1556-4029.2008.00701.x>
73. ZHENG WX, CHENG FB, CHENG KL, TIAN Y, LAI Y, ZHANG WS, ET AL. Sex assessment using measurements of the first lumbar vertebra. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2012 Jun;219(1–3):285.e1-285.e5. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073811005573>
74. VARGAS D, VERGARA D, FONSECA S, BUSTOS M, ARANGO J, QUIJANO Y. Diferencias de la primera vertebra cervical en una muestra de población colombiana según el sexo. *Morfología*. 2019;11(2):10–29.
75. RÜHLI FJ, MÜNTENER M, HENNEBERG M. Human osseous intervertebral foramen width. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 2006 Feb;129(2):177–88. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajpa.20263>
76. KRISHANK K, CHATTERJEE PM, KANCHANT T, KAURS, BARYAH N, SINGH RK. A review of sex estimation techniques during examination of skeletal remains in forensic anthropology casework. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2016 Apr;261:165.e1-165.e8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073816300202>
77. BLAUS, BRIGGS CA. The role of forensic anthropology in Disaster Victim Identification (DVI). *Forensic Sci Int* [Internet]. 2011 Feb;205(1–3):29–35. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073810003889>