



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA

**EVALUACIÓN DEL DIMORFISMO SEXUAL A PARTIR DE
VARIABLES MÉTRICAS DE CRANEO Y POSTCRANEO
MEDIANTE UN ANÁLISIS DE REGRESIÓN LOGÍSTICA
BINARIA Y ANÁLISIS DE FUNCIONES DISCRIMINANTES
EN UNA POBLACIÓN SUBACTUAL DE SANTIAGO,
CHILE.**

Memoria para optar al Título de Antropóloga Física

EVELYN LILIANA MALDONADO SCHMEISSER

Profesor Guía
Rodrigo Retamal Yermani

Santiago, Chile. Marzo de 2020

Dedicatoria

A mi familia, por su apoyo incondicional.

Agradecimientos

El presente proyecto no habría sido posible sin la ayuda de un grupo sustancial de personas que con su disposición y cordial ayuda contribuyeron significativamente en el desarrollo del mismo.

A Fabián Pontigo, por su ayuda en la etapa de recolección de datos.

A Nicole Barreaux, por facilitar el acceso al material de estudio con total disposición.

A Sebastián Krapivka, quien dirigió las etapas primeras de mi proyecto, por su consejo y cordial apoyo.

A Eugenio Aspillaga Fontaine y René Bobe, por su disposición al corregir el diseño del presente manuscrito.

A Rodrigo Retamal Yermani, por su sabio consejo y eterna paciencia como profesor guía, por sus detalladas y minuciosas correcciones y consejos.

A PP.SS. quienes jugaron un rol trascendental en términos de motivación y distención durante este proceso.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A todos ellos mis más sinceros agradecimientos.

Resumen Ejecutivo

Los restos óseos humanos aislados, incompletos y/o fragmentarios comprenden una significativa proporción de los hallazgos recuperados en contextos de carácter forense (Rodríguez Cuenca, 1994). Tal situación deja en manifiesto la necesidad de incorporar métodos de estimación del perfil biológico aplicables en tales condiciones, que permitan la asignación sexual de elementos craneales y postcraneales a pesar de su estado de preservación y completitud. El objetivo del presente trabajo es desarrollar métodos de estimación del sexo a partir de variables del cráneo, mandíbula y estructuras postcraneales, utilizando Índice de Dimorfismo Sexual promedio (IDS_{μ}) y la aplicación de dos técnicas estadísticas: Análisis Discriminante de Función Lineal de Fisher (AFD) y Regresión Logística Binaria (RL), en una muestra de población subactual de Santiago, Chile. La muestra se constituye de 320 individuos adultos, 162 femeninos y 156 masculinos. En cada caso se relevó una serie de 31 medidas craneales (bóveda, base, esplanocráneo y mandíbula) y 50 medidas postcraneales (clavícula, escápula, esternón, húmero, radio, ulna, sacro, fémur, tibia, fíbula y calcáneo).

Los resultados mostraron que el Índice de Dimorfismo Sexual promedio (IDS_{μ}) en el postcráneo tuvo un grado significativamente más alto que el obtenido en las áreas craneales y mandíbula (12.18% y 5.9%, respectivamente). Las ecuaciones desarrolladas a partir del análisis discriminante permitieron una estimación de sexo con un elevado porcentaje de certeza a partir de los resultados de validación cruzada en cráneo (76.9% - 84%) y en postcráneo (74% - 93.3%). Se evidenció un mejor ajuste en los modelos generados a partir de la regresión logística binaria en las variables craneales (77.5% - 92.2%) y postcraneales (74% - 94.1%) analizadas.

El presente estudio mostró la capacidad de predicción de sexo que se puede obtener a partir de modelos generados en base a variables métricas craneales y postcraneales, constituyéndose como un paso para la estandarización de los métodos de estimación de sexo basados en parámetros antropométricos en población chilena, especialmente en contextos asociados con muertes extrajudiciales durante el período de dictadura militar en Chile.

Conceptos clave

Dimorfismo sexual; estimación de sexo; análisis antropométrico; análisis de funciones discriminantes; regresión logística binaria; Chile.

Abstract

Isolated, incomplete or fragmentary human skeletal remains are a significant proportion of the findings recovered in forensic contexts (Rodríguez Cuenca, 1994). Due to this, it is important to incorporate estimation methods of biological profile applicable in such conditions, which allow the sexual estimation of cranial and postcranial elements, no matter their state of preservation and completeness. The objective of this research is to develop sex estimation methods from the skull, mandible and postcranial structures, utilizing the Mean of the Sexual Dimorphism Index (IDS_{μ}), and applying two statistical techniques: Discriminant Analysis of Fisher's Linear Function (AFD) and Binary Logistic Regression (RL), in a sample of Chilean population. A sample of 320 adult individuals were collected, 162 females and 156 males. A total of 31 cranial measurements were included (vault, base, esplanocranium and mandible) and 50 postcranial measurements (clavicle, scapula, sternum, humerus, radius, ulna, sacrum, femur, tibia, fibula and calcareous).

The results show that postcranial sexual dimorphism index (IDS_{μ}) had a significantly higher degree than that obtained in cranial and mandibular areas (12.18% and 5.9%, respectively). The discriminant functions allowed a high precision in sex estimation. The results obtained from the cross-validation analysis in the cranium showed a precision of 76.9% to 84% in the estimation of sex, while postcranial structures from 74% to 93.3%. A moderate better fit was found in the models generated from the binary logistic regression in the cranial (77.5% - 92.2%) and postcranial (74% - 94.1%) elements.

This research shows the potential of cranial and postcranial metric variables in sex prediction, becoming a step for the standardization of sex estimation models based on anthropometric parameters in the Chilean population, especially in forensic contexts related to extrajudicial executions during the military regime in Chile.

Key words

Sexual dimorphism; sex estimation; anthropometric analysis; discriminant functions analysis; binary logistic regression; Chile.

INDICE

Dedicatoria.....	2
Agradecimientos.....	3
Resumen Ejecutivo.....	4
Abstract.....	5
INDICE.....	6
INDICE DE FIGURAS.....	8
INDICE DE TABLAS.....	9
CAPÍTULO I.....	11
Introducción.....	11
CAPÍTULO II.....	14
El Dimorfismo Sexual.....	14
Bases Evolutivas del Dimorfismo Sexual.....	16
Determinación de Sexo a partir del Análisis Osteológico.....	18
Análisis Craneométricos.....	20
Análisis Métrico Postcraneal.....	22
Población Chilena.....	22
Población Latinoamericana.....	23
Otras Poblaciones.....	24
CAPÍTULO III.....	26
Justificación de la Investigación.....	26
Dictadura Militar Chilena.....	26
CAPÍTULO IV.....	29
Objetivos.....	29
Objetivo general.....	29
Objetivos específicos.....	29
CAPÍTULO V.....	30
Materiales.....	30
Métodos de análisis.....	34
Análisis estadísticos descriptivos.....	34
Evaluación del Dimorfismo Sexual.....	35
Desarrollo de Modelos de Predicción de Sexo.....	35
Análisis Discriminante de Función Lineal de Fisher.....	36

Regresión Logística.....	37
CAPÍTULO VI	39
Resultados.....	39
Índice de Dimorfismo Sexual.....	42
Índice del Dimorfismo Sexual en Cráneo	42
Índice del Dimorfismo Sexual en Postcráneo.....	44
Análisis Discriminante de Función Lineal.....	47
Análisis Discriminante Univariante	47
Variables Craneales	48
Variables Postcraneales.....	50
Análisis Discriminante Multivariante	52
Variables Craneales	53
Variables Postcraneales.....	55
Análisis de Regresión Logística Binaria.....	58
Análisis Craneal	58
Análisis Postcraneal.....	60
CAPITULO VII	64
Discusión	64
Estimación de Sexo en base a Variables Craneométricas	64
Estimación de Sexo en base a Variables Postcraneales	71
Evaluación Metodológica.....	77
CAPITULO VII	79
Conclusión	79
Referencias Bibliográficas.....	81
INDICE DE ANEXOS	1

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula del cálculo del IDS según Ricklan y Tobias (1986).	35
Figura 2. Diagrama de caja y valores individuales obtenidos a partir del IDS dado para cada variable craneal y de mandíbula en conjunto.	43
Figura 3 Diagrama de intervalos obtenidos para el IDS de las variables craneales y postcraneales.	44
Figura 4. Gráfico de combinación: coeficiente de variación para individuos femeninos y masculinos e IDS de las variables postcraneales.	46
Figura 5. Diagrama de combinación de la proporción de acierto dado para cada variable craneal y mandibular ordenado de mayor a menor en función de la proporción de acierto promedio, obtenida a partir del análisis discriminante de función lineal univariante.	49
Figura 6. Diagrama de combinación de la proporción de acierto dada para cada variable postcraneal obtenida a partir del análisis discriminante de función lineal univariante, ordenado de mayor a menor en función de su proporción de acierto promedio.	51
Figura 7. Diagrama comparativo del IDS obtenido para segmentos craneales y de mandíbula, así como para las estructuras postcraneales consideradas en el presente estudio (el ancho de la caja es proporcional al tamaño de la muestra).	65
Figura 8. Proporción del IDS calculado para cada variable craneal y mandibular, ordenado de menor a mayor.	66
Figura 9. Proporción de acierto del Análisis de Función Discriminante Univariante para cada variable craneal y de mandíbula, ordenadas de mayor a menor en función de su Índice de Dimorfismo Sexual (calculado a partir de la ecuación generada por Ricklan y Tobias, 1986).	69
Figura 10. Proporción de acierto del Análisis de Función Discriminante Univariante para cada variable postcraneal, ordenadas de mayor a menor en función de su Índice de Dimorfismo Sexual.	72
Figura 11. Histograma y diagrama de puntos del IDS (Ricklan y Tobias, 1986) para cada conjunto de variables postcraneales, donde grupo 1: largos máximos, grupo 2: diámetros diafisarios y grupo 3: dimensiones epifisarias.	73
Figura 12. Histograma y diagrama de puntos del IDS Resultados del cálculo del IDS (Ricklan y Tobias, 1986) para cada conjunto de variables postcraneales, donde grupo 1: largos máximos, grupo 2: diámetros diafisarios y grupo 3: dimensiones epifisarias.	74
Figura 13. Comparación de la proporción de acierto obtenida para variables craneales y postcraneales mediante los métodos de predicción de sexo evaluados.	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número total de la muestra en función del sexo de los individuos, dado para cada variable craneal.	32
Tabla 2. Número total de la muestra en función del sexo de los individuos, dado para cada variable postcraneal.	33
Tabla 3. Resumen de las pruebas de bondad de ajuste (Anderson-Darling), varianza (Test F para dos varianzas, Test de Levene) y diferencia de medias (Test t para muestras independientes, Test de Wilcoxon para dos muestras) para datos craneales y mandibulares.	40
Tabla 4. Resumen de las pruebas de bondad de ajuste, varianza (Test F para dos varianzas, Test de Levene) y diferencia de medias (Test t para muestras independientes, Test de Wilcoxon-Mann-Whitney para dos muestras) para datos postcraneales.	41
Tabla 5. Resultados de prueba M de Box de igualdad de matrices de varianzas-covarianzas para las variables craneales y mandibulares.	53
Tabla 6. Resultados de la prueba M de Box de igualdad de matrices de varianzas-covarianzas para las variables postcraneales.	53
Tabla 7. Resumen de los estadísticos de las funciones discriminantes canónicas para las variables craneales y de mandíbula.	54
Tabla 8. Resultados de la pertenencia pronosticada para los grupos femenino y masculino según cada función discriminante, antes y después del método de validación cruzada. Variables craneales.	55
Tabla 9. Resumen de los estadísticos de las funciones discriminantes canónicas para las variables postcraneales.	56
Tabla 10. Resultados de la pertenencia pronosticada para los grupos femenino y masculino según cada función discriminante, antes y después del método de validación cruzada. Variables postcraneales.	56
Tabla 11. Ecuaciones discriminantes para las variables craneales y de mandíbula.	57
Tabla 12. Ecuaciones discriminantes para las variables postcraneales.	57
Tabla 13. Estadísticos de resumen del modelo y prueba de ajuste de bondad mediante chi-cuadrado de Hosmer y Lemeshow, para cada área craneal seleccionada.	59
Tabla 14. Tabla de clasificación del porcentaje de acierto obtenido para cada regresión en las áreas craneales seleccionadas.	59

Tabla 15. Medidas de asociación entre la variable respuesta y las probabilidades pronosticadas para cada regresión en cada área craneal seleccionada.....	60
Tabla 16. Ecuaciones predictivas del sexo basadas en los análisis de regresión logística usando variables del cráneo.	60
Tabla 17. Tabla de clasificación del porcentaje de acierto obtenido para cada regresión en los segmentos óseos postcraneales seleccionados.....	62
Tabla 18. Estadísticos de resumen del modelo y prueba de ajuste de bondad mediante chi-cuadrado de Hosmer y Lemeshow, para cada segmento óseo postcraneal seleccionado.....	62
Tabla 19. Medidas de asociación entre la variable respuesta y las probabilidades pronosticadas para cada regresión en cada área craneal seleccionada.....	63
Tabla 20. Ecuaciones predictivas del sexo basadas en los análisis de regresión logística usando variables del postcráneo.	63
Tabla 21. Tabla comparativa de los resultados obtenidos en la presente investigación mediante el AFD y RL en población chilena y los resultados obtenidos en otros estudios craneométricos.	70
Tabla 22. Tabla comparativa de los resultados obtenidos del AFD y RL realizados en el esqueleto postcraneal en la presente investigación y los mejores resultados obtenidos en otros estudios de población chilena.	76

CAPÍTULO I

Introducción

La antropología forense es una subdisciplina de la antropología física aplicada, que utiliza los conocimientos acerca de la variación del esqueleto humano moderno con el objetivo de contribuir en la identificación de los restos humanos esqueléticos, saponificados, momificados, corificados, quemados o en avanzado estado de descomposición, así como en la recolección y análisis de evidencias de muertes en contextos de índole jurídico-legal, proporcionando de este modo información útil respecto de las circunstancias del deceso del o los individuos (Rodríguez Cuenca, 1994).

La identificación de los restos humanos mediante el análisis del registro óseo se realiza a partir de la reconstrucción del perfil biológico, el cual se constituye fundamentalmente por la cuarteta básica de identificación, la cual integra información relativa al sexo, edad al momento de muerte, estatura y ancestría del o los individuos. La reconstrucción del perfil biológico es trascendental en el quehacer antropológico tanto en contextos bioarqueológicos, demográficos como de carácter médico-legal, siendo la estimación del sexo un paso fundamental para su desarrollo (Rodríguez Cuenca, 1994; Steyn e Iscan, 1999; Safont *et al*, 2000; Macaluso, 2011; Kranioti, 2008). Sin una estimación precisa de sexo es difícil estimar con fidelidad otros atributos bioantropológicos, ya que las tasas de crecimiento, el desarrollo y la degeneración ósea varían según el mismo (Garvin *et al.*, 2014, Abarca V., 2011).

El sexo en el ser humano corresponde al estado biológico orgánico y funcional que separa a los individuos femeninos de los masculinos, basado en la herencia de un patrón genético específico (Barber, 1995). Los atributos de estos dos grupos varían anatómica y fisiológicamente según las particularidades propias de cada sexo fenotípico. El dimorfismo sexual se puede definir como las características que distinguen individuos femeninos y masculinos, siendo esta diferencia dada por caracteres anatómicos no-reproductivos (France DL, 1998; Gaulin & Sailer, 1984). El estudio del dimorfismo sexual se aborda generalmente desde parámetros métricos mediante el cálculo de un índice de dimorfismo sexual (IDS), siendo descrito por algunos autores como *"todas las diferencias estadísticamente significativas respecto al promedio de longitud o peso de los organismos que han alcanzado la madurez sexual, pertenecientes a la misma población durante un intervalo de tiempo dado"* (Lovich y Gibbons, 1992).

Variadas teorías buscan desentrañar el origen de dicha variación. Existen múltiples factores relacionados al dimorfismo sexual, ya sean de carácter ambiental, nutricional, genético, social o cultural. Ninguna variable por sí sola es suficiente para comprender estas diferencias. Su estudio debe ser abordado desde una perspectiva fisiológica, evolutiva y cultural en conjunto. Los mecanismos de competencia inter e intra-sexual para asegurar la reproducción son fundamentales para comprender la evolución en la expresión de las diferencias dadas por el sexo. Esta problemática puede ser abordada

mediante el entendimiento de los factores que operan en estos procesos evolutivos según su esfera de desarrollo inter o intrapoblacional. Los factores interpoblacionales remiten a diferencias halladas entre distintas poblaciones de una misma especie, producto de las divergencias dadas por la ancestría de los individuos, entendiéndose que la variabilidad del patrón morfológico de las poblaciones está asociada a una historia biológica, una distribución espacial y temporal común. Los factores intrapoblacionales, en tanto, suelen ser los más complejos de controlar dado que usualmente las muestras disponibles para el análisis no suelen ser representativas de la totalidad de la población de estudio. Algunos de estos factores son las características nutricionales, el consumo y gasto energético, estrés físico, robustez, división de labores en la sociedad, entre otros (Borgognini, 1986; Kimmerle *et al.*, 2008; Garvin *et al.*, 2014).

Las diferencias observables en la expresión del dimorfismo sexual entre poblaciones son un factor importante de considerar a la hora de aplicar metodologías de determinación de sexo para poblaciones actuales. Gran cantidad de los métodos presentes en la literatura y utilizados actualmente corresponden a modelos generados en población norteamericana o europea (Krogman, 1986; Birkby *et al.*, 2008). Su uso en poblaciones que presentan distintos componentes de ancestría disminuye la exactitud en la estimación de sexo (Kimmerle, 2008; Shah *et al.*, 2016; Moore-Jansen *et al.*, 1994). Estudios realizados en población latinoamericana hacen hincapié en la necesidad de generar métodos ajustados para poblaciones específicas dada la alta variabilidad existente dentro de este grupo (Tise *et al.*, 2013, Spradley *et al.*, 2008).

En Chile los modelos de estimación de sexo desarrollados en población local aún son escasos, si bien la última década se ha observado un aumento en investigaciones dentro del área (Ross y Manneschi, 2011; Garrido-Varas *et al.*, 2014; Peckmann *et al.*, 2015; Pontigo, 2015; Earll, 2015; Peckmann *et al.*, 2016; Carvallo, 2019), dejando en claro la necesidad de contrastar técnicas tanto para la identificación de restos óseos, así como para el manejo de los datos recabados en esta población. Además, diversos estudios muestran que la aplicación de métodos antropométricos incrementa los niveles de precisión y son un camino rumbo a la estandarización de los modelos de predicción de sexo (Kimmerle, 2008; Shah *et al.*, 2016; Moore-Jansen *et al.*, 1994).

La presente investigación pretende contribuir en el desarrollo de los modelos de estimación de sexo, mediante el desarrollo de modelos predictivos hechos con y para población chilena a partir de variables métricas de cráneo y postcráneo. Las características contextuales de la colección osteológica estudiada presentan además utilidad en la identificación de restos asociados a muertes extrajudiciales y casos de DD.HH. durante el período de dictadura militar en Chile. Esta investigación tuvo dos objetivos. Primero, caracterizar en términos de dimorfismo sexual a una muestra de la población subactual de Santiago, Chile, evaluando los niveles de precisión y poder discriminante de diversas medidas craneales y postcraneales presentes en la literatura, con tal de generar modelos estadísticos de predicción de sexo para cada conjunto de variables. Segundo, comparar los resultados obtenidos entre las dos técnicas estadísticas para la generación de ecuaciones predictivas: análisis de función discriminante y regresión logística binomial. Se discutió su aplicabilidad práctica en la determinación de

sexo y se compararon las diferencias observables entre las variables craneales y postcraneales. Se buscó dar respuesta a interrogantes como: ¿Es el índice de dimorfismo sexual útil en la generación de modelos de predicción de sexo? ¿Cuál es el modelo estadístico que presenta un mejor ajuste para la población analizada? ¿Son las variables craneométricas tanto o más precisas que las variables postcraneales en la determinación de sexo?

CAPÍTULO II

El Dimorfismo Sexual

El sexo puede ser descrito, a grandes rasgos, desde tres dimensiones: genética, fenotípica y cultural, estando las dos primeras estrechamente relacionadas entre sí. El sexo genotípico se considera el carácter sexual primario, remite a la variación cromosómica que presentan los individuos en el par 23. Aquellos que poseen dos cromosomas "X" (XX) se consideran femeninos, mientras que aquellos que presentan un cromosoma "X" y uno "Y" son masculinos (XY). La diferenciación sexual primaria es un proceso programado genéticamente que ocurre en el ser humano, así como en todos los mamíferos, desde las etapas embrionarias del desarrollo. Durante este proceso el gen SRY actúa como punto de inicio de una cascada de interacciones que inducen el desarrollo de los gametos reproductivos. Junto al gen SF1, ambos regulan el alza de SOX9, lo que inicia la diferenciación de las células de Sertoli junto a las células de Leydig, ambas esenciales en la producción hormonal intrauterina y por tanto en el desarrollo de los órganos reproductivos de forma diferenciada (Sölder, 2007; Hughes, 2001; Blecher y Erickson, 2007).

El genotipo determina el tipo de rasgos que podrán ser observables a nivel fenotípico. A partir de esto, el sexo fenotípico se considera la expresión física del sexo genotípico y está determinado por la *genitalia* externa e interna de los individuos, así como por la expresión de características sexuales secundarias, cuyo desarrollo se encuentra estrechamente relacionado a cambios hormonales ocurridos durante la etapa de desarrollo de los individuos. El ser humano, así como gran parte de los primates, difieren de muchos otros mamíferos dado que alcanzan la madurez sexual tardíamente. Si bien el sistema endocrino cumple una función importante en la diferenciación sexual durante todo el proceso de desarrollo del ser humano, es durante la pubertad en donde los caracteres sexuales secundarios comienzan su desarrollo (Bailey, D. A., 1997; Whiting, S. J. *et al*, 2004). La pubertad está asociada a cambios en la actividad hipotalámica y otras partes del sistema nervioso central, tales cambios en las tasas de secreción hormonal caracterizan el proceso denominado estirón puberal (en inglés, *pubertal grow spurt*), que define un periodo de crecimiento acelerado y una marcada diferenciación de caracteres sexuales secundarios (Bogin B., 1999). Durante este momento crítico, la expresión de las características sexuales secundarias puede verse altamente influenciada dado ciertas condiciones ambientales y culturales, además de genéticas, como la dieta, el estrés físico, la privación de horas de sueño y enfermedades, entre otros (Stini W.A., 1969, 1972, 1982, 2005; Gray y Wolfe, 1980; Frisancho *et al*, 2005; Stinson, 2005; Clark, 2005).

La dimensión cultural del sexo revela una menor relación con las otras dos esferas del mismo y a diferencia del sexo biológico binario presenta una serie de complejas tipologías que derivan de una construcción psicosociocultural, en la que interviene el rol conductual de los individuos, su educación, constructos morales y su sentido de pertenencia hacia un grupo específico (Valdez-Medina, J.L. *et al.*, 2001). El sexo psicológico es mucho menos

concreto y condicionado biológicamente, remite más bien a una percepción subjetiva e individual del sexo y de la orientación sexual que el individuo posee sobre sí mismo, se relaciona estrechamente a la identidad de género. “*El sexo psicológico supone la convicción íntima, robusta y firme, de pertenencia a un género determinado*” (Polaino-Lorente, A., 1998, p.47). Implica, por tanto, una construcción compleja determinada en gran medida por aspectos políticos, sociales y culturales (Purves, D. *et al*, 2001; Fernandez, J., 2010; Rocha S y Díaz-Loving, R., 2011).

La dimensión de sexo que se aborda en la presente investigación corresponde a su dimensión fenotípica, específicamente a la expresión del dimorfismo sexual impreso en el registro osteológico, entendiéndose como todas aquellas características en las cuales se evidencia diferencias entre individuos femeninos y masculinos, las que están dadas por caracteres anatómicos no-reproductivos, es decir, por la expresión de características sexuales secundarias (France DL, 1998; Gaulin & Sailer, 1984). Estas particularidades morfológicas dependientes del sexo son apreciables desde dos esferas comparativas: las diferencias que se aprecian dentro de la misma población, así como las diferencias entre individuos de la misma especie, pero de distintas poblaciones. Esto es producto de que el dimorfismo sexual no es idéntico en todos los grupos ni permanece invariable en el tiempo. La variabilidad estará determinada por factores biológicos y culturales que operan en distinta medida en las poblaciones (Borgognini, 1986; Kimmerle *et al.*, 2008; Garvin *et al.*, 2014).

Los cambios fisiológicos que se expresan en el registro osteológico tienen que ver con tasas diferenciales de secreción de determinadas hormonas sexuales y otros cambios específicos a nivel del sistema endocrino que controlan el desarrollo y crecimiento de los huesos durante la pubertad y adolescencia de los individuos (Barber, 1995). En el registro óseo, por tanto, las diferencias sexuales son evidentes a un grado de predicción confiable solo desde etapas avanzadas del crecimiento, cuando los caracteres sexuales secundarios han concluido su desarrollo. Las hormonas sexuales, así como el eje somatotrófico son los dos principales sistemas que controlan el ritmo de crecimiento de los individuos. El eje somatotrófico se caracteriza por la secreción de la hormona de crecimiento (GH), la cual está controlada por dos hormonas hipotalámicas neuropeptídicas: GHRH o la hormona liberadora de GH y somatostatina (GHIH). La hormona de crecimiento tiene efectos en el desarrollo de todo el cuerpo, lo que hace que juegue un rol esencial en el crecimiento humano. El segundo sistema involucrado en este proceso es aquel que comprende la secreción de estrógenos, andrógenos y progestinas, los cuales son producidos y secretados por las gónadas de manera específica para cada sexo. Los andrógenos tienen un efecto anabólico y promotor del crecimiento óseo, mientras que los crecientes niveles de estrógeno son responsables de la fusión epifisial (Gatford, 1998; Rogol *et al*, 2002).

Durante la pubertad, los individuos femeninos alcanzan un auge en su velocidad de crecimiento tempranamente a diferencia de su contraparte masculina, esto relacionado al momento en que se convierten en individuos fértiles. Con la llegada de la menarquia se producen significativos cambios hormonales que generan en los individuos femeninos una considerable reducción en su tasa de crecimiento, mientras que los individuos masculinos

continúan creciendo a una tasa veloz hasta etapas tardías de su adolescencia. Los niveles de andrógenos son significativamente mayores en los individuos masculinos durante su pubertad y adolescencia (Kirchengast S., 2014). El dimorfismo sexual con relación a la estatura tiene obvias consecuencias producto de estas diferencias en los ritmos de crecimiento, como también en su composición corporal (niveles de masa corporal magra, porcentaje de grasa, densidad ósea, entre otros). Gran parte de las variaciones morfológicas entre ambos sexos van a ser dependientes de estas tasas de crecimiento, en otras palabras, alométricas. A medida que los individuos aumentan en tamaño también se ve modificada la forma, principalmente porque diferentes estructuras poseen distintos patrones de crecimiento (Anzelmo *et al*, 2012).

Si bien el dimorfismo sexual en humanos parece no ser tan evidente como en otras especies de primates (Fleagle, 2013; Leutenegger y Cheverud, 1982), éste se constituye como una de las principales causas de variación del tamaño entre los individuos de la misma población y se halla descrito en la literatura usualmente como un índice numérico: el Índice de Dimorfismo Sexual (IDS). El IDS permite cuantificar el gradiente de diferencias dadas por el sexo de los individuos haciendo posible un rango de comparación entre especies y poblaciones (Gray, 1980). Tal parámetro ha sido abordado por varios autores generando un extenso número de modelos para el cálculo del IDS en distintas especies (*e.g.* Cabana *et al.*, 1982; Gaulin y Sailer, 1984; Earhart y Johnson, 1979; Keppie y Redmond; 1988; Pleasants y Pleasants, 1988; Rising, 1987; Temeles, 1985). Uno de los modelos más utilizados se basa en el cálculo de la proporción del tamaño promedio de un sexo dividido por la proporción del tamaño promedio del sexo opuesto (Garn *et al.*, 1967). En antropología forense, el estudio del dimorfismo sexual se realiza a partir del cálculo del IDS, el cual usualmente es utilizado como un paso previo para el desarrollo de metodologías de determinación de sexo. Sin embargo, su utilidad práctica en la construcción de modelos de predicción es discutida (Pontigo, 2015; Earll, 2015).

Bases Evolutivas del Dimorfismo Sexual

Además de la aproximación fisiológica, el dimorfismo sexual en el *Homo sapiens* puede ser comprendido desde una perspectiva evolutiva. Charles Darwin (1967) proporcionó las bases para el entendimiento de este fenómeno con su teoría de selección sexual, en donde presenta una explicación para la existencia de ciertos caracteres sexuales secundarios que parecen no tener relación alguna con la subsistencia de los individuos mejor adaptados, es decir, no pueden ser explicados por la teoría de la selección natural. La selección sexual sería entonces el mecanismo evolutivo que mejor explica el origen y evolución de tales características, donde impulsado por la necesidad reproductiva de los organismos, se desarrollarían formas de competencia, rasgos y/o comportamientos destinados a asegurar la reproducción (Dunham y Rodolf, 2009; Sanderson y Stephen, 2001).

De acuerdo con la teoría darwiniana, el dimorfismo sexual evoluciona cuando los rasgos somáticos que representan una ventaja en la competencia por pareja se seleccionan dentro de un sexo. Tal evento podría darse según dos modelos de selección: intra e intersexual. La primera puede observarse en un contexto en el cual la competencia entre individuos del mismo sexo por el acceso a pareja termina seleccionando ciertas características que le hacen más ventajoso ante su adversario. De acuerdo con este modelo el éxito reproductivo de los machos está limitado por la cantidad de hembras a las que puedan acceder, es decir, la variación en el éxito reproductivo ocurre si algunos machos pueden excluir a otros del acceso a las hembras a través de la competencia agonística y la protección de su pareja. Por otro lado, el modelo de selección intersexual explica la presencia de ciertos rasgos que hacen más atractivos a los individuos que los poseen ante la mirada del sexo opuesto, así la elección constante de aquellos caracteres aseguraría su continuidad (Andersson, M., 1994; Krukoniš, 2008).

Ciertas características podrían incluso considerarse desfavorables para los fines de subsistencia de los individuos que las ostentan, mermando sus capacidades adaptativas con el medio. La teoría de *runaway* (Fisher R.A, 1930) propone que aquellos caracteres que pueden ser vistos como desfavorables en la actualidad pudieron, en su origen, ser todo lo contrario, ventajosos en términos de subsistencia. La atracción y por ende la preferencia de determinado rasgo se relaciona con que la característica en cuestión es una exteriorización de un genotipo ventajoso. Un claro ejemplo es el caso de ciertas aves que, al poseer una cola ligeramente más larga, evidencian una posible ventaja al alzar el vuelo la cual sería de preferencia por el sexo opuesto. Una vez que tal preferencia se ha establecido en la población, aquellas aves que poseen tal atributo están en ventaja por defecto, y por tanto atraerán más parejas, desencadenándose la continua exageración del rasgo en cuestión (Fisher, R.A., 1930; Krukoniš, 2008). Una visión alternativa es la presentada por Zahavi (1975; 1991; Carranza, 1996), quien postula que aquellos atributos supuestamente desventajosos podrían estar siendo elegidos dado que demostrarían la fortaleza del que los posee al sobrevivir a pesar de ello. Por otro lado, demuestran que aquellos que ostentan el carácter han logrado desarrollarlo dado que se encuentran en su mejor estado de salud, en comparación a aquellos que por determinadas carencias no han conseguido su desarrollo o éste se ha visto ampliamente disminuido.

Gran parte de los primates no humanos presentan un alto dimorfismo sexual en características tales como el tamaño y/o peso corporal, tamaño de los caninos, estructura craneofacial, dimensiones del esqueleto, pigmentaciones del pelaje, entre otros (Fleagle J.G., 2013). La mayoría de estos primates antropoides masculinos incrementan su potencial reproductivo enfrentándose directamente a su competencia por el acceso a la hembra. Cualquier característica física que favorezca a los machos a ganar la contienda serán atributos fuertemente favorecidos por selección. Ejemplos de ello se observan en gorilas y orangutanes, en donde los machos llegan incluso a desarrollar un tamaño corporal que puede llegar a duplicar el tamaño de las hembras (Schwartz *et al*, 2005; Breuer *et al*, 2016; Fleagle, J.G., 2013;).

A diferencia, el ser humano actual presenta un dimorfismo sexual muy bajo en comparación con otras especies del orden primate, en donde los individuos masculinos

superan en tamaño corporal a los femeninos en aproximadamente un 7%. A su vez, los homínidos tempranos eran considerablemente más dimórficos en cuanto a tamaño corporal que los homínidos modernos. Tal disminución se ha producido según algunos autores por un incremento en el tamaño de las hembras en relación con los machos. Esta diferencia de tamaño se da desde la embriogénesis, durante el primer trimestre de gestación. Los embriones masculinos son más largos que los femeninos y presentan tasas de crecimiento más rápido. El desarrollo de neonatos con mayor tamaño encefálico, mayor peso y periodos de gestación más largos habrían contribuido a la selección de hembras más grandes, disminuyendo así el grado de dimorfismo sexual (Brace, 1972; Plavcan, 2001). La disminución de la competencia por el acceso a pareja y la introducción de la cultura como otro filtro de selección sexual han hecho que el dimorfismo en nuestra especie sea aún menor. Otros autores asocian este proceso a la inversión prolongada en la progenie por parte de ambos progenitores, especialmente por parte del padre, lo que constituiría la base de la competencia intersexual femenina (N. Barber, 1995).

El dimorfismo sexual también puede ser comprendido en relación al grado con que los individuos pueden defender o monopolizar el acceso a pareja. Las restricciones ecológicas imponen límites en el grado en el cual opera la selección sexual, el acceso a los recursos en un ambiente restrictivo en el cual el éxito reproductivo y la generación de descendencia hacen que se potencien conductas monógamas con el objeto de asegurar los recursos destinados a la crianza. Todos estos factores se asocian a una disminución del dimorfismo sexual. Por otro lado, mientras mayor es el potencial de múltiples parejas a la monopolización de ésta, mayor será en intensidad la selección sexual y la tendencia a la poligamia (Emlen y Oring, 1977). La conducta monógama se asocia en la literatura con una disminución en las tasas de dimorfismo sexual, siendo el tamaño de los machos en especies polígamas entre 1.5 y 2 veces el tamaño de la hembra, mientras que en especies monógamas tal diferencia disminuye considerablemente (Gray y Wolfe, 1980; Holden y Mace, 1999).

Determinación de Sexo a partir del Análisis Osteológico

En el análisis bioantropológico la determinación de sexo se realiza principalmente mediante el análisis de la forma y el tamaño de los restos óseos de individuos que han alcanzado su madurez sexual. Si bien actualmente existe un amplio desarrollo en cuanto a metodologías de análisis molecular de alta precisión para la determinación de sexo, en términos prácticos se tiende a privilegiar métodos que sean aplicables *in situ*, de bajo costo, no destructivos e igualmente exactos (Rösing *et al.*, 2007). Tales métodos se pueden clasificar como morfooscópicos y antropométricos.

Los métodos de análisis morfooscópico son de carácter cualitativo, utilizan la observación directa de determinados rasgos que poseen una gradiente de expresión específica, divergente para cada sexo, con tal de evidenciar las diferencias en el registro óseo. Estos métodos poseen la ventaja de que no requieren del uso de herramientas y a menudo

pueden realizarse con relativa rapidez por un antropólogo con experiencia en el campo (Stewart, 1979; Dirkmaat *et al.*, 2008). Sin embargo, poseen la desventaja de estar sujetos a un fuerte error intra e inter observador y dependen en gran medida de la experiencia del investigador en el manejo de la técnica, así como del conocimiento de la población de estudio (Giles y Elliot, 1963; Dirkmaat *et al.*, 2008). Dado que siempre existe un rango de congruencia o traslape de las características analizadas dentro de su variabilidad biológica, es usual encontrarse en el escenario en el que las variables entregan características confusas o ambiguas, clasificándose esos individuos como indeterminados.

Por otra parte, los métodos antropométricos corresponden a técnicas cuantitativas de análisis, presentan una mayor facilidad de replicación dado que se basan en puntos osteométricos estandarizados y generan una estimación más certera del sexo ya que los resultados no dependen del juicio ni de la experiencia del observador. Otra ventaja del análisis antropométrico es el empleo de modelos de predicción basados en las mediciones, eliminando así el sesgo en el uso del tamaño en sí mismo como un indicador de sexo (Borgognini, 1986; Arsuaga *et al.*, 1994). Tales técnicas incrementan los niveles de precisión y presentan una buena aplicabilidad en contextos en los cuales el registro osteológico se encuentra incompleto o fragmentado (Kimmerle *et al.*, 2008; Kamath, 2015; Spradley y Jantz, 2011).

El dimorfismo sexual en el esqueleto humano se expresa en distintas magnitudes dependiendo del segmento óseo analizado. El esqueleto completo ostenta valores cercanos al 99% de precisión en la estimación de sexo utilizando tanto métodos morfológicos como métricos en conjunto (Buikstra y Ubelaker, 1994), sin embargo, el estado de completitud de los restos esqueléticos varía dependiendo del hallazgo y muchas veces la fragmentación o ausencia de segmentos óseos hace que no se puedan utilizar todos los métodos esperados (Spradley y Jantz, 2011).

El segmento corporal más afecto al dimorfismo sexual y por ende más preciso para la determinación de sexo corresponde a la cintura pélvica. El dimorfismo sexual pélvico se debe principalmente a los cambios que se producen durante la adolescencia para cumplir los requisitos de parto en las mujeres (Singh y Potturi, 1978; Iscan y Derrick, 1984; Budinoff y Tague, 1990). La pelvis femenina crece más en anchura que en altura, mientras que el crecimiento de la pelvis masculina tiende a retener características morfológicas de ambos sexos antes de la adolescencia (Coleman, 1969). La observación morfológica de estos huesos tiende a hacer predicciones exitosas de un 95% a 98% (Krogman e Iscan, 1986; Sutherland y Suchey 1991).

Por otra parte, la observación morfoscóptica de cráneo sería el segundo mejor predictor de sexo cuando la cintura pélvica no se encuentra disponible, con un 80-90% de precisión (Donnelly *et al.*, 1998, France D.L., 1998). El dimorfismo sexual presente en el cráneo es en gran magnitud dependiente de los cambios que ocurren durante la pubertad, específicamente relacionados a la expresión de caracteres sexuales secundarios en los individuos de sexo masculino en esta fase del crecimiento. Los individuos masculinos

presentan cráneos en promedio más robustos y más grandes que los femeninos y reflejan un alto desarrollo muscular y de densidad ósea, mientras que el cráneo femenino tiende a retener características pedomórficas (Weiss, 1972; Konigsberg y Hens, 1998; Burris y Harris, 1998; Walrath *et al.*, 2004). Sin embargo, algunos rasgos craneales parecen estar altamente influenciados por ancestría y factores ambientales a un grado tal que las diferencias de sexo son más difíciles de identificar a menos que se conozca el contexto demográfico-poblacional de procedencia (Walker, 2008).

Análisis Craneométricos

El análisis craneométrico para la determinación de sexo ha sido estudiado en varias poblaciones con una gran cantidad de variables puestas a prueba, tanto en análisis univariantes como de conjuntos de medidas (Anexo 1). En población chilena se encuentran escasas referencias en las fuentes consultadas, la mayoría desarrolladas en muestras de colecciones arqueológicas (Rothhammer *et al.*, 2002; Hernandez, 1992; Cocilovo *et al.*, 2014).

Estudios craneométricos de determinación de sexo realizados en diversas poblaciones presentan modelos de predicción que integran variables de varios segmentos craneales en conjunto, obteniendo en general buenos niveles de predicción las que en algunos casos bordean el 90% de acierto. Ecuaciones discriminantes que integran medidas generales de cráneo alcanzan un 90.6% de acierto en población tailandesa (Mahakkanukrauh *et al.*, 2015). Un porcentaje de acierto del 89% se ha obtenido en población anglo y afroamericana (Giles, 1963), en población cretense se obtienen tasas de acierto de hasta un 87.1% (Kranioti, 2008). Tasas de acierto de un 85.7% se han obtenido en población blanca sudafricana (Steyn e Iscan, 1998). Menores porcentajes de acierto se registran para población japonesa e india, de 84.1% y 64.3% (Iscan *et al.*, 1995; Ramamoorthy *et al.*, 2016).

Tasas de precisión de un 83.5% se han obtenido para ecuaciones discriminantes provenientes de variables de bóveda craneal en población blanca sudafricana (Steyn e Iscan, 1998) y de un 82.6% en población cretense (Kranioti, 2008). Análisis de funciones discriminantes realizadas en variables de base craneal han sido realizados principalmente en base a medidas del agujero magno y los cóndilos occipitales. Porcentajes de acierto de un 87.2% se han obtenido en población india (Kamath, 2015). En población angloamericana se observan tasas de acierto que fluctúan entre un 70 a 85% de precisión. Porcentajes de acierto inferiores a un 80% se obtienen en población británica, francesa e india (Gapert *et al.*, 2009; Macaluso, 2011; Kamath, 2015; Günay y Altinkök, 2000).

Análisis desarrollados en el área craneofacial evidencian tasas de acierto de un 81,1% de acierto en población blanca sudafricana (Steyn e Iscan, 1998) y de 78% a 81.9% en población india (Shah *et al.*, 2016; Ramamoorthy *et al.*, 2016). La amplitud bizigomática es

una variable controvertida dado que se presenta en algunos estudios dentro del conjunto de medidas con valores poco significativos (Giles y Elliot, 1963) mientras que en otros análisis corresponde a la variable más dimórfica (Kranioti *et al.*, 2008; Steyn e Iscan, 1998, Kraniotti *et al* 2008). Porcentajes de acierto de un 82% se han obtenido para variables craneofaciales y mandibulares en conjunto craneal (Steyn e Iscan, 1998).

Análisis Métrico Postcraneal

El esqueleto postcraneal incluye todos los huesos del organismo exceptuando los del cráneo. Se constituye en un individuo adulto de aproximadamente 177 segmentos óseos. Análisis de dimorfismo sexual en postcráneo han sido realizados en varias poblaciones (Anexo 2), predominando los modelos ajustados para población americana y europea (Bass, 2005; Iscan y Stein, 2013). En población latinoamericana estos estudios son más bien escasos (Tise *et al.*, 2013) y han sido desarrollados en muestras provenientes de varias poblaciones distintas, lo cual genera un importante sesgo en la muestra y disminuye su aplicabilidad. En Chile la situación no es más favorable, existiendo un bajo número de análisis métricos postcraneales (Ross y Manneschi, 2011; Garrido-Varas *et al.*, 2014; Pontigo F, 2015; Earll M, 2015; Peckmann *et al.*, 2016, Carvallo, 2019). A continuación, se sintetizarán los trabajos desarrollados en Chile y Latinoamérica.

Población Chilena

En población chilena los primeros estudios de dimorfismo sexual en postcráneo se desarrollaron en torno a las diferencias dadas por la estatura de los individuos, desde una perspectiva comparativa y asociada a las tasas de crecimiento específicas de la población (Valenzuela *et al.*, 1978; Valenzuela, 1983). Ross y Manneschi (2011), utilizando una muestra de la colección subactual de Santiago (ex Cementerio General), desarrollaron un modelo predictivo para determinar sexo y estatura en base a 3 medidas de húmero y fémur, las cuales fueron seleccionadas dado que demostraron ser buenos indicadores en población euroamericana. Al evaluar los índices de precisión obtenidos en su diseño se cuestiona que el criterio de elección de las variables puede no ser el apropiado para población chilena dadas las diferencias en las proporciones corporales de los distintos grupos poblacionales (Earll, 2015).

Un estudio posterior empleando una muestra de esta misma colección, utilizó 14 variables métricas postcraneales para construir un método de determinación de sexo a partir de un análisis de función discriminante univariante. Las mejores variables demostraron ser la altura de la cavidad glenoidea de la escápula, el diámetro transverso de la cabeza humeral, el ancho epicondilar del húmero y el diámetro transverso de la cabeza femoral, con porcentajes de acierto entre 87% y 89%. Los autores además concluyeron que la asimetría bilateral no fue significativa (Garrido Varas *et al.*, 2014). Otro estudio realizado en una muestra de la misma colección concluyó que las medidas que mejor discriminan sexo son diámetro máximo de la cabeza femoral, diámetro vertical de la cabeza humeral y amplitud anatómica de la escápula, con porcentajes de acierto de 87%, 85.9% y 84.1%, respectivamente (Earll, M., 2015).

Una sustancial mejora en la clasificación se obtuvo a partir de un análisis discriminante multivariante, en donde los mejores indicadores fueron obtenidos a partir de funciones que integran medidas de fémur, húmero, radio y escápula, con tasas de acierto de un 89.3%, 90.4%, 90.6% y 92.7%, respectivamente (Pontigo, 2015). Similar resultado se obtuvo a partir de un análisis de función discriminante en la escápula. Se observó que el largo de la cavidad glenoidea presenta un mayor dimorfismo sexual que la amplitud, así también, ambas medidas integradas en una función multivariante ostentan un 86% de acierto en la clasificación por sexo (Peckmann *et al.*, 2016).

Buenos niveles de precisión se observan en los resultados obtenidos en medidas de fémur proximal mediante un análisis de regresión logística, siendo la ecuación que integra las variables del diámetro mínimo del cuello femoral medido en sentido supero-inferior (FNW) y la distancia entre el punto más lateral del gran trocánter y el punto más superior de la fóvea capitis (GTFC) la mejor puntuada, con un 95.7% de acierto (Carvallo, 2019).

No se encuentra información de estudios realizados en esternón ni sacro para la determinación de sexo en población chilena (Ross y Manneschi, 2011; Garrido-Varas *et al.*, 2014; Pontigo, 2015; Earll, 2015; Peckmann *et al.*, 2016).

Población Latinoamericana

En población latinoamericana los mejores resultados se han obtenido de fórmulas discriminantes realizadas a partir de variables métricas de la cintura escapular y miembro superior. Destaca entre los mejores niveles de precisión la función discriminante realizada en variables de escápula en población mexicana, con un 95.55%. Le sigue la ecuación de variables de fémur con un 92.97% y de tibia con un 91.52% en la misma población (Spradley *et al.*, 2015).

Entre las variables claviculares evaluadas, destaca el largo máximo como una de las mejores variables predictoras con un 87% de acierto, elevándose hasta un 88.9% mediante modelos multivariantes. El radio alcanza una tasa de acierto de un 90.54% a partir de combinaciones de variables de largo máximo y diámetros diafisarios en población mexicana, similar resultado se obtuvo a partir de un análisis en población de diversos países hispanos (Tise *et al.*, 2013; Spradley *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos para el diámetro de la cabeza humeral y la amplitud epicondilar para población latinoamericana alcanzan rangos entre 85% a 88.96% mediante modelos multivariantes realizados en población mexicana e hispana en general, en población guatemalteca se obtiene un alto nivel de precisión para la medida de cabeza humeral, alcanzando un 95.5% (Frutos, 2005). En ulna se ha obtenido un nivel de acierto de 81% a 86.8% en la estimación de sexo en base a modelos multivariantes realizados en las mismas poblaciones (Tise *et al.*, 2013; Spradley *et al.*, 2015).

En miembro inferior destacan los resultados obtenidos para las funciones multivariantes realizadas en fémur y tibia en población mexicana, ambas sobre un 90% de precisión, siendo los mejores predictores el diámetro de la cabeza femoral y la circunferencia diafisaria a la altura del foramen nutricio en la tibia (Spradley *et al*, 2015). Se observa niveles de acierto significativamente inferiores obtenidos para ambos segmentos óseos mediante ecuaciones multivariantes realizadas en poblaciones que incluyen varios países latinoamericanos en conjunto, las que no superan el 84% (Tise *et al*, 2013). Significativamente menores tasas de acierto son las obtenidas para sacro a partir de la amplitud de S1 (77.5%), el largo máximo fibular (74.7%) y la amplitud del calcáneo (74.7%).

No se encontró referencia a estudios realizados en esternón en las fuentes consultadas (Tise *et al*, 2013; Frutos, 2005, Spradley *et al*, 2015).

Otras Poblaciones

A partir de investigaciones realizadas en diversas poblaciones se observa que las estructuras óseas que componen la cintura escapular y miembro superior ostentan un buen poder discriminante en la determinación de sexo, obteniendo tasas de acierto superiores al 90% en la generalidad de poblaciones estudiadas (Spradley y Jantz, 2011; Safont *et al*, 2000; Saunders y Hoppa, 2013; Murphy, 2002a; Dabbs y Moore-Jansen, 2010; Charisi *et al*, 2010; Mall *et al*, 2001; Sakahue, 2004; Steyn e Iscan, 1999).

El húmero demuestra ser un buen elemento diagnóstico y ha sido ampliamente estudiado en poblaciones diversas. Los mejores indicadores demuestran ser la circunferencia mínima de la diáfisis media con tasas de acierto que alcanzan un 96.2% (Safont *et al*, 2000) y ecuaciones multivariantes que integran medidas de largo máximo, diámetro vertical de la cabeza humeral y amplitud epicondilar (Charisi *et al*, 2010). Otro segmento óseo que ostenta alto poder predictivo corresponde a la escápula. Sus valores de acierto oscilan entre 91.3% a 95.7% mediante modelos multivariantes realizados a partir de variables como altura y ancho del cuerpo escapular, largo de la espina, espesor del borde lateral y altura de la cavidad glenoidea (Dabbs y Moore-Jansen, 2010; Hudson *et al*, 2016). La clavícula confirma los buenos índices de precisión obtenidos en la cintura escapular, con rangos de precisión que oscilan entre 89.5% a 93.7% (Sehrawat, 2016; Doshi y Bhaskar, 2017; Akhlaghi *et al*, 2012). Destacan las variables como diámetro de la circunferencia a la altura de la diáfisis media, largo posterior, amplitud anteroposterior y midsagital (Spradley y Jantz, 2011). Los huesos del antebrazo han sido ampliamente estudiados en distintas poblaciones y los resultados obtenidos son variados, siendo las variables que más contribuyen el diámetro sagital de la cabeza del radio y la amplitud de la diáfisis media de la ulna, con tasas de acierto que alcanzan un 98% en población japonesa (Sakaue, 2004; Allen *et al*, 1987; Berrizbeitia, 1989).

Investigaciones realizadas en el miembro inferior demuestran en general buena predicción, siendo el fémur uno de los huesos largos más estudiados. Valores que oscilan entre un 80.9% y un 98% de acierto han sido obtenidos para este segmento, siendo el mejor indicador la amplitud bicondilar en población japonesa (Barrier y L'Abbé, 2008; Sakaue, 2004; Asala *et al*, 2004; Steyn e İscan, 1997). En tibia y fíbula los resultados obtenidos son más discretos exceptuando los estudios realizados en población japonesa, donde se obtuvo un 97% de precisión para la amplitud de la epífisis proximal de la tibia (Sakaue, 2004). Valores que oscilan entre un 77.84% y 92.7% han sido obtenidos para ecuaciones que integran el largo máximo, circunferencia de la diáfisis media y diámetro anteroposterior de la tibia (İscan y Miller-Shaivitz, 1984; Saunders y Hoppa, 2013; Introna *et al*, 1987). Tasas de acierto desde 81.28% a 90.6% han sido obtenidas para medidas de fíbula, siendo los mejores indicadores variables métricas de la epífisis distal (Spradley y Jantz, 2011; Sacragi e Ikeda, 1995).

Segmentos óseos menos estudiados corresponden a esternón, sacro y calcáneo. Investigaciones realizadas en esternón demuestran que los datos obtenidos de variables únicas no presentan buenos porcentajes de acierto, por lo que la utilidad en la construcción de modelos discriminantes es baja. Índices que integran proporciones manubrio-cuerpo y la amplitud de la tercera esternebra han sido utilizados generando rangos de acierto de 80% a 89.8% al integrar las variables en regresiones multivariantes (Sehrawat, 2016; Macaluso, 2010; Singh y Pathak, 2013; Stewart y McCormick, 1983).

Estudios realizados en sacro se basan principalmente en el uso de índices o modelos multivariantes, dado que los niveles de precisión de las variables por separado no presentan resultados significativos (Benazzi *et al*, 2009). Tasas de acierto de 72% se han obtenido a partir de estudios que evalúan el diámetro transversal de S1 (Spradley y Jantz, 2011). Funciones discriminantes realizadas en población euroamericana y afroamericana han dado como resultado niveles de precisión de hasta 84.91% en base a medidas de alto, ancho, longitud articular y diámetro de S1 (Flander, 1978).

Similares son los resultados obtenidos para calcáneo, estudios realizados en este segmento óseo presentan porcentajes de acierto de 77% a 89.9% en base a variables de largo máximo, amplitud media y amplitud mínima transversal (Spradley y Jantz, 2011; Murphy, 2002b; Gualdi-Russo, 2007; Bidmos y Alsala, 2003, 2004).

CAPÍTULO III

Justificación de la Investigación

Dictadura Militar Chilena

Hacia finales de la Segunda Guerra Mundial, durante la Guerra Fría, América Latina se vio condicionada políticamente por la confrontación ideológica y de poder entre el bloque capitalista y comunista. Tal confrontación se tradujo en la supresión de las repúblicas democráticas mediante el control ejercido por las fuerzas armadas tras pronunciamientos de índole militar (Manzi, 2003).

La oleada de dictaduras militares que asolaron Latinoamérica durante el siglo XX no dejó exento a Chile. Corría la mañana del 11 de septiembre de 1973 y a través de las antenas de radiotransmisión de Radio Magallanes se oía la voz del ex presidente de la República, Salvador Allende Gossens, pronunciar las palabras que marcarían el inicio del golpe de estado (Piper, 2005)

“Habla el Presidente de la República desde el Palacio de La Moneda. Informaciones confirmadas señalan que un sector de la marinería habría aislado Valparaíso y que la ciudad estaría ocupada, lo que significa un levantamiento contra el Gobierno, del Gobierno legítimamente constituido, del Gobierno que está amparado por la ley y la voluntad del ciudadano...” (Allende S, 1973)

La incertidumbre del proceso se extendió por pocas horas, hasta que las cúpulas de las Fuerzas Armadas y de Orden lograron tomar posición y control de gran parte del territorio mediante unidades blindadas y de infantería del ejército. Hacia el mediodía se podía ver sobrevolar desde el centro de gobierno nacional aviones *Hawker Hunter* de la Fuerza Aérea de Chile, los cuales bombardearon sistemáticamente el Palacio de la Moneda, generando una destrucción masiva por primera vez vista en la historia de la República Chilena. Minutos después del bombardeo caía la moneda y el cuerpo del ex presidente Salvador Allende Gossens era encontrado sin vida en el salón principal del centro de gobierno (Osorio, 2012).

“Seguramente, ésta será la última oportunidad en que pueda dirigirme a ustedes. La Fuerza Aérea ha bombardeado las antenas de Radio Magallanes. Mis palabras no tienen amargura sino decepción. Que sean ellas un castigo moral para quienes han traicionado su juramento: soldados de Chile, comandantes en jefe titulares, el almirante Merino, que se ha autodesignado comandante de la Armada, más el señor Mendoza, general rastrero que sólo ayer manifestara su fidelidad y lealtad al Gobierno, y que también se ha auto

denominado Director General de carabineros. Ante estos hechos sólo me cabe decir a los trabajadores: ¡No voy a renunciar!

Colocado en un tránsito histórico, pagaré con mi vida la lealtad del pueblo. Y les digo que tengo la certeza de que la semilla que hemos entregado a la conciencia digna de miles y miles de chilenos, no podrá ser sesgada definitivamente. Tienen la fuerza, podrán avasallarnos, pero no se detienen los procesos sociales ni con el crimen ni con la fuerza. La historia es nuestra y la hacen los pueblos [...] Trabajadores de mi Patria, tengo fe en Chile y su destino. Superarán otros hombres este momento gris y amargo en el que la traición pretende imponerse. Sigán ustedes sabiendo que, mucho más temprano que tarde, de nuevo se abrirán las grandes alamedas por donde pase el hombre libre, para construir una sociedad mejor.

¡Viva Chile! ¡Viva el pueblo! ¡Vivan los trabajadores!

Estas son mis últimas palabras y tengo la certeza de que mi sacrificio no será en vano, tengo la certeza de que, por lo menos, será una lección moral que castigará la felonía, la cobardía y la traición.” (Allende S, 1973)

Tales fueron parte de las últimas palabras del discurso proclamado por Salvador Allende en el día del Golpe Militar, palabras que relatan una ruptura violenta de la tradición democrática de nuestro país. Finalizaba una historia y con ella se irrumpe drásticamente el proceso de cambios y reformas que se habían gestado desde los años sesenta. Chile quedaría absorto por 17 años en un régimen militar liderado por el comandante en jefe Augusto Pinochet Ugarte, régimen que avalaría persecuciones, muertes, torturas, desapariciones y la coacción de los cuerpos de aquellos ciudadanos que se manifesten en contra de lo que los golpistas considerarían fuera del orden establecido (Manzi, 2003; Policzer, 1998).

Cientos de personas fueron asesinadas durante las primeras semanas que siguieron al golpe militar y miles fueron encarcelados en provisorios campos de concentración. La violación sistemática de los derechos humanos se sostuvo durante años, a partir de la institucionalización de las prácticas de tortura mediante el ejercicio de poder de instituciones como la Dirección de Inteligencia Nacional (DINA, 1973 a 1977) y posteriormente el Centro Nacional de Informaciones (CNI, 1977 a 1989), (Policzer, 1998).

Tal institucionalización de las prácticas de tortura generó una red prolongada y masificada de persecución, encarcelamiento, secuestro, tortura, asesinato y desaparición forzosa que se cuantificó en más de 40.000 víctimas de violencia durante el período de dictadura cívico-militar, desde el mes de septiembre de 1973 a 1990, sin considerar los exiliados políticos y familias de las víctimas directas de detenidos desaparecidos (2004. Nómina de personas reconocidas como víctimas. Información Comisión Valech).

Finalizada la dictadura militar, instituciones como el Grupo de Antropología Forense y posteriormente la unidad de Derechos Humanos del Servicio Médico Legal (SML) llevaron a cabo la labor de ejecutar las pericias relativas a la identificación y establecimiento de las

causas de muerte de las personas que fueron asesinadas por las FFAA y de orden durante el período de dictadura militar. La determinación correcta de sexo dentro de la reconstrucción del perfil biológico en casos de DDHH es trascendental, considerando que las fórmulas de estimación de estatura y edad difieren en función del sexo de los individuos (Garvin et al., 2014).

La presente investigación pretende ser un aporte tangible en el desarrollo de metodologías confiables y estandarizadas de estimación de sexo, utilizando una muestra de la Colección Subactual de Santiago, cuyo valor de estudio es invaluable dada su magnitud y su documentación caso a caso, la que permite además brindar un acercamiento a aquellos contextos forenses subactuales de muertes extrajudiciales ocurridas durante el periodo de dictadura militar.

CAPÍTULO IV

Objetivos

Objetivo general

Caracterizar el dimorfismo sexual de la población subactual de Santiago, Chile, proponiendo métodos de estimación de sexo a partir de caracteres métricos craneales y postcraneales con un ajuste adecuado para población chilena contemporánea, a partir de dos métodos estadísticos.

Hipótesis de trabajo:

Existe asociación entre el sexo documentado y cada una de las medidas estudiadas.

Objetivos específicos

1. Evaluar la magnitud y distribución del dimorfismo sexual presente en registro osteológico de individuos de población chilena subactual mediante el cálculo del IDS en variables craneales y postcraneales.
2. Discutir las diferencias del índice de dimorfismo sexual obtenido para las variables craneométricas y postcraneales, evaluando su aplicabilidad práctica en la generación de modelos de determinación de sexo.
3. Generar modelos estadísticos de predicción de sexo para cada conjunto de variables mediante la aplicación de dos técnicas estadísticas (Análisis Discriminante Lineal y Regresión Logística Binaria), comparando el poder de predicción de ambas.

CAPÍTULO V

Materiales

La muestra forma parte de la Colección Subactual de Santiago (ex colección Cementerio General), la cual se halla bajo la tutela del Departamento de Antropología de la Universidad de Chile, bajo el Código Sanitario de la República de Chile (D.F.L. 725/67 Artículos 146 y 147). Se constituye como una colección de restos bioantropológicos esqueletizados, con un número total aproximado de alrededor de 1617 individuos, cuya data de muerte se encuentra entre los años 1960 y 1986. Gran parte de estos individuos presentan documentación del sexo, edad, fecha de nacimiento, fecha de muerte y causa de muerte. De este total, 1644 individuos se encuentran sistematizados hasta la fecha gracias a diversos proyectos de conservación, manejo y puesta en valor de este material. Dentro de estos proyectos destaca el proyecto cofinanciado por la fundación Andes el año 2001 (Lemp *et al*, 2008) y el Proyecto Bicentenario: Trayectorias de Patrimonialización (2016), en el cual se llevó a cabo la puesta en valor de tal colección osteológica mediante el tratamiento de la información en el software Osteoware. Estos restos representan un segmento poblacional periférico de principios y mediados del siglo XX en un contexto socioeconómico de alta vulnerabilidad y privación de servicios básicos (Abarca, 2011). El valor de estudio de esta colección es invaluable, dada su magnitud y su documentación caso a caso. Su data se constituye como un acercamiento a la realidad de la población de Santiago de principios y mediados del siglo XX. Presenta además un gran potencial de ayuda en el desarrollo de modelos que se ajusten a contextos de muertes extrajudiciales ocurridas durante el periodo de dictadura militar durante los años 1973 a 1990.

Se seleccionó una muestra aleatoria de 320 individuos, 162 femeninos y 156 masculinos. Se incluyeron solo individuos que hayan alcanzado su madurez sexual, siendo estos mayores a 20 años al momento de su muerte. La edad se constató a partir del registro de su ficha de defunción, en donde se especifica el nombre del individuo, su sepultura, la edad al momento de muerte y la causa de su deceso. Un 27,7% de la muestra analizada no cuenta con tal información, por ende, se realizó la estimación de edad y sexo mediante métodos antroposcópicos convencionales.

Se obtuvo un total de 81 mediciones por individuo, de las cuales 31 corresponde a variables de cráneo y 50 de postcráneo. Para el análisis craneométrico se seleccionó un total de 31 medidas, las cuales fueron divididas en 4 áreas craneales: 7 medidas para bóveda craneal, 10 medidas de base craneal, 7 medidas de esplanocráneo y 6 medidas mandibulares (Anexo 3). Para el relevo de estos datos se utilizó herramientas tales como calibre de espesor digital, pinza de difusión (´10) y mandibulómetro.

En el esqueleto postcraneal se seleccionó un conjunto de 11 segmentos óseos de los cuales se relevó un total de 50 mediciones basadas en el estándar de antropometría de Moore-Jansen *et al*. (1944), (Anexos 4 y 5). Las medidas fueron relevadas por protocolo de segmentos óseos del lado izquierdo. Al encontrarse ausente o no apto para realizar la

medición, se utilizó el lado derecho. Tal decisión metodológica se sustentó en la convención común de preferencia del segmento izquierdo en estudios antropométricos (Tise *et al*, 2013; Spradley *et al*, 2015; Frutos, 2005; Spradley y Jantz, 2011; Safont *et al*, 2000; Saunders y Hoppa, 2013; Murphy, 2002a; Dabbs y Moore-Jansen, 2010; Charisi *et al*, 2010; Mall *et al*, 2001; Sakahue, 2004; Steyn e Iscan, 1999; Alsala, 2004). Si bien hay registro de asimetría bilateral en diversos huesos largos del ser humano, asociándose generalmente a procesos de estrés medioambiental durante el crecimiento y desarrollo de los individuos (Albert y Greene, 1999; Deleon, 2007), para población chilena, particularmente en la colección osteológica analizada, no se ha identificado diferencias estadísticamente significativas dadas por la lateralidad de los restos óseos, exceptuando un número muy menor de variables las que no fueron integradas en la presente investigación (Garrido-Varas *et al.*, 2014; Pontigo F, 2015; Earll M, 2015; Carvallo, 2019). Para el relevo de las variables postcraneales se utilizó un calibre de corredera digital, tabla osteométrica y cinta métrica.

El total muestral varió dependiendo del segmento analizado (Tablas 1 y 2), dado que el nivel de completitud de cada uno de los esqueletos seleccionados no es igual entre ellos, existiendo un significativo porcentaje de ausencia de algunos huesos, además de la gran cantidad de segmentos óseos que fueron descartados dada la presencia de patologías o deterioro tafonómico. Con el objeto de facilitar el procesamiento de los datos se utilizó una abreviación para cada una de las variables craneales y postcraneales (Anexos 3, 4 y 5).

Tabla 1. Número total de la muestra en función del sexo de los individuos, dado para cada variable craneal.

		N femeninos	N masculinos	N total
BOVEDA CRANEAL	LMAX	98	92	190
	LSAG	109	109	218
	AMAX	95	90	185
	NA-BR	70	74	144
	BR-LA	86	97	183
	LA-OP	56	70	126
	BA-BR	63	69	132
BASE CRANEAL	BA-PR	47	61	108
	BA-NS	86	90	176
	BA-NA	109	105	214
	AU-AU	108	108	216
	LFM	104	115	219
	AFM	105	114	219
	LCOND	106	112	218
	ACOND	106	112	218
	ABIC	102	109	211
AINTERC	105	106	211	
ESPLACNOCRÁNEO	AM-FR	116	115	231
	AM-FAC	97	104	201
	AM-BIZ	92	101	193
	AM-NAS	97	107	204
	AL-NAS	95	104	199
	NA-PR	54	71	125
	AM-ORB	102	108	210
	AL-ORB	102	108	210
1MANDÍBULA	CO-CO	68	94	162
	GO-GO	89	106	195
	RMIN	104	123	227
	RMAX	101	120	221
	LMAN	92	113	205
	ALMAN	92	112	204

Tabla 2. Número total de la muestra en función del sexo de los individuos, dado para cada variable postcraneal.

		N Femenino	N Masculino	N total
Clavicular	CL1	114	120	234
	CL2	114	121	235
	CL3	114	121	235
	CL4	94	113	207
Escapula	ESC1	99	102	201
	ESC2	105	110	215
	ESC3	125	130	255
	ESC4	114	122	236
	ESC5	65	84	149
	ESC6	80	96	176
Es	EST1	40	62	102
	EST2	49	63	112
Húmero	HU1	119	124	243
	HU2	119	124	243
	HU3	119	124	243
	HU4	118	126	244
	HU5	117	124	241
	HU6	119	126	245
Radio	RA1	118	119	237
	RA2	118	119	237
	RA3	118	119	237
	RA4	118	119	237
	RA5	71	65	136
Ulna	UL1	110	110	220
	UL2	112	111	223
	UL3	110	110	220
	UL4	110	110	220
	UL5	95	97	192
	UL6	97	97	194
	UL7	97	96	193
Sacra	SA1	62	87	149
	SA2	72	91	163
	SA3	70	98	168
Fémur	FE1	154	146	300
	FE2	154	146	300
	FE3	151	147	298
	FE4	154	148	302
	FE5	154	148	302
	FE6	154	148	302
Tibia	TI1	148	143	291
	TI2	148	140	288
	TI3	146	142	288
	TI4	154	148	302
	TI5	154	148	302
	TI6	132	136	268
FIB	FIB1	108	100	208
	FIB2	108	100	208
Calcá	CAL1	109	89	198
	CAL2	110	88	198
	CAL3	88	85	173

Métodos de análisis

Los datos fueron analizados utilizando el software estadístico Minitab v.17.3.0 (2013). El procesamiento de los datos se realizó de forma análoga tanto para las variables craneales como para postcráneo. Se evaluó el error inter e intra observador en la muestra seleccionada en el estudio mediante un análisis de concordancia (Lin, 1989). Para esto se tomó una submuestra aleatoria de 12 individuos completos (6 femeninos, 6 masculinos), en los cuales se repitió un set de mediciones postcraneales por el mismo observador en eventos distintos (error inter-observador) y por un tercero (error intra-observador). Para variables craneales se tomó una submuestra aleatoria de 20 individuos completos (10 femeninos, 10 masculinos) para evaluar el error intra-observador (Anexo 6 y 7).

Análisis estadísticos descriptivos

Se generó una serie de análisis estadísticos descriptivos para cada una de las variables las cuales fueron sistematizadas en tablas de contenido. Se identificó una serie de valores atípicos presentes a partir de la generación de gráficos de valores individuales. Tales individuos fueron removidos de la base de datos.

Se evaluó la distribución de los datos mediante el cálculo del estadístico Anderson-Darling y gráficos de representación de distribución de frecuencias). La prueba A^2 se basa en la comparación de la distribución de probabilidad acumulada empírica (siendo ésta el resultado obtenido de los datos) con la distribución de probabilidad acumulada teórica (definida en la H_0), bajo la premisa de la H_0 que indicaría que las variables analizadas provienen de una distribución normal.

Se evaluó el supuesto de igualdad de varianzas mediante la aplicación de dos técnicas estadísticas diferenciales en función de la distribución de los datos: Prueba de Fisher para datos distribuidos normalmente y Prueba de Levene para datos con distribuciones asimétricas, siendo el objetivo de ambos contrastar la H_0 que indica que la varianza de ambas muestras es igual. Mientras la prueba de Fisher se basa en la razón de las estimaciones, la prueba de Levene considera las distancias de las observaciones con respecto a la mediana de la muestra, generando un mejor ajuste para datos con distribuciones asimétricas. Se utilizaron herramientas gráficas para las pruebas de equivalencia, de contraste entre el intervalo de confianza (IC) y los promedios de los grupos femenino y masculino, así como del IC de chi-cuadrado al 95% para la desviación estándar.

Se realizaron comparaciones muestrales a partir de la aplicación de dos técnicas estadísticas, con el objeto de contrastar la hipótesis de asociación entre el sexo y las medidas estudiadas. Para los datos que presentan una distribución gaussiana se utilizó una prueba de diferencias de medias T de Student para dos muestras independientes, mientras que para aquellos datos que no provienen de una distribución normal se aplicó la

prueba de diferencia de medianas de Mann-Whitney. La prueba T para dos muestras independientes se basa en los supuestos de normalidad de los datos, requiere además conocer si las varianzas poblacionales son iguales o difieren entre ambos grupos con tal de aplicar una corrección a los datos en función de su varianza. El estadístico U de Mann-Whitney corresponde a la versión no paramétrica de comparación de dos muestras independientes, se definió el error tipo I en 5% para ambos estadísticos. Se evaluó la dirección de asimetría en la distribución de las muestras mediante la aplicación de herramientas gráficas.

Evaluación del Dimorfismo Sexual

Para evaluar la magnitud del dimorfismo sexual expresado en el registro óseo se calculó el Índice de Dimorfismo Sexual (IDS) para cada una de las variables seleccionadas de cráneo y postcráneo mediante la función propuesta por Ricklan y Tobias (1986) en la cual μ_m corresponde al promedio de las mediciones del conjunto masculino y μ_f al promedio de mediciones del grupo femenino (ver figura 1).

$$IDS = \frac{\mu_m - \mu_f}{\mu_m} \times 100$$

Figura 1. Fórmula del cálculo del IDS según Ricklan y Tobias (1986).

entre las medias de las muestras que se obtendrían si se seleccionara muestras similares de la misma población. Se calculó también el intervalo dado por la desviación estándar con el objeto de representar que tan dispersos se hallan los datos respecto a su media, asumiendo una distribución normal.

Se realizó paralelamente el cálculo del error estándar de la media (ee), la desviación estándar de la distribución (σ) y el coeficiente de variación para cada una de las medidas (cv), evaluando así la dispersión de los datos con relación a sus tendencias centrales. Se realizó además el cálculo de los intervalos de error dados por el error estándar de la media, con tal de evidenciar la variabilidad

Desarrollo de Modelos de Predicción de Sexo

Se realizó un estudio comparativo a partir de dos modelos de análisis estadístico de predicción: Análisis de Función Discriminante Lineal (AFD) y Regresión Logística Binaria (RL). Ambos métodos se clasifican dentro de las técnicas de dependencia, cuyo objetivo es explicar o predecir un fenómeno definido por una variable dependiente en función de una serie de factores independientes que guarden relación y tengan influencia en el comportamiento de la variable que se pretende predecir. En la presente investigación las variables independientes corresponden a las medidas craneales y postcraneales seleccionadas, en tanto la variable dependiente será el sexo de los individuos. La

aplicación de ambos modelos responde a la necesidad de generar métodos cada vez más precisos y con un mejor ajuste dado para población chilena, por tanto, se busca determinar cuál de las técnicas mencionadas anteriormente permite realizar un mejor modelo de predicción de sexo.

Análisis Discriminante de Función Lineal de Fisher

El Análisis Discriminante de Función Lineal de Fisher permite estudiar las diferencias entre dos o más grupos definidos a priori con respecto a varias variables simultáneamente, su objetivo es analizar la relación de una variable categórica con “n” modalidades y un conjunto de variables independientes cuantitativas, a partir de una serie de combinaciones lineales de las variables que mejor discriminan entre los grupos (Mures *et al.*, 2005). Tal herramienta estadística considera ciertos supuestos: las variables predictoras deben ser cuantitativas, los predictores no deben mantener altas correlaciones entre sí, las matrices de covarianza dentro de cada grupo deben ser aproximadamente iguales y los datos de las variables predictoras deben tener una distribución normal para cada grupo.

Se evaluó el supuesto de normalidad en la distribución de los datos mediante el análisis de bondad de ajuste de Anderson-Darling, a un nivel de confianza del 95%. La homocedasticidad (igualdad de varianza) de cada variable se evaluó a partir del test de Fisher (para datos normales) y del test de Levene (para datos asimétricos) y mediante la prueba M de Box para el análisis multivariante ($p < 0.05$). Se evaluó el supuesto de multicolinealidad mediante la construcción de matrices de correlación de Pearson. Se realizó alternativamente una matriz de correlación de Spearman con tal de comparar ambos resultados, dado el alto porcentaje de variables que no cumplen con el supuesto de normalidad.

Se realizó un Análisis Discriminante de Función Lineal Univariante (AFDu) con el objeto de identificar el poder de predicción de cada una de las variables craneales y postcraneales por separado. Posteriormente se llevó a cabo un Análisis Discriminante de Función Lineal Multivariante (AFDm) para cada área craneal y cada segmento óseo postcraneal seleccionado, identificando la combinación de medidas que mayor contribución otorguen al modelo mediante el procedimiento de inclusión por pasos, evitando así la redundancia de información y la sobresaturación del modelo. Tal procedimiento de selección se basa en iteraciones del modelo en el cual puede entrar y salir una variable a partir de los valores de entrada y salida determinados por el valor de probabilidad de F de Snedecor, el cual se definió como 0.05 de entrada y 0.1 de salida. El valor de F de entrada expresa la disminución que ocurriría en el valor de λ de Wilks cuando se incluye una variable en el modelo. Si el valor es pequeño indica que la disminución del λ es minúsculo, por tanto, tal variable no entrará en la función. El F de salida indica el incremento que ocurriría en el λ de Wilks al eliminarse una variable de la

función. Si este valor es bajo se asume que el incremento en el λ no es significativo, por tanto, la variable será eliminada de la función discriminante.

Se sintetizó un resumen de los estadísticos relacionados a la construcción de las funciones discriminantes, como el valor característico λ o autovalor, el cual mide las desviaciones de las puntuaciones discriminantes entre grupos respecto a las desviaciones dentro de los grupos. El valor de la correlación canónica, el cual corresponde a la proporción de la variabilidad total debida a la diferencia entre grupos. El valor del λ de Wilks de la función, el que corresponde al cociente entre la suma de cuadrados dentro de los grupos y la suma de cuadrados total, que indicaría si la variabilidad está dada por las diferencias inter o intra-grupales. Y el nivel de significación crítico del Chi-cuadrado (<0.05) el cual contrasta la H_0 de igualdad entre los dos vectores de las medias. Es decir, evalúa si las variables ejercen un efecto significativo de forma conjunta, medido a través de la función discriminante en la separación de los grupos.

Con el objeto de disminuir los sesgos sistemáticos asociados a la clasificación de individuos seleccionados de la misma población de origen en la cual fue diseñado el modelo se evaluó el ajuste del mismo a través de un análisis de validación cruzada dejando un dato fuera (LOOCV o *leave one out cross validation*), el cual consiste en una técnica estadística utilizada para evaluar la independencia de los datos obtenidos entre el conjunto de datos de entrenamiento y un dato de prueba, para ello se generan tantas funciones discriminantes como casos tiene el análisis. Cada una de estas funciones se obtiene eliminando un caso, posteriormente cada caso es clasificado utilizando la función discriminante en la que no ha intervenido. Si bien esta técnica requiere de muchas iteraciones y por ende es más extensiva en términos de tiempo posee la ventaja respecto al modelo simple de validación cruzada al no sobreestimar el error en la muestra (White y Liu, 1993).

Regresión Logística

Si bien el Análisis de Regresión Logística Binomial es similar al AFD con dos grupos, presenta ciertas diferencias que se constituyen como ventajas con respecto al primero, las que guardan relación con una mayor flexibilidad de los supuestos necesarios para llevar a cabo el análisis. A diferencia del análisis discriminante de función lineal, la regresión logística no requiere del supuesto de normalidad multivariada ni de homocedasticidad y las variables independientes no tienen el requisito de ser cuantitativas. Cuando algunos de estos supuestos no se cumplen en su totalidad el análisis de regresión logística demuestra tener mayor potencia estadística que el AFD (Mures *et al.*, 2005).

Se realizó un análisis de regresión logística binaria multivariante. Se seleccionó aquellas variables que mejor contribución otorgan al modelo mediante un método de inclusión por pasos a partir de los valores de probabilidad de Wald, con un alfa de entrada de 0.5 y un alfa de salida de 0.1. Se evaluó la validez general del modelo mediante el logaritmo

neperiano de verosimilitud -2 ($-2LL$) y mediante los coeficientes de determinación R cuadrado de Cox y Snell y el R cuadrado de Nagelkerke, a partir del cual se estima la proporción de varianza de la variable dependiente explicada por las variables predictoras. Se evaluó el ajuste global del modelo mediante la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow, la cual se basa en agrupar los casos en deciles de riesgo y comparar la probabilidad observada con la probabilidad esperada dentro de cada decil. Además, se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC) para comprar los diferentes modelos obtenidos. Se presenta una tabla resumen de la clasificación obtenida entre los pares analizados y de la proporción de la muestra correctamente clasificada, así como las medidas de asociación a partir de los estadísticos D de Somers, Γ de Goodman-Kruskal y τ de Kendall.

CAPÍTULO VI

Resultados

A partir de los análisis realizados se observó que tanto para las variables craneales como postcraneales los tamaños muestrales obtenidos fueron similares entre individuos femeninos y masculinos, a excepción de las variables relevadas en sacro, en donde el tamaño muestral de los individuos femeninos fue significativamente menor en cada una de las medidas. Así también, se observó que la media aritmética de la distribución fue siempre mayor en los individuos masculinos. No se observó diferencias significativas entre las medias aritméticas y medianas de la población, lo que puede indicar *a priori* una distribución simétrica de los datos (Tablas 8 y 9). Los resultados obtenidos del cálculo del Coeficiente de correlación de concordancia de Lin mostraron aciertos moderados y altos en su mayoría, tanto para la estimación inter e intra-observador (Anexo 6 y 7). Las mediciones que mostraron una baja concordancia fueron EST1 y SA1 en el postcráneo.

Las pruebas de bondad de ajuste fueron aplicadas para evaluar con mayor certeza la normalidad de los datos a partir del estadístico de Anderson-Darling ($p < 0.05$). En variables craneales se obtuvo que 9 de 31 variables presentaron distribución normal, mientras que en las variables de postcráneo 25 de 50 variables presentaron tal distribución. Aquellas variables que no presentaron una distribución normal fueron identificadas con un asterisco (*) junto al dato obtenido en su p-valor (Tabla 3 y 4).

El 29% de las variables craneales y el 50% de las variables postcraneales no presentaron distribución gaussiana. Solo el 58.02% del total de los datos presentaron una distribución normal, mientras que el 41.98% no se ajustaron a esta distribución. La relevancia de este análisis se sustenta en que gran parte de las técnicas estadísticas utilizadas se basan en el supuesto de normalidad en la distribución de los datos. Segmentos óseos postcraneales como escápula, húmero, radio, fémur y tibia presentaron gran cantidad de variables que no se ajustaron a una distribución gaussiana, siendo éstas generalmente las estructuras óseas más estudiadas. Otros segmentos como el esternón, ulna, sacro, fíbula y calcáneo, en tanto, corresponden a aquellos segmentos óseos que presentaron distribuciones normales para casi la totalidad de sus variables (Figura 8).

Se contrastó la hipótesis de igualdad de varianza a partir de una prueba F para los datos distribuidos normalmente y de una prueba de Levene para aquellos que no presentaron una distribución normal. Se obtuvo un p-valor bajo el nivel de significación ($p < 0.05$) en 3 variables craneales y en 4 variables de postcráneo las cuales fueron identificadas con un asterisco (*) junto al dato obtenido en la columna p-valor de ambos test de varianza (Tabla 3 y 4). Las variables craneométricas que no cumplieron con este supuesto correspondieron al 9.7% de la totalidad de los datos de cráneo, siendo estas variables la longitud máxima de la bóveda craneal (LMAX), la línea sagital de la bóveda craneal (LSAG) y la altura orbital del esplacnocráneo (AL-ORB), (Tabla 3). Las variables

postcraneales en las que se rechazó la H_0 de igualdad de varianza integraron el 8% de los datos, siendo éstas las medidas del ancho articular del húmero (HU6), la amplitud distal del radio (RA4), el diámetro transverso del fémur (FE6) y el diámetro transverso de la tibia (TI5), (Tabla 4).

Tabla 3. Resumen de las pruebas de bondad de ajuste (Anderson-Darling), varianza (Test F para dos varianzas, Test de Levene) y diferencia de medias (Test t para muestras independientes, Test de Wilcoxon para dos muestras) para datos craneales y mandibulares.

		Test Normalidad		Test de varianza				Test de diferencia de medias			
		Anderson-Darling		F test		Levene		T student		Mann Withney	
		A ²	p-value	F	p-value	L	p-value	t	p-value	w	p-value
BOVEDA CRANEAL	LMAX	0.53	0.1758	0.64	0.0332*			-9.90	<<0.05		
	LSAG	0.79	0.0396*			7.16	0.008*			8425.5	<<0.05
	AMAX	0.84	0.0300*			0.45	0.502			6596.0	<<0.05
	NA-BR	0.66	0.0856	0.86	0.5363			-6.09	<<0.05		
	BR-LA	0.78	0.0424*			0.31	0.580			6314.0	<<0.05
	LA-OP	1.01	0.0112*			0.16	0.6926			3073.5	0.0178
	BA-BR	0.40	0.3547	0.75	0.2578			-6.30	<<0.05		
BASE CRANEAL	BA-PR	0.51	0.1987	1.47	0.1613			-4.75	0.0065		
	BA-NS	0.40	0.3650	0.85	0.4643			-7.74	<<0.05		
	BA-NA	1.21	0.0037*			3.15	0.0773			8221.0	<<0.05
	AU-AU	1.28	0.0024*			2.80	0.0957			8062.5	<<0.05
	LFM	0.28	0.6554	1.19	0.3667			-4.93	0.0016		
	AFM	0.32	0.5250	1.06	0.7625			-4.03	0.0001		
	LCOND	0.85	0.0292*			2.95	0.088			7634.5	<<0.05
	ACOND	0.55	0.1580	0.81	0.2756			-9.36	<<0.05		
	ABIC	0.21	0.8575	0.95	0.7903			-6.46	<<0.05		
AINTERC	0.71	0.0642	0.97	0.8681			-6.12	<<0.05			
ESPLACNOCRÁNEO	AM-FR	1.60	0.0004*			0.37	0.5440			10773	<<0.05
	AM-FAC	1.10	0.0068*			0.03	0.861			6185.0	<<0.05
	AM-BIZ	0.43	0.3066	1.06	0.7792			-11.15	<<0.05		
	AM-NAS	0.47	0.2466	0.89	0.550			-2.17	0.0310		
	AL-NAS	0.46	0.2517	0.86	0.4677			-9.04	<<0.05		
	NA-PR	0.46	0.2619	0.74	0.2612			-7.00	<<0.05		
	AM-ORB	0.38	0.3981	1.44	0.0632			-9.23	<<0.05		
	AL-ORB	0.31	0.5456	0.63	0.0177*			-4.33	0.0233		
MANDÍBULA	CO-CO	0.52	0.1845	1.04	0.8549			-5.44	0.0002		
	GO-GO	0.67	0.0797	0.91	0.6598			-8.28	<<0.05		
	RMIN	0.30	0.5914	0.99	0.9546			-6.41	<<0.05		
	RMAX	0.60	0.1160	1.11	0.5705			-9.30	<<0.05		
	LMAN	0.68	0.0756	0.78	0.2187			-6.80	<<0.05		
	ALMAN	0.75	0.0514	1.12	0.5641			-10.20	<<0.05		

Tabla 4. Resumen de las pruebas de bondad de ajuste, varianza (Test F para dos varianzas, Test de Levene) y diferencia de medias (Test t para muestras independientes, Test de Wilkoxon-Mann-Whitney para dos muestras) para datos postcraneales.

		Test Normalidad		Test de varianza			Test de diferencia de medias				
		Anderson-Darling		F test		Levene		T student		Mann-Whitney	
		A ²	p-value	F	p-value	p-value		T	p-value	W	p-value
Clavícul	CL1	0.71	0.0631	1.07	0.7244			-15.7	<<0.05		
	CL2	0.94	0.0173*			0.36	0.5506			8129.5	<<0.05
	CL3	0.41	0.3413	0.91	0.6193			-14.1	<<0.05		
	CL4	1.59	0.0004*			0.50	0.4790			4921.5	<<0.05
Escapula	ESC1	0.55	0.1505	0.91	0.6248			-16.5	<<0.05		
	ESC2	0.80	0.0383*			0.28	0.5998			6456.0	<<0.05
	ESC3	1.93	0.0001*			0.10	0.7538			8591.5	<<0.05
	ESC4	1.13	0.0057*			0.01	0.9099			7366.0	<<0.05
	ESC5	1.02	0.0104*			0.12	0.7242			2492.0	<<0.05
	ESC6	0.48	0.2359	0.82	0.3671			-13.0	<<0.05		
Es	EST1	0.27	0.6652	0.68	0.1924			-4.5	0.0215		
	EST2	0.31	0.5447	0.94	0.8207			-10.6	<<0.05		
Húmero	HU1	0.78	0.0412*			0.11	0.7412			9083.0	<<0.05
	HU2	0.32	0.5362	0.80	0.2207			-11.2	<<0.05		
	HU3	1.16	0.0049*			1.71	0.1924			8527.0	<<0.05
	HU4	0.98	0.0139*			0.12	0.7262			7585.0	<<0.05
	HU5	1.17	0.0047*			1.70	0.1929			7938.0	<<0.05
	HU6	1.79	0.0001*			9.34	0.0025*			8383.0	<<0.05
Radio	RA1	0.68	0.0740	0.90	0.5616			-16.2	<<0.05		
	RA2	1.53	0.0006*			0.63	0.4272			7602.5	<<0.05
	RA3	0.57	0.1381	0.88	0.4827			-10.4	<<0.05		
	RA4	2.09	0.0248*			5.71	0.0176*			8249.5	<<0.05
	RA5	1.01	0.0113*			0.84	0.3604			2690.0	<<0.05
Ulna	UL1	0.53	0.1773	0.79	0.2260			-14.7	<<0.05		
	UL2	0.66	0.0850	0.75	0.1361			-14.1	<<0.05		
	UL3	1.06	0.0086*			2.32	0.1291			7107.0	<<0.05
	UL4	0.27	0.6767	1.10	0.6324			-11.6	<<0.05		
	UL5	0.43	0.3091	0.89	0.5670			-14.1	<<0.05		
	UL6	0.37	0.4237	0.82	0.3440			-13.6	<<0.05		
	UL7	0.35	0.4712	0.84	0.3947			-12.8	<<0.05		
Sacra	SA1	0.32	0.5205	1.03	0.9052			-4.9	0.0027		
	SA2	0.35	0.4600	0.77	0.2601			-1.2	0.2216		
	SA3	0.52	0.1816	0.78	0.2755			-6.4	<<0.05		
Fémur	FE1	1.00	0.0121*			0.36	0.5505			14590.0	<<0.05
	FE2	1.25	0.0030*			0.46	0.4990			14444.5	<<0.05
	FE3	1.26	0.0027*			1.10	0.2954			12493.5	<<0.05
	FE4	3.01	0.0001*			0.67	0.4152			12499.5	<<0.05
	FE5	0.72	0.0597	0.81	0.1910			-13.3	<<0.05		
	FE6	0.86	0.0277*			7.63	0.0061*			16383.0	<<0.05
Tibia	TI1	0.58	0.1336	0.79	0.1509			-13.2	<<0.05		
	TI2	1.02	0.0108*			0.54	0.4640			12024.0	<<0.05
	TI3	1.16	0.0048*			0.67	0.4128			12311.0	<<0.05
	TI4	1.25	0.0029*			0.85	0.3576			13664.0	<<0.05
	TI5	0.73	0.0578	0.62	0.0035*			-12.4	<<0.05		
	TI6	1.63	0.0003*			2.81	0.0950			9851.5	<<0.05
Fí	FIB1	0.36	0.4497	0.86	0.4416			-11.1	<<0.05		
	FIB2	0.32	0.5291	0.91	0.6267			-6.4	<<0.05		
Calcá	CAL1	0.46	0.2532	1.04	0.8657			-13.0	<<0.05		
	CAL2	1.25	0.0028*			0.84	0.3608			7645.5	<<0.05
	CAL3	0.36	0.4457	0.97	0.9019			-12.0	<<0.05		

A partir de las pruebas de diferencias de medias aplicadas se obtuvo solo una variable de la totalidad del conjunto de datos en la que no hubo evidencia suficiente para rechazar la H_0 de igualdad de medias la cual correspondió al ancho anterosuperior del sacro (SA2). No existieron diferencias significativas entre los grupos femeninos y masculinos en función de esta medida ($p=0.2216$), por tanto, fue descartada para su uso en la elaboración de métodos de determinación de sexo (Tabla 6). En gran parte de los otros datos craneales y postcraneales se rechazó la hipótesis nula con el máximo nivel de significación ($p<0.01$), exceptuando variables craneales como LA-OP ($p=0.0178$), AM-NAS ($p=0.0310$), AL-ORB ($p=0.0233$) y variables postcraneales como EST1 ($p=0.0215$). Tales mediciones presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sexos con un nivel de significación de 0.05 (Tabla 3 y 4).

Índice de Dimorfismo Sexual

Se llevó a cabo el cálculo del IDS (Ricklan y Tobias, 1986) con el objeto de caracterizar el grado y patrón del dimorfismo sexual en la población de estudio. A partir de los resultados obtenidos con este análisis es posible determinar cuáles son las variables y/o segmentos anatómicos que expresan en mayor magnitud el dimorfismo dependiente del sexo, desde una perspectiva comparativa entre las variables observadas para cada área craneal, así como para los segmentos postcraneales seleccionados. Se evaluó la dispersión de los datos con relación a sus valores de tendencia central, se calculó la desviación estándar y el coeficiente de variación para evaluar la varianza de los datos y por tanto el grado de representatividad de la media para cada variable.

Índice del Dimorfismo Sexual en Cráneo

A partir del análisis craneométrico se observó que las variables que presentaron un mayor dimorfismo sexual en base a los índices calculados se concentraron en áreas craneales como base craneal (LCOND, ACOND y AINTER) y mandíbula (ALMAN, RMAX y RMIN), cuyos IDS obtenidos oscilaron entre un 8.3% a un 11.1%, mientras que las variables de esplanocráneo con mayor IDS correspondieron a NA-PR y AL-NAS, con 7.6% y 7.5% respectivamente. Aquellas variables en que se obtuvo un menor IDS correspondieron a las medidas de largo y ancho del foramen magno en la base craneal (LFM y AFM), ancho máximo y cuerda occipital de la bóveda craneal (AMAX y LA-OP), así como las variables de amplitud frontal y nasal de esplanocráneo (AMFR y AM-NAS), cuyos IDS oscilaron entre 2.6% y 4.5%. La bóveda craneal presentó los valores más discretos calculados para el IDS en conjunto, sin superar el 5% en ninguna de sus variables (Anexo 10).

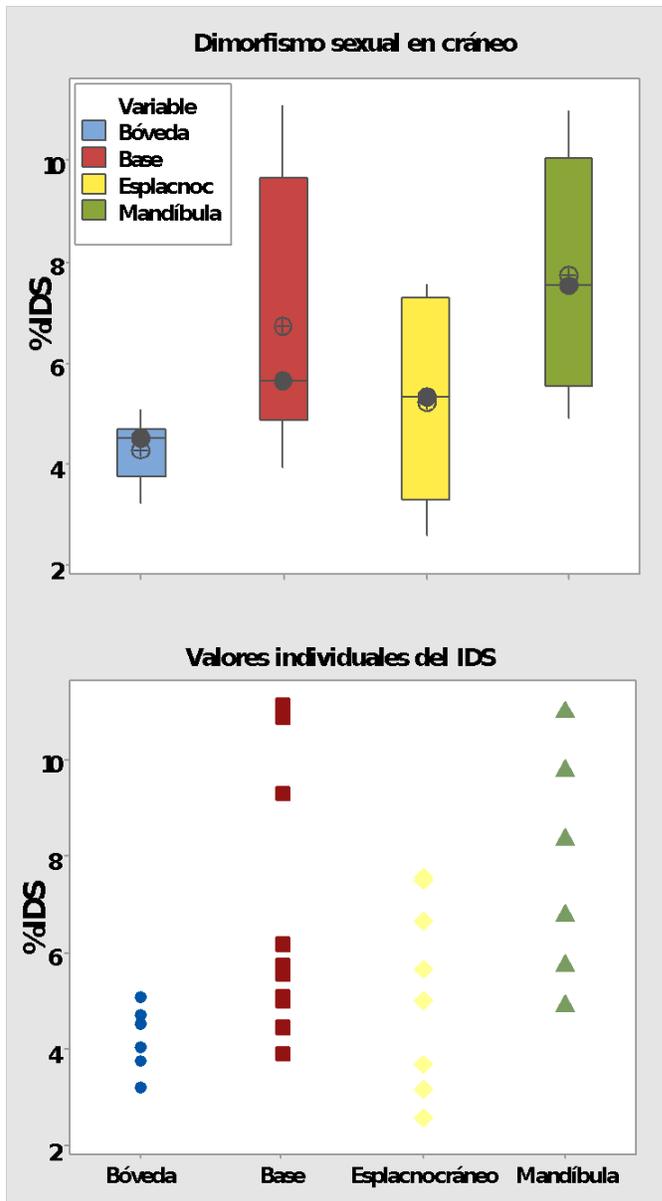


Figura 2. Diagrama de caja y valores individuales obtenidos a partir del IDS dado para cada variable craneal y de mandíbula en conjunto.

una alta dispersión de los datos se observó en la longitud y amplitud del foramen magno (LFM y AFM), cuyo coeficiente de variación alcanzó desde el 6.4% al 7.6%. Variables como la línea basion-prostion (BA-PR), la línea basion-nasoespinal (BA-NS), la longitud de la base (BA-NA), la amplitud biauricular (AU-AU) y la máxima amplitud bicondilar (A-BIC) presentaron una dispersión media-baja de los datos con relación a su tendencia central, así como un grado moderado de dimorfismo sexual (Anexo 10).

En el esplacnocráneo el dimorfismo sexual promedio se expresó en un grado menor que en las variables de mandíbula y aquellas más extremas de la base craneal ($\mu=5.2\%$), con una alta dispersión de sus datos, oscilando entre 2.6% y 7.6% (Figura 2). Aquellas

Se observó un bajo grado de dimorfismo sexual en la bóveda craneal ($\mu=4.2\%$) comparado con el resto de los segmentos craneales incluidos en el estudio, ya que el IDS estimado para cada variable no superó el 5% (Figura 2), sin embargo, la dispersión de sus datos se presentó de forma discreta, con valores que se mantuvieron cercanos a sus tendencias centrales, a excepción de dos medidas que presentaron una mayor variabilidad: la cuerda occipital (LA-OP) y cuerda parietal de la bóveda (BR-LA), cuyo coeficiente de variación fluctuó entre 6% y 7.5% (Anexo 10).

En las medidas de base craneal se observó un mayor IDS promedio (μ 6.7%) así como una mayor varianza general de los datos (Figura 2), principalmente en las medidas del largo máximo condilar (LCOND), ancho máximo condilar (ACOND) y la distancia entre cóndilos (AINTER), cuyos coeficientes de variación aumentaron significativamente en comparación al resto de los datos, obteniendo valores de 8.5% a 12%. Tales variables presentaron a su vez los mayores índices de dimorfismo sexual observados en la muestra, entre 9% y 11%. Un bajo grado de dimorfismo sexual ($\sim 4\%$) y a su vez

variables que ostentaron el mayor grado de dimorfismo sexual se hallaron estrechamente correlacionadas, éstas fueron la altura nasal (AL-NAS) y la línea nasion-prostion (NAPR), (IDS~7.5%). Su coeficiente de variación indicó una dispersión moderada de los datos (cv~6%). Aquellas variables como la amplitud nasal (AM-NAS) y la altura orbital (AL-ORB) presentaron un bajo grado de dimorfismo sexual (~3%) así como una alta dispersión de los datos con relación a los valores de tendencia central (cv ~5.6% a 8.8%). La mínima amplitud frontal (AM-FR) también presentó un bajo grado de dimorfismo sexual con una variación moderada. Un mayor grado de dimorfismo sexual se observó en la amplitud bizigomática (AM-BIZ) y la amplitud orbital (AM-ORB) IDS~6%, con datos que igualmente se ajustaron bastante a sus tendencias centrales (Anexo 10).

En la mandíbula, el grado de dimorfismo sexual promedio fue el más alto obtenido para las áreas craneales analizadas ($\mu=7.7\%$), siendo en general mayor al 5% para todas sus variables (Figura 2), principalmente en la amplitud mínima, máxima y la altura máxima de la rama ascendente de la mandíbula (RMIN, RMAX y ALMAN) cuyo IDS alcanzó el 9.7% y 11%. En estas variables, no obstante, se evidenció un bajo ajuste de los datos hacia sus tendencias centrales, siendo los coeficientes de variación generalmente más altos en los individuos femeninos. Para aquellas variables que reflejaron el ancho de la mandíbula (CO-CO, GO-GO), así como su longitud anteroposterior (LMAN) el IDS obtenido fue cercano al 6%, con una dispersión moderada de los datos (Anexo 10).

Índice del Dimorfismo Sexual en Postcráneo

El IDS en el postcráneo alcanzó en promedio valores notoriamente más altos que los obtenidos en las áreas craneales. El valor promedio para el IDS en cráneo fue de un 5.9%, con una desviación estándar de 2.6%, mientras que en el postcráneo correspondió a un 12.18%, con una desviación estándar de 3.2% (Figura 3).

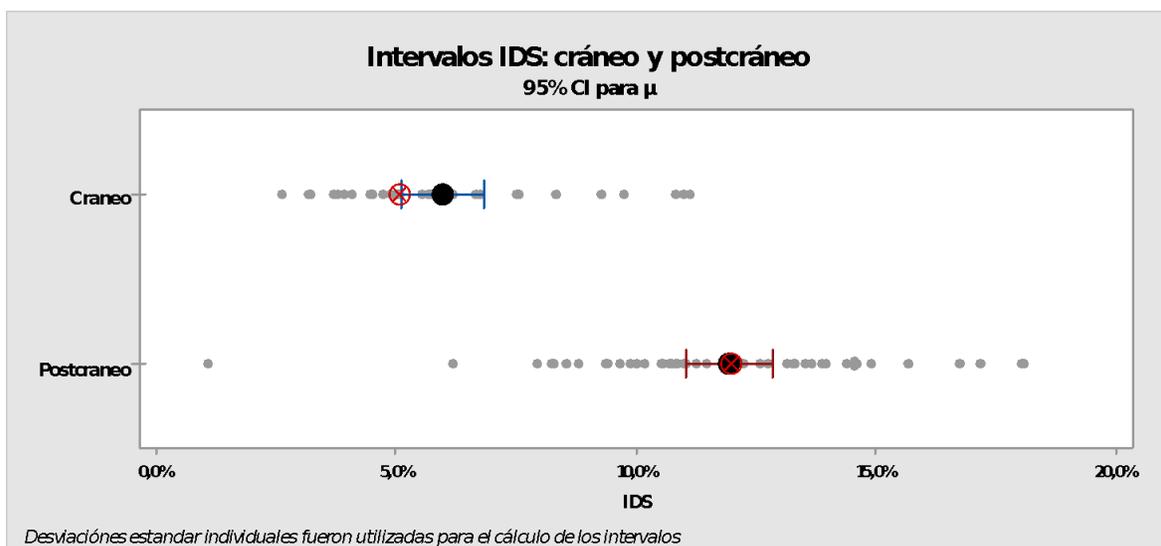


Figura 3 Diagrama de intervalos obtenidos para el IDS de las variables craneales y postcraneales.

Los mayores IDS en postcráneo se obtuvieron en variables claviculares como el diámetro vertical (CL3), la circunferencia de la diáfisis media (CL4) y el diámetro dorsovolar de la ulna (UL3), alcanzando un 18.1%. Tales variables que ostentaron altos valores para el IDS presentaron también un coeficiente de variación que indicaría una alta dispersión de los datos, especialmente en el diámetro sagital de clavícula (CL2), que alcanzó un valor del 11.7%, para el diámetro dorso-volar de la ulna (UL3), así como para las variables del esternón ($cv > 10\%$). Por el contrario, los menores valores obtenidos a partir del cálculo del IDS en el postcráneo se observaron en variables como la longitud anterior del sacro (SA1), la altura del manubrio esternal (EST1) y largos máximos de húmero, fémur y fíbula (HU1, Fe1 y FIB1), con valores que oscilaron entre 6% y 8%, manteniendo una distribución de los datos moderada ($cv = 5\%$). Distinto es el caso del alto del manubrio esternal (EST1) cuyo IDS se mantuvo similar al de las variables anteriormente mencionadas. Sin embargo, la dispersión de sus datos se alejó significativamente de las tendencias centrales ($cv \sim 10\%$), (Anexo 11). Similar situación ocurrió con la longitud anterior del sacro (SA1). Se observó un valor atípico en los valores del IDS postcraneal, el cual correspondió a la medida del ancho anterosuperior del sacro (SA2), medida que no presentó diferencias significativas observables entre los grupos femenino y masculino, con un IDS del 1.1% ($t = -1.2$, $p = 0.2216$), (Tabla 4).

Al comparar el grado de dimorfismo sexual presente para cada segmento óseo analizado se observó que las variables relevadas de la cintura escapular y el miembro superior ostentaron los mejores índices de dimorfismo sexual, siendo la clavícula, el radio y la ulna las estructuras óseas que presentaron un IDS promedio más alto. En las variables obtenidas para el miembro inferior y sacro disminuyó considerablemente el grado de dimorfismo sexual, especialmente en el sacro, la fíbula y el calcáneo (Figura 4).

El segmento óseo que presentó el mayor IDS promedio fue la clavícula ($\mu = 15.7\%$), con una alta dispersión de los datos ($cv > 8$) (Figura 4), exceptuando la medida del largo máximo clavicular (CL1), la cual comparativamente ostentó un menor IDS ($\sim 11\%$) y un menor coeficiente de variación, cercano al 6% para ambos sexos. El coeficiente de variación fue mayor en individuos femeninos para todas las variables (Anexo 11).

La escápula presentó altos grados de dimorfismo sexual para todas sus variables ($\mu = 12.2\%$), entre 11% y 14%, siendo el largo y ancho de la cavidad glenoidea (ESC3 Y ESC4) las variables con mayor dimorfismo. El coeficiente de variación dado para las variables escapulares se mantuvo con valores medios del 6% para todas las variables, siendo el segmento óseo que presentó un mejor ajuste a la tendencia central para sus variables (Figura 4). Mientras que la medida de altura del manubrio esternal (EST1) presentó un IDS de un 8%, la medida de altura del cuerpo esternal (EST2) alcanzó uno de los grados más altos de dimorfismo sexual (17%). La dispersión de los datos fue alta, especialmente para los individuos masculinos en la altura del manubrio (EST1) y para femeninos en la altura del cuerpo (EST2), (ver Anexo 11).

El IDS promedio en húmero alcanzó un 12.4%, todas sus variables ostentaron valores entre el 12% y 15% para el grado de dimorfismo sexual (Figura 4), exceptuando la medida de largo máximo, que presentó solo un 8%. El diámetro máximo y mínimo de la diáfisis media (HU2 y HU3) fueron aquellas variables con un mayor IDS, así también presentaron el mayor grado de dispersión de los datos (Anexo 11).

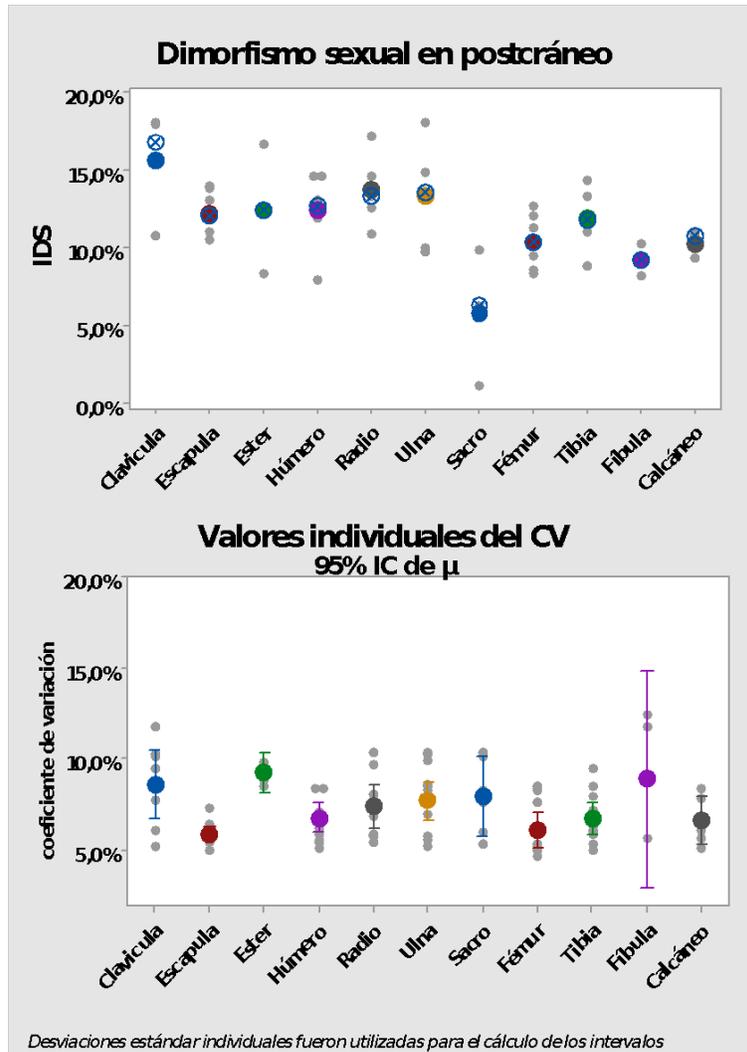


Figura 4. Gráfico de combinación: coeficiente de variación para individuos femeninos y masculinos e IDS de las variables postcraneales.

largo máximo y fisiológico de la ulna (UL1 y UL2), cuyo IDS se reduce a un 10%, con datos bien ajustados a las tendencias centrales (cv ~5%), (Anexo 11).

El IDS obtenido para las variables de fémur osciló entre el 8% y el 13% ($\mu=10.4\%$), con datos que se ajustaron bastante bien a sus tendencias centrales (Figura 4). Aquellos datos que presentaron mayor dispersión correspondieron al diámetro sagital y diámetro transversal de la diáfisis femoral (FE5, FE6).

Como se observa en la Figura 4, el radio correspondió a la estructura ósea que ocupó el segundo lugar entre los segmentos óseos con el mayor promedio de IDS ($\mu=13.7\%$), siendo el diámetro sagital y la circunferencia de la cabeza radial las variables más dimórficas (RA2 y RA5). El largo máximo del radio ostentó el menor grado de dimorfismo sexual, con un 11% de variación. La dispersión de los datos fue mayor para la medida del diámetro transversal de la diáfisis radial (~10%), (Anexo 11).

La ulna ocupó el tercer lugar entre los segmentos óseos postcraneales con mayor promedio de IDS ($\mu=13.4\%$), alcanzando el 18% para el diámetro dorsovolar (UL3). En el resto de las variables, el

IDS se mantuvo entre 14% y 15%, con un coeficiente de variación de 8% a 10%, exceptuando las medidas de

Similares resultados se obtuvieron en la tibia ($\mu=11.9\%$), donde el IDS de las variables fluctuó entre un 9% y un 14%. El diámetro sagital (TI4) fue la variable que presentó el mayor grado de dimorfismo, mientras que al igual que otros huesos largos, la longitud máxima fue aquella en la que el dimorfismo sexual se presentó con menor grado. La dispersión de los datos se mantuvo entre un 5% y un 6%, exceptuando las medidas del diámetro sagital y transversal (TI4, TI5) que presentaron un menor ajuste de sus datos hacia las tendencias centrales (Anexo 11).

La fíbula y el calcáneo ocuparon bajos lugares en la escala que mide el gradiente de dimorfismo sexual expresado en postcráneo, con valores promedio de 9.2% y 10.3%, respectivamente (Figura 4). El diámetro máximo de la diáfisis fibular (FI2) ostentó un IDS de un 10%, sin embargo, sus datos presentaron una amplia dispersión ($cv\sim 12\%$), no así la longitud máxima de la fíbula, cuyo coeficiente de variación se redujo al 5%. En el calcáneo las medidas oscilaron entre 9% y 11%, con una dispersión moderada para la longitud máxima y la línea transversa perpendicular (CAL1, CAL3), siendo mayor en las medidas de diámetro medial (CAL2), cuyo coeficiente de variación comprendió alrededor de un 8% (Anexo 11).

Los resultados obtenidos para el sacro muestran que esta pieza presentó los menores promedios de IDS, con un valor de 5.7% (Figura 4). El ancho máximo de la base correspondió a la variable con un mayor IDS (10%), con una alta dispersión de los datos para todas las variables (Anexo 11). En tanto, el ancho anterosuperior se descartó al no presentar diferencias significativas entre los grupos femenino y masculino.

Análisis Discriminante de Función Lineal

Análisis Discriminante Univariante

Como etapa preliminar al Análisis de Función Discriminante multivariante (AFDm) se realizó un Análisis de Función Discriminante univariante (AFDu), con tal de identificar el poder de predicción de cada una de las medidas craneales y postcraneales seleccionadas por separado, para así identificar las variables que posiblemente más contribuyan a la realización del modelo multivariante. Ninguna variable fue excluida en esta etapa dado que si bien su poder de predicción individual puede ser bajo podría aportar información significativa a nivel multivariante (Anexo 12 y 13).

El primer paso en el desarrollo de un modelo estadístico de predicción es evaluar si los datos son pertinentes para cada caso. Algunos de los supuestos requeridos para la realización de un análisis de función discriminante fueron evaluados previamente, como la normalidad multivariada de los datos, así como la igualdad de varianzas entre los grupos.

Los resultados obtenidos indicaron que de la totalidad de las variables craneales y postcraneales analizadas, el 41.2% no se ajustó a una distribución normal multivariante. Si bien la normalidad multivariante corresponde a un supuesto formal del AFD de Fisher, puede ser considerado con cierta flexibilidad dado que este análisis aún mantiene su poder estadístico en casos de distribuciones con asimetrías leves. En cuanto al supuesto de igualdad de varianza entre los grupos femenino y masculino, se realizó una prueba de hipótesis para cada variable, obteniendo como resultado que sólo un pequeño grupo de la totalidad de los datos no cumplió con el supuesto de igualdad de varianza (alrededor del 8%) (Tablas 10 y 11).

Variables Craneales

Para las variables craneales, los resultados del AFDu mostraron una proporción de acierto mediante el método de validación cruzada entre el 54.8% y 78.8%. Aquellas variables que mejor discriminaron el sexo correspondieron a la amplitud bizigomática y la amplitud facial superior de la bóveda (AM-BIZ, AM-FAC), con porcentajes de acierto del 78.8% y 78.1%; la línea basion bregma de la bóveda craneal (BA-BR), con un 76.5% de acierto; la altura máxima de la rama ascendente de la mandíbula (AL-MAN) con un 76.5% y el largo máximo condilar de la base craneal (LCOND), con un 76.1%. Dentro de las 10 variables que mejor discriminaron, 5 de ellas correspondieron a variables del esplacnocráneo (AM-BIZ, AM-FAC, NA-PR, AM-ORB, AL-NAS). Por otro lado, aquellas variables en las que se observó menor capacidad discriminante fueron la amplitud del foramen magno de la base craneal (AFM), la amplitud nasal en esplacnocráneo (AM-NAS) y la cuerda occipital de la bóveda craneal (LA-OP), con porcentajes de acierto del 60.7%, 55.4% y 54.8%, respectivamente (Figura 5).

Se observó en ciertas variables un significativo contraste entre el ajuste obtenido para individuos de sexo femenino y masculino. La cuerda occipital de la bóveda craneal (LA-OP) presentó una proporción de acierto del 62.5% para individuos femeninos, mientras que para individuos masculinos fue del 48.6%. En el largo máximo condilar de la base craneal (LCOND), los individuos femeninos asignados correctamente correspondieron al 84%, mientras que en los individuos masculinos la proporción de acierto alcanzó solo el 68.8%. Similar situación, pero en menor escala, ocurrió con el ancho máximo condilar, la amplitud biauricular y la altura orbital (ACOND, AU-AU, AL-ORB). Aquellas variables en las que se aprecia un significativo mejor ajuste de la ecuación para individuos masculinos correspondieron a la mínima amplitud frontal (AM-FR) con un 69% de los individuos masculinos clasificados correctamente versus un 57% de los femeninos y la amplitud bigonial (GO-GO) de la mandíbula, con una tasa de acierto del 76% para individuos masculinos mientras que para los femeninos solo alcanzó el 67% (Anexo 10).

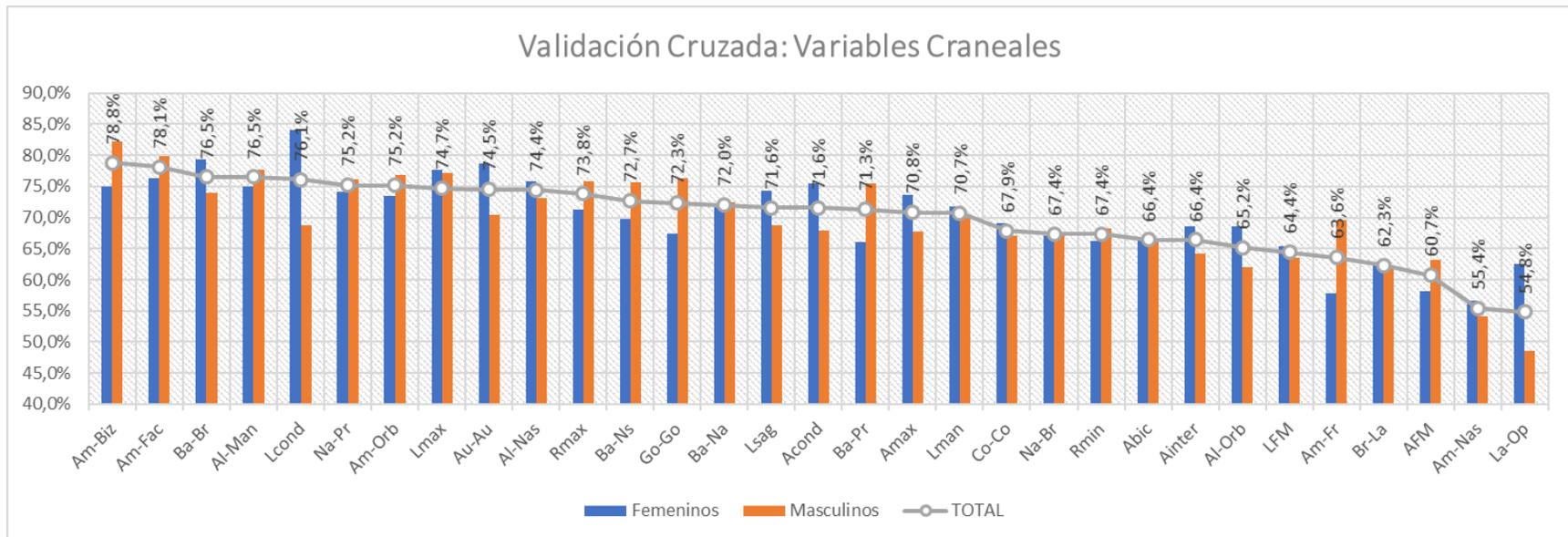


Figura 5. Diagrama de combinación de la proporción de acierto dado para cada variable craneal y mandibular ordenado de mayor a menor en función de la proporción de acierto promedio, obtenida a partir del análisis discriminante de función lineal univariante.

Variables Postcraneales

Para las variables postcraneales, los resultados del análisis discriminante de función lineal univariante mostraron una proporción de acierto mediante la técnica de validación cruzada entre el 56.1% y 91.7%. Aquellas variables que mejor discriminaron para sexo correspondieron al diámetro máximo de la cabeza femoral (FE4), diámetro sagital del radio (RA2) y diámetro vertical de la cabeza humeral (HU4), con una proporción de acierto por sobre el 90%. Las tres quintas partes de la totalidad de las variables seleccionadas presentaron una proporción de acierto superior al 80% para individuos femeninos y masculinos en conjunto (Figura 6). Se observó similares resultados para cada una de las variables seleccionadas en escápula (83% a 87%) y clavícula (80% a 88%), (Anexo 11).

Aquellas variables en las que se observó la menor proporción de individuos asignados correctamente correspondieron al diámetro máximo de la diáfisis de la fíbula (FIB2), la longitud anterior del sacro (SA1) y el alto del manubrio del esternón (EST1), con un 63.3%, 63.7% y 68.5% de precisión, respectivamente (Figura 6). Para los huesos largos, se observó que aquellas variables que demostraron un menor poder discriminante fueron el largo máximo o fisiológico del segmento óseo, así como el diámetro sagital y transversal de la diáfisis, exceptuando las medidas de largo máximo, diámetro sagital del radio, largo máximo de la ulna y diámetro sagital de la tibia, las que mostraron tener un buen ajuste para ambos sexos (Anexo 11).

Se observó en ciertas variables un contraste significativo con relación al ajuste obtenido para individuos de sexo femenino y masculino, como en la medida del ancho articular del húmero, donde la proporción de individuos femeninos correctamente clasificados correspondió al 89.1%, mientras que en los masculinos alcanzó el 78.6%. Similar situación ocurrió con el ancho máximo de la base del sacro, el alto del manubrio esternal, así como con la longitud máxima y fisiológica del fémur, donde los individuos femeninos obtuvieron una mejor proporción de correcta clasificación. Situación contraria fue la observada en los resultados obtenidos para la circunferencia máxima de la cabeza radial, donde los individuos femeninos clasificados correctamente correspondieron al 93.8%, mientras que los masculinos un 82.9% (Anexo 11).

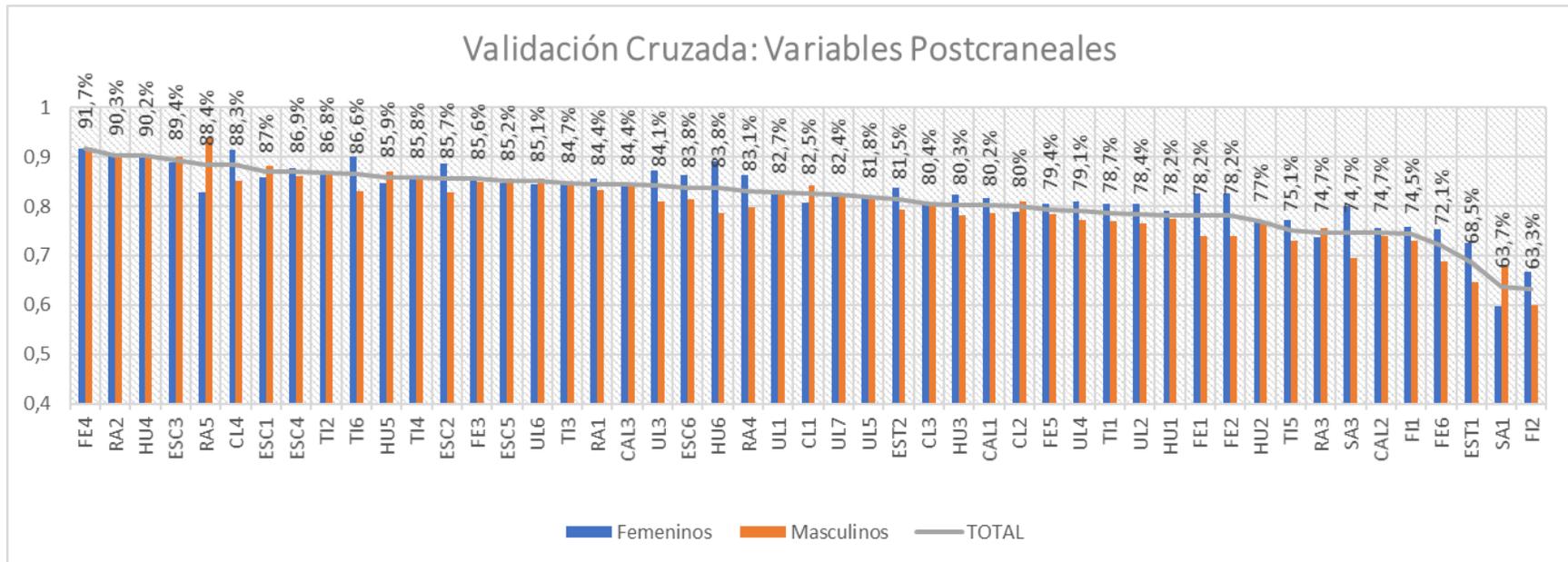


Figura 6. Diagrama de combinación de la proporción de acierto dada para cada variable postcraneal obtenida a partir del análisis discriminante de función lineal univariante, ordenado de mayor a menor en función de su proporción de acierto promedio.

Análisis Discriminante Multivariante

Se evaluó la posible multicolinealidad de los datos mediante el cálculo de matrices de correlación para cada grupo de variables, comparando los resultados obtenidos a partir de la correlación de Pearson (D normales) y Spearman (D no normales).

En cráneo se observó una alta correlación entre la longitud máxima y la línea sagital de la bóveda craneal, con un coeficiente de correlación r de 0.9 (LMAX, LSAG). Se identificó otros coeficientes de correlación significativos que indicaron un importante tamaño del efecto en las mediciones como la línea basion-prostion (BA-PR), la línea basion-nasion (BA-NS, $r=0.8$) y la línea basion-nasoespinal de la base craneal (BA-NA, $r=0.75$). En el esplacocráneo se identificaron correlaciones altas entre la altura nasal y la línea nasion-prostion (AL-NAS, NA-PR, $r=0.79$) y entre la amplitud facial superior y la amplitud bizigomatica (AM-FAC, AM-BIZ, $r=0.75$). En mandíbula se evidenció una correlación moderada entre la amplitud mínima y máxima de la rama mandibular (RMIN, RMAX, $r=0.7$).

En el postcráneo se identificaron correlaciones muy altas entre ciertas variables ($r>0.9$). El largo máximo y el largo fisiológico del fémur presentó una correlación de 0.998 (FE1, FE2), así como con el largo máximo y el largo fisiológico de la ulna, con un coeficiente de correlación del 0.98, lo que indica un alta multicolinealidad, por tanto, tales variables no fueron integradas en conjunto a un modelo de predicción. En el resto de los segmentos óseos analizados se apreció en general correlaciones positivas moderadas, con valores generales más altos para las variables escapulares y de clavícula. Las variables del sacro y esternón no presentaron correlaciones significativas. Matrices de covarianza fueron realizadas paralelamente para cada conjunto de variables craneales y postcraneales con tal de identificar la naturaleza de las relaciones y evaluar la direccionalidad de éstas entre las variables seleccionadas en el estudio. Se observó que para prácticamente la totalidad de las variables la relación entre ellas fue positiva, es decir, el valor de la variable antropométrica aumentó en función de la otra, excepto en el caso de la cuerda occipital y la cuerda parietal de la bóveda craneal (BR-LA, LA-OP), en donde se observó una relación negativa (-0.059).

Se evaluó la homocedasticidad de los datos mediante una prueba de M de Box, en la cual se contrastó la H_0 de igualdad de matrices de varianza-covarianza poblacionales con una significación de 0.05. Se observó que para las variables craneales cada área seleccionada en el estudio cumplió con el supuesto de homocedasticidad (Tabla 5). Para los segmentos óseos postcraneales seleccionados, en tanto, se observó que se rechaza la H_0 de igualdad de matrices de varianza-covarianza solo en ulna ($p=0.033$), lo que indica que para las variables relevadas en esta estructura existe una variabilidad diferencial para los grupos femeninos y masculinos. Es de considerar, sin embargo, que el estadístico utilizado presenta una alta sensibilidad hacia la falta de normalidad multivariante, matrices iguales pueden aparecer como significativamente diferentes ante la existencia de distribuciones asimétricas de los datos (Tabla 6).

Tabla 5. Resultados de prueba M de Box de igualdad de matrices de varianzas-covarianzas para las variables craneales y mandibulares.

<i>Prueba de matrices de covarianzas</i>					
	M de Box	F aprox.	gl1	gl2	p-valor
<i>Bóveda</i>	4.195	0.678	6	71168.784	0.668
<i>Base</i>	7.039	1.129	6	46538.136	0.342
<i>Esplacocráneo</i>	1.954	0.637	3	815210.904	0.591
<i>Mandíbula</i>	4.062	0.394	10	86430.903	0.95
<i>General Cráneo</i>	12.38	1.945	6	15249.82	0.07

(M de Box: prueba de igualdad de matrices de covarianza, F aprox: F de Snedecor aproximado, gl1: un grado de libertad, gl2: dos grados de libertad, p-valor: significación estadística).

Tabla 6. Resultados de la prueba M de Box de igualdad de matrices de varianzas-covarianzas para las variables postcraneales.

<i>Prueba de matrices de covarianzas</i>					
	M de Box	F aprox.	gl1	gl2	p-valor
<i>Clavícula</i>	3.545	1.169	3	33407736	0.32
<i>Escápula</i>	17.727	1.714	10	73319.068	0.071
<i>Esternón</i>	1.759	0.567	3	120762.32	0.637
<i>Húmero</i>	17.189	1.687	10	257445	0.077
<i>Radio</i>	17.146	1.659	10	83499.454	0.084
<i>Ulna</i>	20.183	1.966	10	134762.74	0.033
<i>Sacro</i>	4.622	1.516	3	920713.45	0.208
<i>Fémur</i>	4.426	0.73	6	623468.47	0.626
<i>Tibia</i>	4.906	0.807	6	444374.44	0.564
<i>Calcáneo</i>	0.802	0.264	3	5349776.4	0.851

(M de Box: prueba de igualdad de matrices de covarianza, F aprox: F de Snedecor aproximado, gl1: un grado de libertad, gl2: dos grados de libertad, p-valor: significación estadística).

Variables Craneales

Los resultados obtenidos en el cráneo mostraron un ajuste promedio de las funciones discriminantes mediante el método de validación cruzada entre 76.9% y 85%. En términos generales se observó un mejor ajuste del modelo en individuos masculinos que femeninos. En la bóveda craneal, las variables seleccionadas mediante el método de inclusión por pasos correspondieron al largo máximo (LMAX), ancho máximo (AMAX) y

línea basion-bregma (BABR). El ajuste de la función discriminante obtenida a partir de las variables de la bóveda craneana mostró el menor ajuste obtenido para las áreas craneales seleccionadas, con un 80% para el grupo masculino y un 73.2% para el grupo femenino (Tabla 10).

La variabilidad dada por las diferencias entre los grupos femenino y masculino explicada por la función correspondió al 64.7%, (Tabla 7). Las variables seleccionadas en la base craneal correspondieron a la amplitud biauricular (AUAU), el ancho máximo condilar (ACOND) y la distancia entre cóndilos (AINTER), la función discriminante diseñada para las variables de la base craneal alcanzó un poder de clasificación del 80% a partir del método de validación cruzada (Tabla 8), el alto valor de la correlación canónica y un λ de Wilks cercano a 0 indican un buen ajuste de la función, dado que la dispersión es producto de diferencias intergrupales, no intragrupo (Tabla 7).

Las variables que fueron seleccionadas en el esplacnocráneo fueron la amplitud bicigomática (AMBIZ) y la línea nasion-prostion (NAPR), con un ajuste del 83.6% para la función discriminante. Aquellas variables seleccionadas en la mandíbula fueron la amplitud bigonial (GOGO), la amplitud máxima de la rama (RMAX), la longitud del cuerpo mandibular (LMAN) y la altura máxima de la rama ascendente (ALMAN). La mandíbula reveló el mejor ajuste entre las funciones obtenidas, con un 85% promedio para los grupos femenino y masculino a partir de validación cruzada (Tabla 8). Se realizó un AFD para cráneo con las variables línea basion-bregma de la bóveda craneal (BABR), la longitud de la base craneal (BANA) y la amplitud nasal en esplacnocráneo (AMNAS). Se obtuvo un ajuste del 84% como promedio de ambos grupos (Tabla 8).

Tabla 7. Resumen de los estadísticos de las funciones discriminantes canónicas para las variables craneales y de mandíbula.

	Función	Autovalor	Correlación Canónica	Lambda De Wilks	Chi- Cuadrado	Gl	P-Valor
<i>Bóveda</i>	1	0.719	0.647	0.582	58.225	3	P<<0.05
<i>Base</i>	1	1.404	0.764	0.416	75.864	3	<<0.05
<i>Esplacnocráneo</i>	1	1.259	0.747	0.443	84.753	2	<<0.05
<i>Mandíbula</i>	1	1.154	0.732	0.464	115.109	4	<<0.05
<i>General Cráneo</i>	1	1.297	0.751	0.435	51.153	3	<<0.05

Tabla 8. Resultados de la pertenencia pronosticada para los grupos femenino y masculino según cada función discriminante, antes y después del método de validación cruzada. Variables craneales.

	Original		Validación cruzada		TOT VC
	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	
Bóveda	83.1	78.6	80	73.2	76.90%
Base	89.4	78.6	87.2	74.7	80.80%
Esplacnocráneo	89.2	76.5	89.2	76.5	83.60%
Mandíbula	89.3	82.1	87.4	82.1	85%
General Cráneo	90.7	82.5	87	80	84.00%

Variables Postcraneales

En el postcráneo se observó un buen ajuste para las funciones discriminantes de gran parte de los segmentos óseos seleccionados. El mejor poder discriminante para sexo se observó en clavícula, escápula, húmero, radio y fémur, con un ajuste promedio post validación cruzada entre 90.8 y 93.3%, (Tabla 10). A partir de los estadísticos asociados a la función discriminante se observó que la escápula presentó el mejor ajuste de la función, dado a que presenta el autovalor más alto (2.618), una correlación canónica cercana a 1 (0.851) y un λ de Wilks bajo (0.276), (Tabla 9).

Las variables seleccionadas para la escápula a partir del método de inclusión por pasos fueron el alto máximo, largo y ancho de la cavidad glenoidea y largo máximo de la espina (ESC1, ESC3, ESC4 y ESC5) con un 93.3%. Un buen ajuste se observó en la función que integró las variables largo máximo, diámetro sagital, amplitud distal y circunferencia máxima de la cabeza del radio (RA1, RA2, RA4 y RA5) alcanzando la misma proporción de acierto que en escápula. La función discriminante diseñada en fémur a partir de las medidas del ancho epicondilar, diámetro máximo de la cabeza y diámetro sagital (FE3, FE4 y FE5) con un 91.9%. La función diseñada en húmero a partir de las variables del largo máximo, diámetro mínimo de la diáfisis media, diámetro vertical de la cabeza humeral y ancho bicondileo (HU1, HU3, HU4 y HU5) con un 92.3%; en la función que integró las medidas de largo máximo y circunferencia de la diáfisis media clavicular (CL1, CL4) con un 90.8%; y en la función diseñada en ulna, a partir de la longitud fisiológica, diámetro dorsovolar, ancho mínimo del olécranon y altura del olécranon (UL2, UL3, UL6 y UL7) con un 90.1%, (Tabla 21).

Un menor ajuste se observó en esternón, sacro, tibia, fíbula y calcáneo, con una proporción promedio de clasificación mediante validación cruzada entre 74% y 89.2% (Tabla 19). A partir de los valores de los estadísticos asociados a las funciones de sacro y fíbula se observó que la dispersión que es explicada por la función discriminante se vio en gran medida determinada por la variabilidad intragrupal, no por diferencias entre los

grupos, lo que indicó un bajo poder discriminante y un alto error en la clasificación (Tabla 9).

Tabla 9. Resumen de los estadísticos de las funciones discriminantes canónicas para las variables postcraneales.

	Función	Autovalor	Correlación Canónica	Lambda De Wilks	Chi-Cuadrado	Gl	P-Valor
Clavícula	1	2.110	0.824	0.322	230.329	2	<<0.05
Escápula	1	2.618	0.851	0.276	167.188	4	<<0.05
Esternón	1	1.241	0.744	0.446	57.28	2	<<0.05
Húmero	1	2.052	0.82	0.328	257.786	4	<<0.05
Radio	1	2.508	0.846	0.285	164.397	4	<<0.05
Ulna	1	1.955	0.813	0.338	179.85	4	<<0.05
Sacro	1	0.356	0.512	0.737	43.556	2	<<0.05
Fémur	1	2.230	0.831	0.31	342.931	3	<<0.05
Tibia	1	1.836	0.805	0.353	256.97	3	<<0.05
Fíbula	1	0.637	0.624	0.611	101.001	2	<<0.05
Calcáneo	1	1.212	0.74	0.452	130.988	2	<<0.05

En cada uno de los casos se utilizó la primera función discriminante canónica en el análisis

Tabla 10. Resultados de la pertenencia pronosticada para los grupos femenino y masculino según cada función discriminante, antes y después del método de validación cruzada. Variables postcraneales.

	<i>Original</i>		<i>Validación cruzada</i>		<i>TOT VC</i>
	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	
Clavícula	93.8	88.2	92.9	88.2	90.8
Escapula	94.7	93.2	93.3	93.2	93.3
Esternón	93.5	85.7	91.3	85.7	89.2
Húmero	92.6	93	91.7	93	92.3
Radio	95.4	94.3	93.8	92.9	93.3
Ulna	90.7	89.5	90.7	89.5	90.1
Sacro	75.9	72.9	74.7	72.9	74
Fémur	91.8	92.7	91.2	92.7	91.9
Tibia	89	87.8	88.2	87	87.6
Fíbula	72	77.8	72	76.9	74.5
Calcáneo	85.5	88.4	85.5	88.4	87

Cada función discriminante fue calculada a partir de la diferencia entre los coeficientes de función del grupo masculino y femenino, en donde se observó un coeficiente asociado a cada medida seleccionada a partir del método de inclusión por pasos. Paralelamente se calcularon los vectores de medias o centroides dados para el grupo masculino y

femenino, para cada función discriminante. El promedio entre los centroides de ambos grupos correspondió al punto de corte discriminante de la función. A partir de estos datos fue posible predecir a qué sexo habrá de pertenecer un individuo si se conocen las medidas utilizadas en la función.

La clasificación de nuevas observaciones a partir del modelo estadístico se obtiene a partir del contraste entre el valor obtenido de la función y el punto de corte discriminante obtenido a partir de los centroides de los grupos femenino y masculino. El valor obtenido de la función corresponde a la diferencia entre la constante y la suma del producto de las variables antropométricas y sus respectivos coeficientes discriminantes. Si el valor obtenido de la función es menor al punto de corte discriminante el individuo será clasificado como femenino, si es mayor será clasificado como masculino (Tablas 21 y 22).

Tabla 11. Ecuaciones discriminantes para las variables craneales y de mandíbula.

	Funciones discriminantes lineales de Fisher	P.C.
<i>Bóveda</i>	$LMAX \times 0.167 + AMAX \times 0.113 + BABR \times 0.1 - 57.547$	-0.115
<i>Base</i>	$AUAU \times 0.348 + ACOND \times 1.036 + AINTER \times 0.617 - 64.353$	-0.1575
<i>Esplacnocráneo</i>	$AMBIZ \times 0.401 + NAPR \times 0.262 - 62.354$	-0,179
<i>Mandíbula</i>	$GOGO \times 0.216 + RMAX \times 0.171 + LMAN \times 0.193 + ALMAN \times 0.273 - 55.897$	-0.183
<i>General Cráneo</i>	$BABR \times 0.149 + BANA \times 0.269 + AMNAS \times 0.381 - 81.231$	-0.304

*P.C. punto de corte

Tabla 12. Ecuaciones discriminantes para las variables postcraneales.

	Funciones discriminantes lineales de Fisher	P.C.
<i>Clavicula</i>	$CL1 \times 0.197 + CL4 \times 0.748 - 55.564$	-0.141
<i>Escapula</i>	$ESC1 \times 0.101 + ESC3 \times 0.66 + ESC4 \times 0.491 + ESC5 \times 0.187 - 75.158$	-0.1935
<i>Esternón</i>	$EST1 \times 0.262 + EST2 \times 0.223 - 32.755$	-0.2755
<i>Húmero</i>	$HU1 \times 0.037 + HU3 \times 0.688 + HU4 \times 0.622 + HU5 \times 0.223 - 61.809$	-0.0425
<i>Radio</i>	$RA1 \times 0.074 + RA2 \times 1.864 + RA4 \times 0.374 + RA5 \times 0.716 - 64.687$	0.058
<i>Ulna</i>	$UL2 \times 0.082 + UL3 \times 1.031 + UL6 \times 0.63 + UL7 \times 0.471 - 52.513$	-0.016
<i>Sacro</i>	$SA1 \times 0.1 + SA3 \times 0.182 - 18.961$	-0.116
<i>Fémur</i>	$FE3 \times 0.175 + FE4 \times 1.086 + FE5 \times 0.246 - 66.879$	0.0305
<i>Tibia</i>	$TI2 \times 0.356 + TI3 \times 0.235 + TI6 \times 0.236 - 58.595$	-0.0215
<i>fibula</i>	$FI1 \times 0.074 + FI2 \times 0.24 - 28.514$	0.0305
<i>Calcáneo</i>	$CAL1 \times 0.342 + CAL3 \times 0.497 - 45.669$	0.026

*P.C. punto de corte.

Análisis de Regresión Logística Binaria

Análisis Craneal

Los resultados obtenidos en el cráneo presentaron un ajuste global del modelo entre un 77.5% y un 92.2% de acierto. Se observó un significativo mejor ajuste para el grupo masculino, que superó en alrededor de un 8% a la proporción correcta de clasificación del grupo femenino (Tabla 14). El mejor ajuste del modelo se presentó en la base craneal (92.2%), cuyas medidas seleccionadas fueron la amplitud biauricular, el largo máximo condilar, el ancho máximo condilar, la máxima amplitud bicondilar y la distancia entre cóndilos (AUAU, LCOND, ACOND, ABIC y AINTER) (Tabla 16). El valor obtenido para el criterio de información de Akaike fue significativamente menor que en las demás áreas craneales seleccionadas (AIC 44.6), lo que indicó un mejor ajuste de los datos. La proporción de varianza asociada al sexo explicada por las medidas seleccionadas de base craneal fue del 85,1% (Tabla 13). Las medidas de asociación entre la variable respuesta y las probabilidades pronosticadas indicaron un buen ajuste del modelo, con un 97,9% de los pares clasificados correctamente (Tabla 15).

La regresión realizada para las variables seleccionadas de la mandíbula presentó una proporción de clasificación correcta del 88.3% (Tabla 14). Las variables seleccionadas correspondieron a la amplitud bigonial, longitud del cuerpo mandibular y altura máxima de la rama ascendente (GOGO, LMAN y ALMAN), (Tabla 16). La proporción de varianza asociada al sexo explicada por las medidas seleccionadas de base craneal fue del 68% (Tabla 13). Las medidas de asociación indicaron que el 93.1% de los pares fueron concordantes (Tabla 15).

En el esplacnocráneo se observó un ajuste global del 85% (Tabla 14). Las variables seleccionadas fueron la amplitud bizigomática y la línea nasion-prostion (AMBIZ, NAPR), (Tabla 16). El 73,5% de la variación asociada al sexo fue explicado por las variables incluidas en el modelo (Tabla 13). Las medidas de asociación indicaron que el 94,7% de los pares obtenidos en la clasificación fueron concordantes (Tabla 15).

En la bóveda craneana se observó un menor ajuste global con una proporción de acierto del 77.5% (Tabla 14), las variables utilizadas en el modelo fueron la longitud máxima y la línea basion-bregma (LMAX, BABR), (Tabla 16). Se observó que el 52,7% de la variación asociada al sexo es explicado por las variables incluidas en el modelo (Tabla 13). Las medidas de asociación mostraron que el 87,3% de los pares obtenidos son concordantes (Tabla 15).

Se evaluó el ajuste del modelo mediante la prueba de bondad de ajuste de Hosmer y Lemeshow. Para las regresiones realizadas en bóveda y base craneal se observó que el p-valor es mayor para cada grado de significación determinado (bóveda craneal $p < 0.01$; base craneal $p = 0.05$). Para los modelos obtenidos en esplacnocráneo y mandíbula, en

tanto, el p-valor se acercó a 0.04, indicando que las probabilidades pronosticadas se desvían de las probabilidades observadas de una manera que la distribución binomial no predice (a un nivel de significación de 0.05), (Tabla 13). Dado que la prueba de Hosmer y Lemeshow es sensible al tamaño muestral se observó el detalle de probabilidades observadas y esperadas con tal verificar en detalle el ajuste del modelo.

Cada ecuación de regresión calculada muestra en primer lugar la constante asociada a la ecuación y luego los coeficientes de regresión asociados a cada variable seleccionada. Para clasificar nuevos casos se debe calcular la ecuación reemplazando donde corresponde el valor de cada variable craneométrica la cual debe ser multiplicada por su coeficiente (Tabla 16). La clasificación de nuevos casos se realizará a partir de la comparación del resultado obtenido en la ecuación y el punto de corte. En la regresión logística binomial el punto de corte asignado es 0.5. Si se obtiene un valor >0 la nueva observación se clasifica en el grupo masculino, si el valor es <0.5 se considera como femenino.

Tabla 13. Estadísticos de resumen del modelo y prueba de ajuste de bondad mediante chi-cuadrado de Hosmer y Lemeshow, para cada área craneal seleccionada.

	-LL2	R²	R²*	AIC	HL	GL	P-VALOR
<i>Bóveda</i>	96.416	0.393	0.527	102.42	5.007	8	0.757
<i>Base</i>	32.656	0.634	0.851	44.66	5.369	8	0.717
<i>Esplacnocráneo</i>	60.972	0.547	0.735	66.97	16.405	8	0.037
<i>Mandíbula</i>	100.846	0.505	0.680	108.85	16.295	8	0.038

(Donde -2LL: logaritmo de la verosimilitud -2, R²: R² de Cox y Snell, R²: R² de Nagelkerke, HL: chi-cuadrado de Hosmer y Lemeshow, gl: grados de libertad, p-valor: significación, AIC: criterio de información de Akaike).

Tabla 14. Tabla de clasificación del porcentaje de acierto obtenido para cada regresión en las áreas craneales seleccionadas.

	Femenino	Masculino	Global
<i>Bóveda</i>	72.9%	81%	77.5%
<i>Base</i>	87.2%	96.1%	92.2%
<i>Esplacnocráneo</i>	80%	88.7%	85%
<i>Mandíbula</i>	84.4%	91.1%	88.3%

Tabla 15. Medidas de asociación entre la variable respuesta y las probabilidades pronosticadas para cada regresión en cada área craneal seleccionada.

	Pares			Medidas de resumen		
	Concordantes	Discordante s	Empates	D de Somers	Gamma de G-K	Tau-a de K
Bóveda	87.3	12.1	0.7	0.75	0.76	0.37
Base	97.9	2.1	0.1	0.96	0.96	0.48
Esplacnocráneo	94.7	5.1	0.2	0.9	0.9	0.44
Mandíbula	93.1	6.6	0.2	0.86	0.87	0.42

Tabla 16. Ecuaciones predictivas del sexo basadas en los análisis de regresión logística usando variables del cráneo.

Ecuación de regresión	
Bóveda	$Y' = -50.45 + 0.1938 \text{ LMAX} + 0.1279 \text{ BA-BR}$
Base	$Y' = -87.7 + 0.500 \text{ AU-AU} + 0.990 \text{ LCOND} + 2.040 \text{ ACOND} - 0.794 \text{ ABIC} + 1.167 \text{ AINTER}$
Esplacnocráneo	$Y' = -67.3 + 0.4481 \text{ AM-BIZ} + 0.2570 \text{ NA-PR}$
Mandíbula	$Y' = -54.07 + 0.2034 \text{ GO-GO} + 0.2510 \text{ LMAN} + 0.3000 \text{ AL-MAN}$

Análisis Postcraneal

En los resultados obtenidos en postcráneo se observaron probabilidades globales de acierto para los modelos de regresión obtenidos entre un 74% y un 94.1%. Los mejores modelos se obtuvieron en radio, escápula, clavícula, húmero y fémur (Tabla 17). Las variables seleccionadas en radio correspondieron al largo máximo, diámetro sagital y circunferencia máxima de la cabeza radial (RA1, RA2 y RA5), con un 94.1% de acierto en la clasificación y un modelo que explicó el 89.3% de la varianza asociada al sexo (Tabla 18). En la escápula, las variables seleccionadas fueron el largo de la cavidad glenoidea y el largo máximo de la espina (ESC3, ESC5). La regresión presentó una proporción de clasificación global del 93.3%. Un 86% de la variación asociada al sexo es explicado por las variables incluidas en el modelo. Las variables seleccionadas en clavícula fueron el largo máximo, el diámetro sagital y el diámetro vertical (CL1, CL2 y CL3), los que presentaron una proporción de clasificación del 93.2% con un 87.8% de la varianza efectivamente explicada en el modelo. En el húmero se seleccionó el diámetro mínimo de la diáfisis media, diámetro vertical de la cabeza humeral y ancho bicondileo (HU3, HU4 y HU5). Su proporción de clasificación promedio fue del 91.9%, cuyo modelo explica el 84.4% de la varianza asociada a los grupos.

Las variables seleccionadas en fémur correspondieron al ancho epicondilar, diámetro máximo de la cabeza humeral y diámetro sagital (FE3, FE4 y FE5). El modelo alcanzó un 91.9% de acierto en la clasificación global y explica a partir de las variables predictoras un 85.9% de la variación asociada a los grupos.

Las variables seleccionadas en tibia correspondieron al ancho máximo de la epífisis proximal, diámetro sagital y diámetro transversal (TI2, TI4 y TI5). Se observó una proporción de clasificación global que alcanza el 90.8%, con un 82.6% de la variación asociada al sexo explicado por las variables incluidas en el modelo. Similares resultados se obtuvieron en ulna, con un 90.6% de ajuste global y un 82.4% de la varianza total efectivamente explicada en el modelo, donde las variables utilizadas fueron la longitud fisiológica, el diámetro dorso-volar, el ancho mínimo del olécranon y la altura del olécranon (UL2, UL3, UL6 y UL7). Un menor ajuste se obtuvo a partir de las regresiones realizadas en esternón y calcáneo, con una proporción de clasificación entre 86% y 89%. Alrededor del 70% de la variación asociada al sexo fue explicado por las variables incluidas en ambos modelos. En la fíbula y sacro el ajuste obtenido fue significativamente menor. La proporción correcta de clasificación global fue de 75.5% para fíbula y 74% para sacro. Mientras que el modelo diseñado en fíbula logra explicar un 50.8% de la variación de los grupos, el modelo diseñado en sacro explica el 34.8% de la varianza grupal.

A partir de la prueba de Hosmer y Lemeshow se pudo concluir que para todas las regresiones realizadas en los segmentos óseos postcraneales no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula que indica que el modelo se ajusta a lo observado ($p > 0.05$). El criterio de información de Akaike (AIC) permite comparar el ajuste entre los distintos modelos obtenidos. Se observa un significativo mejor ajuste en los segmentos óseos del tronco superior, especialmente en esternón, radio y escápula. Valores muy altos de AIC se observaron en el sacro y la fíbula (Tabla 18). Similar es lo que se observó en las medidas de asociación, que mostraron que para la mayoría de los casos la proporción de pares concordantes fue superior al 90%, exceptuando los modelos obtenidos en sacro y fíbula, donde los pares concordantes bordearon una proporción del 80% (Tabla 19).

La clasificación de nuevos casos se realizará a partir de la comparación del resultado obtenido en la ecuación y el punto de corte asignado (0.5), (Tabla 20). Si se obtiene un valor > 0.5 la nueva observación se clasifica en el grupo masculino, si el valor es < 0.5 se clasificará como femenino (Tabla 19).

Tabla 17. Tabla de clasificación del porcentaje de acierto obtenido para cada regresión en los segmentos óseos postcraneales seleccionados.

	Femenino	Masculino	Global
Clavícula	92.5%	93.8%	93.2%
Escápula	93.2%	93.3%	93.3%
Esternón	82.1%	93.5%	89.2%
Húmero	92.1%	91.7%	91.9%
Radio	95.7%	92.3%	94.1%
Ulna	89.3%	91.9%	90.6%
Sacro	61%	82.8%	74%
Fémur	92.7%	91%	91.9%
Tibia	91.9%	89.8%	90.8%
Fíbula	78.7%	72%	75.5%
Calcáneo	88.4%	85.4%	86.9%

Tabla 18. Estadísticos de resumen del modelo y prueba de ajuste de bondad mediante chi-cuadrado de Hosmer y Lemeshow, para cada segmento óseo postcraneal seleccionado.

	-LL2	R²	R²*	AIC	HL	GL	P-VALOR
Clavícula	63.637	0.656	0.878	71.64	1.318	8	0.995
Escapula	46.336	0.642	0.860	52.34	7.171	8	0.518
Esternón	41.599	0.534	0.727	47.60	4.698	8	0.789
Húmero	90.204	0.633	0.844	98.20	2.282	8	0.971
Radio	37.415	0.670	0.893	45.41	2.098	8	0.978
Ulna	71.955	0.618	0.824	81.95	2.038	8	0.980
Sacro	153.488	0.258	0.348	159.49	9.506	8	0.301
Fémur	99.248	0.650	0.867	107.25	0.859	8	0.999
Tibia	104.994	0.619	0.826	112.99	1.325	8	0.995
Fíbula	188.300	0.381	0.508	194.30	14.398	8	0.072
Calcáneo	98.423	0.551	0.734	104.42	5.752	8	0.675

Donde -2LL: logaritmo de la verosimilitud -2, R²: R² de Cox y Snell, R²: R² de Nagelkerke, HL: chi-cuadrado de Hosmer y Lemeshow, gl: grados de libertad, p-valor: significación, AIC: criterio de información de Akaike.

Tabla 19. Medidas de asociación entre la variable respuesta y las probabilidades pronosticadas para cada regresión en cada área craneal seleccionada.

	Pares			Medidas de resumen		
	Concordante s	Discordantes	Empate s	D de Somers	Gamma de G- K	Tau-a de K
Clavícula	98.5	1.4	0	0.97	0.97	0.48
Escapula	98	1.9	0.1	0.96	0.96	0.48
Esternón	94.4	5.4	0.2	0.89	0.89	0.42
Húmero	97.8	2.2	0	0.96	0.96	0.48
Radio	98.8	1.1	0	0.98	0.98	0.49
Ulna	97.3	2.6	0.1	0.95	0.95	0.48
Sacro	81.1	18.6	0.2	0.63	0.63	0.3
Fémur	98.3	1.7	0	0.97	0.97	0.48
Tibia	97.2	2.8	0.1	0.94	0.94	0.47
Fíbula	86.4	13.5	0.1	0.73	0.73	0.37
Calcáneo	94.6	5.2	0.1	0.89	0.89	0.45

Tabla 20. Ecuaciones predictivas del sexo basadas en los análisis de regresión logística usando variables del postcráneo.

Ecuación de regresión	
Clavícula	$Y' = -66.8 + 0.2187 \text{ CL1} - 1.913 \text{ CL2} + 1.593 \text{ CL4}$
Escapula	$Y' = -62.0 + 0.917 \text{ ESC3} + 0.2266 \text{ ESC5}$
Esternón	$Y' = -33.66 + 0.2683 \text{ EST1} + 0.2309 \text{ EST2}$
Húmero	$Y' = -55.75 + 0.547 \text{ HU3} + 0.734 \text{ HU4} + 0.2766 \text{ HU5}$
Radio	$Y' = -70.8 + 0.1453 \text{ RA1} + 1.954 \text{ RA2} + 0.735 \text{ RA5}$
Ulna	$Y' = -50.42 + 0.0789 \text{ UL2} + 0.858 \text{ UL3} + 0.626 \text{ UL6} + 0.505 \text{ UL7}$
Sacro	$Y' = -17.97 + 0.0939 \text{ SA1} + 0.1829 \text{ SA3}$
Fémur	$Y' = -73.0 + 0.370 \text{ FE3} + 0.865 \text{ FE4} + 0.274 \text{ FE5}$
Tibia	$Y' = -63.87 + 0.557 \text{ TI2} + 0.522 \text{ TI4} + 0.291 \text{ TI5}$
Fíbula	$Y' = -27.89 + 0.0719 \text{ FIB1} + 0.250 \text{ FIB2}$
Calcáneo	$Y' = -51.54 + 0.3808 \text{ CAL1} + 0.570 \text{ CAL3}$

CAPITULO VII

Discusión

La presente investigación corrobora la existencia de diferencias en la expresión del dimorfismo sexual en la población subactual de Santiago, Chile, en variables de cráneo y postcráneo. El dimorfismo sexual se evaluó en términos de magnitud, distribución en el esqueleto y utilidad en la selección de variables para la generación de modelos de predicción. La caracterización de la población con relación al grado de dimorfismo sexual observado en las diversas estructuras analizadas constituye un acercamiento a la estandarización de modelos de predicción de los atributos del perfil biológico mediante metodologías cuantitativas.

A partir del análisis del error inter e intra observador se evidencia resultados similares a los obtenidos en previas investigaciones realizadas en la colección osteológica analizada, demostrando que no existe una variación estadísticamente significativa entre o intra-observador (Garrido-Varas, 2014; Pontigo, 2015; Carvallo, 2019; Earll, 2015; Peckmann *et al.*, 2016), lo que enfatiza que al utilizar las medidas claramente definidas así como herramientas de medición bien calibradas, éstas son fáciles de replicar sin estar sujetos a significativos errores estadísticos, confirmando la buena reproductibilidad de la metodología aplicada.

En el presente capítulo se discuten los resultados obtenidos a partir del cálculo del IDS, así como los resultados de la proporción de acierto obtenido a partir de las ecuaciones de predicción que mejor discriminan para la determinación de sexo.

Estimación de Sexo en base a Variables Craneométricas

El cráneo ha sido considerado la segunda región más dimórfica en términos sexuales después de la pelvis, su uso en la determinación de sexo ha sido sugerido cuando la pelvis no se encuentra disponible (Giles, 1964; Singh *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos en el estudio actual contrastan con tal conjetura, se observa que el dimorfismo sexual en la población estudiada se expresa en mayor magnitud en las estructuras postcraneales, principalmente en los segmentos óseos de miembro superior y cintura escapular (Figura 7).

Si bien el IDS promedio en cráneo es menor al esperado, se observa que, del conjunto de variables craneales y mandibulares analizadas, la totalidad de las medidas presenta diferencias dadas por el sexo de los individuos, cuyo IDS varía entre un 2.6% a un 11.1% (Figura 8). Con el objeto de facilitar la interpretación de los datos se agruparon las variables craneométricas en áreas: bóveda craneal, base craneal, esplanocráneo y mandíbula. La división del cráneo en áreas específicas favorece el manejo de los datos en contextos en los cuales el cráneo se encuentra fragmentado e incompleto y genera

ventajas al momento de aplicar métodos de determinación de sexo como los propuestos en el presente estudio, considerando las particularidades asociadas a la preservación de los restos analizados, así como su variación respecto a caracteres ligados a ancestría o posibles zonas afectadas por patologías que impidan relevar ciertas mediciones (Steyn e Iscan, 1998). Por ende, tal segmentación genera ventajas al momento de desarrollar modelos de predicción aplicables en cráneos tanto completos como fragmentarios.

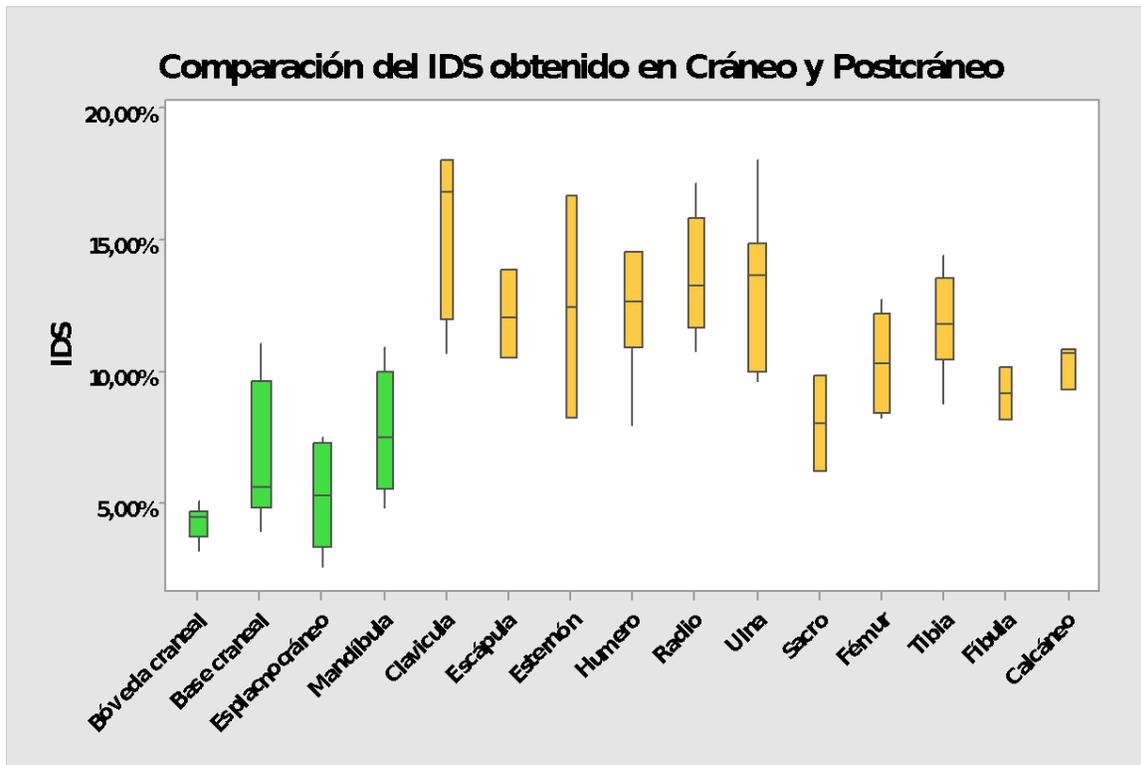


Figura 7. Diagrama comparativo del IDS obtenido para segmentos craneales y de mandíbula, así como para las estructuras postcraneales consideradas en el presente estudio (el ancho de la caja es proporcional al tamaño de la muestra).

Aquellas variables que presentaron un mayor IDS se encontraron en la base craneal, correspondientes a distancias relacionadas con los cóndilos occipitales (LCOND, 11.1%; ACOND, 10.9%; AINTERC, 9,3%), (Figura 8). La zona articular atlanto-occipital parece tener una fuerte relación con el sexo. Si bien su IDS es elevado, la proporción de acierto de estas variables por separado alcanza entre un 66% y un 76% de acierto (Figura 9). Esto se debe a que si bien son variables que expresan en gran medida el dimorfismo sexual, su varianza es alta, por lo cual se genera una superposición significativa entre los individuos femeninos y masculinos, restando confianza para su uso en modelos univariantes. Los modelos multivariantes fueron generados a partir de un AFD, se seleccionaron las variables ancho condilar, distancia entre cóndilos y amplitud biauricular (ACOND, AINTER y AU-AU), obteniendo una proporción de acierto mediante el método de validación cruzada de 80.8% y de 92.2% a partir del análisis de RL, en el cual se seleccionó todas las variables asociadas a la zona articular atlanto-occipital junto a la

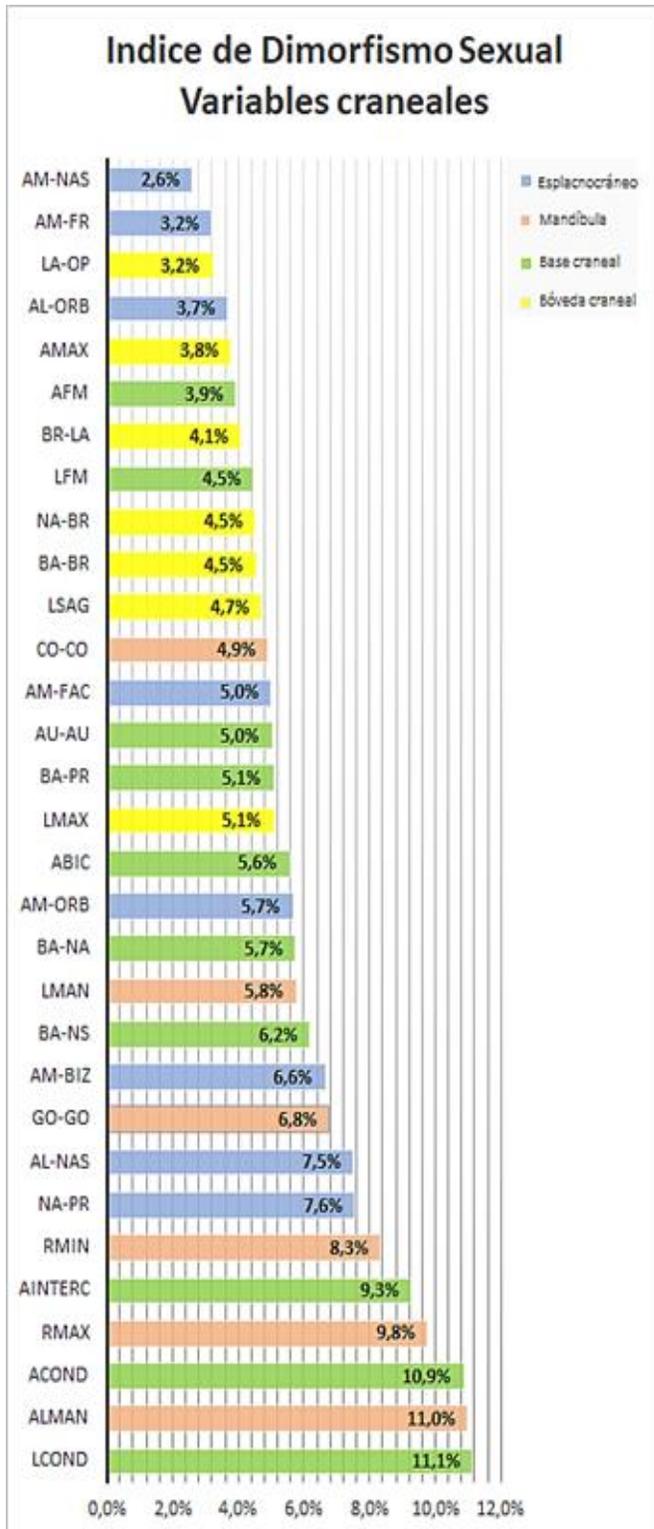


Figura 8. Proporción del IDS calculado para cada variable craneal y mandibular, ordenado de menor a mayor.

Fleagle, 2013).

amplitud biauricular (ACOND, LCOND, ABIC, AINTER y AU-AU). Los resultados obtenidos demuestran buenos poderes de predicción, significativamente más altos que los documentados en otras poblaciones estudiadas (Tabla 21). Tales modelos de estimación de sexo diseñados en la base craneal tienen la ventaja de ser aplicables en restos fragmentados, especialmente los modelos obtenidos que se basan en medidas de los cóndilos occipitales, segmento craneal que resiste bastante bien el deterioro tafonómico (Texeira, 1982).

Las variables mandibulares integradas en el estudio que ocuparon los mejores lugares en la escala del IDS corresponden a la altura, amplitud mínima y amplitud máxima de la rama ascendente (ALMAN, 11%; RMAX, 9.8%; RMIN, 8.3%), (Figura 8). Los resultados obtenidos a partir del ADFu entregan proporciones de acierto entre 67% y 77% (Figura 9), valores que aumentan significativamente a partir de ecuaciones obtenidas a partir del AFDm (85%) y RL (88.3%) (Tabla 21). El dimorfismo sexual relacionado al complejo muscular masticatorio se encuentra bien documentado en la literatura, siendo un rasgo ampliamente estudiado en primates no humanos, junto a la dimensión de los caninos. El aumento de las dimensiones de estos caracteres en el sexo masculino son el resultado de procesos evolutivos de selección sexual asociado a la competencia por pareja (Dunham y Rodolf, 2009;

Un análisis desarrollado a partir de las mediciones de determinados hitos cráneo-mandibulares en telerradiografías de perfil en población chilena demostró que variables como la altura facial, altura de la rama de la mandíbula y ancho mínimo de la rama mandibular son buenos indicadores para la construcción de modelos de predicción del sexo, con tasas de acierto que alcanzan un 88,6% (Bucchi *et al*, 2016). Algunas investigaciones sugieren que puede existir cierta influencia en las características de oclusión de los individuos que pueden llegar a modificar la estructura facial y por ende intervenir en la asignación sexual. El estudio mencionado anteriormente aborda esta problemática, concluyendo que una relación cráneo-mandibular retrognata o prognata no afectaría la estimación confiable del sexo de los individuos de población chilena. Por otro lado, el largo del cuerpo de la mandíbula (LMAN) resultó no ser dimórfico en su investigación, siendo en el estudio actual una variable seleccionada dada su buena contribución en el modelo discriminante y de regresión.

Las variables del esplanocráneo no se presentaron como significativamente dimórficas en esta población (2.6% a 7.6%), (Figuras 7 y 8). Aquellas que ostentaron el mayor grado de dimorfismo para este segmento craneal fueron los diámetros sagitales del rostro, como altura nasal y línea nasion-prostion (AL-NAS y NA-PR). Las variables menos dimórficas del conjunto general de datos fueron la amplitud nasal, mínima amplitud frontal y altura orbital (AM-NAS, AM-FR y AL-ORB) (Figura 8). Estas variables además presentaron un coeficiente de variación muy alto, lo que indica una amplia superposición entre los valores obtenidos en individuos femeninos y masculinos. Las ecuaciones de predicción generados en este segmento craneal consideraron dos variables: amplitud bicigomática (AM-BIZ) y línea nasion prostion (NA-PR), a partir de lo cual se obtuvo una proporción de acierto de 83.6% mediante el AFDm y de 85% mediante RL. Estudios realizados en otras poblaciones muestran tasas de precisión inferiores a las obtenidas en población chilena (Tabla 21). Para mejorar los modelos de predicción de sexo basados en variables de esplanocráneo es importante tener en consideración que el área craneofacial refleja en gran medida la expresión de caracteres asociados a ancestría. Una de sus desventajas corresponde a que es una de las zonas más frágiles del cráneo, que usualmente se ve afecta a deterioro tafonómico (Steyn e IScan, 1998).

El segmento craneal con menor grado de dimorfismo sexual correspondió a la bóveda craneal (Figura 7). Su IDS fluctuó entre el 3.2% en variables como la cuerda occipital (LA-OP) al 5.1% para el largo máximo de la bóveda (AMAX), (Figura 8). Las dimensiones de la bóveda craneal no tuvieron una relación significativa con el sexo. En general en las variables integradas en el estudio se observó un bajo IDS en conjunto a un alto coeficiente de variación, por lo que la contribución de tales variables en modelos de predicción parece ser escasa. Esto se demuestra con los coeficientes de precisión obtenidos mediante los modelos de predicción generados. Estos, al ser comparados con los otros segmentos craneales estudiados, presentaron los menores valores de acierto (ADFm 76.9%, RL 77.5%), incluso respecto a otros estudios (Steyn e IScan, 1998; Kranioti, 2008), (Tabla 21). Además de una baja proporción de acierto, aquellos modelos que integran variables de la bóveda craneal tienen el requisito de ser aplicados en cráneos que ostenten un buen estado de preservación y completitud. Su aplicabilidad se

da en cráneos completos que no presenten deformación natural o artificial (Giles y Elliot,1873), lo cual no constituye la norma de los hallazgos realizados en contextos forenses.

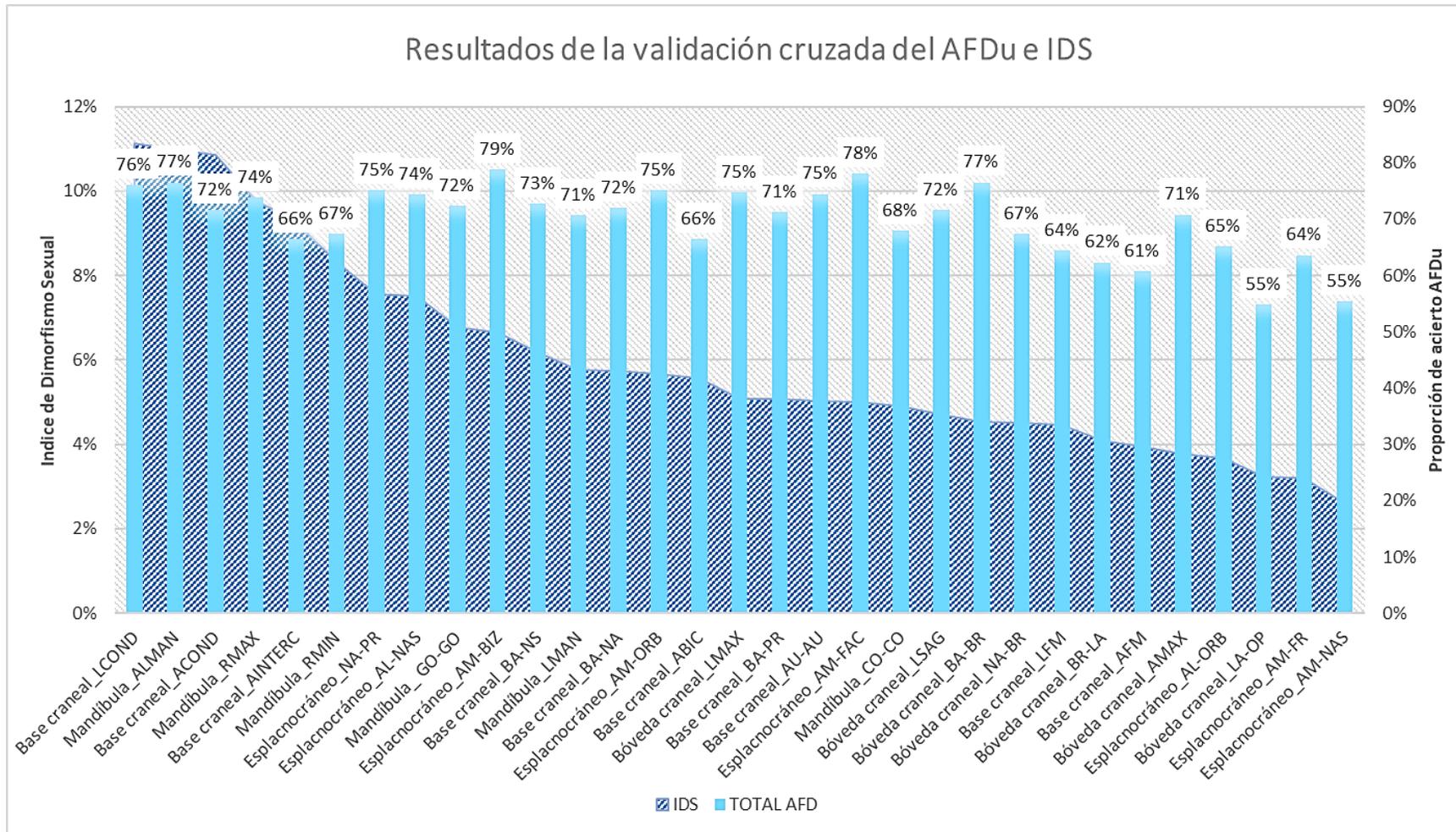


Figura 9. Proporción de acierto del Análisis de Función Discriminante Univariante para cada variable craneal y de mandíbula, ordenadas de mayor a menor en función de su Índice de Dimorfismo Sexual (calculado a partir de la ecuación generada por Ricklan y Tobias, 1986).

Tabla 21. Tabla comparativa de los resultados obtenidos en la presente investigación mediante el AFD y RL en población chilena y los resultados obtenidos en otros estudios craneométricos.

Población	Cráneo segmentado					
	Método	Cráneo	Bóveda	Base	Esplacnocráneo	Mandíbula
*Chilena subactual	AFDm	84%	76.9%	80.8%	83.6%	85%
*Chilena subactual	RL	-	77.5%	92.2%	85%	88.3%
Anglo y afroamericana	AFD	89%	-	-	-	-
Angloamericana	AFD	-	-	70 - 85%	-	-
Angloamericana	RL	83%	-	-	-	-
Blanca sudafricana	AFD	85.7%	83.5%	-	81.1%	81.5%
Británica	AFD	-	-	76.7%	-	-
Cretense	AFD	87.1	82.6%	-	-	-
Francesa	AFD	-	-	67.7%	-	-
India	RL	-	-	70.3%	-	-
India	AFD	-	-	-	79.9%	-
India	RL	-	-	-	81.9%	-
India	RL	-	-	87.2%	-	-
India	AFD	64.3%	-	-	78.6%	-
Japonesa	AFD	84.1%	-	-	-	-
Tailandesa	AFD	90.6%	-	-	-	-

*Resultados obtenidos de la investigación actual mediante análisis discriminante y regresión logística.

Si bien a partir de los resultados obtenidos se puede concluir que el sexo se constituye como una fuente importante de variación en el cráneo de la población estudiada, muchos otros factores contribuyen en su compleja morfología. Estudios realizados en otras poblaciones han descartado la influencia de factores como la edad o el tamaño corporal en la asignación de sexo mediante variables craneales. Al poner a prueba tales factores se ha concluido que no presentan efectos suficientemente importantes en las expresiones de los rasgos craneales para justificar su inclusión en los métodos de estimación del sexo. Se ha observado, sin embargo, tendencias seculares de variación en las puntuaciones de las variables craneales estudiadas (Garvin *et al*, 2014). Esto demuestra la necesidad de ajustar las metodologías a un nivel de especificidad más acotado, espacial y temporalmente. La estimación del sexo mediante variables métricas craneales solo puede mejorar a partir de un mejor muestreo y mayor comprensión de la gama de dimorfismo sexual expresada por rasgos individuales y colectivos.

Estimación de Sexo en base a Variables Postcraneales

De la totalidad de variables postcraneales integradas en el presente estudio, solo en una de ellas no existieron diferencias con relación al sexo (ancho anterosuperior del sacro, SA2). Las demás variables presentaron un índice de dimorfismo sexual que fluctuó entre un 6.2% y un 18.1% (Figura 10).

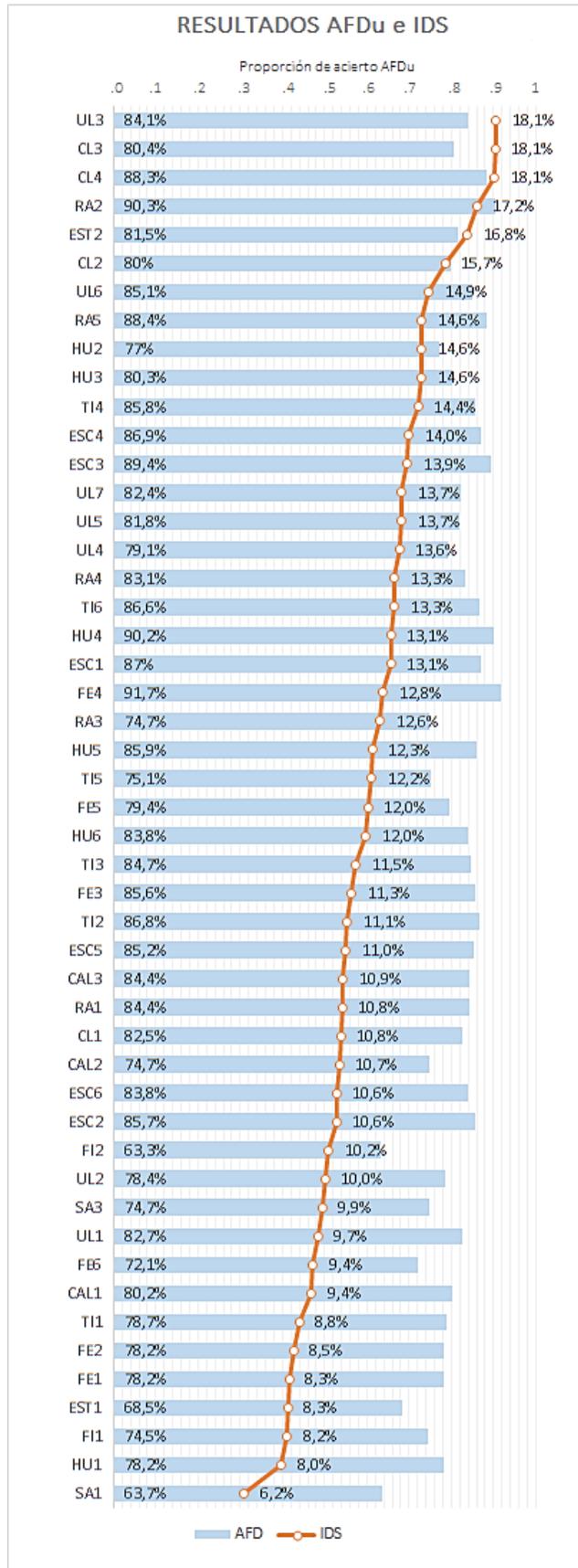
En términos generales se observó un mayor grado de dimorfismo en los segmentos óseos de la cintura escapular y miembro superior (Figura 7). Los resultados obtenidos se condicen con un estudio realizado en la misma colección osteológica del presente trabajo (Earl, 2015), en donde se compararon 3 poblaciones en términos de grado y patrón de dimorfismo sexual (chilena, mexicana y euroamericana). El estudio establece que en población chilena el grado de dimorfismo sexual expresado es significativamente menor que en las otras poblaciones estudiadas. Sin embargo, el patrón de dimorfismo sexual parece no variar entre ellas, siendo las medidas de la cintura escapular y miembro superior aquellas que presentan mayor variabilidad con relación al sexo, incluso considerando la variación en las proporciones corporales existentes entre estos grupos.

Con el fin de facilitar la comprensión de los resultados obtenidos en el postcráneo, se procesó la información de las variables incluidas en el estudio agrupándolas según su zona de representación en los segmentos óseos estudiados en 3 grupos. En el grupo n°1 se incluyeron todas aquellas variables que integran largos máximos de los huesos largos. En el grupo n°2 se incluyeron todas aquellas variables de dimensión diafisaria que no fueran largos máximos (diámetros transversos, sagitales, máximos, mínimos, circunferencia de la diáfisis). Un tercer grupo incluyó todas aquellas variables que corresponden a dimensiones epifisarias. Se evaluó la relación existente entre estas agrupaciones de variables y su grado de dimorfismo sexual expresado en la población de estudio mediante un histograma y un gráfico de puntos que muestra la agrupación de los datos en función de los valores obtenidos para el IDS (Figura 11), así como su agrupación con relación al coeficiente de precisión para la estimación de sexo a partir de medidas únicas (Figura 12).

Los resultados obtenidos mostraron que el IDS se expresa en mayor magnitud en las medidas de diámetros diafisarios (9.4% a 18.1%), siendo las variables de miembro superior y cintura escapular aquellas que ostentan los mayores IDS en la población, como es el diámetro vertical y la circunferencia de la diáfisis media de la clavícula, el diámetro dorsovolar de la ulna y el diámetro sagital del radio (CL3, 18.1%; CL4, 18.1%; UL3, 18.1%; RA2, 17.2%, respectivamente). El ancho máximo de la escápula también presentó un IDS elevado, de 16.8%. Aquellas medidas de diáfisis que presentan menor IDS corresponden a variables relevadas en huesos largos de miembro inferior, como el diámetro máximo de la diáfisis fibular y el diámetro transversal del fémur (FIB2, 10.2%; FE6, 9.4%) (Figura 10 y 11). Si bien el conjunto de variables de diámetros diafisarios se encuentra polarizada hacia los resultados más altos del IDS, a partir del análisis

discriminante univariante se observó que este grupo de medidas tienen bajos poderes discriminantes para sexo, exceptuando el diámetro sagital del radio, la circunferencia de la

diáfisis clavicular, la circunferencia máxima diafisaria y el diámetro sagital de la tibia (RA2, 90.3%; CL4, 88.3%; TI6, 86.6%; TI4, 85.8%), (Figura 12).



El conjunto de variables constituido por los largos máximos de los segmentos óseos estudiados presentó los menores niveles de dimorfismo sexual evidenciados en la población de estudio en el esqueleto postcraneal, con un rango entre 8% y 10.8% (Figura 11). La variable con más bajo IDS correspondió al largo máximo del húmero (HU1), (Figura 10). Al generar modelos predictivos del sexo para cada variable de este grupo se evidenció que su poder de predicción se mantuvo dentro del conjunto con más bajos resultados, en conjunción con las variables de diámetros diafisarios, con un rango de acierto entre 74.5% y 84.4% (ver figura 12). Dentro del conjunto de variables de largos máximos de los huesos largos, se observó un leve mejor ajuste de los segmentos de miembro superior y cintura escapular en desmedro de las variables de miembro inferior (Figura 10).

Figura 10. Proporción de acierto del Análisis de Función Discriminante Univariante para cada variable postcraneal, ordenadas de mayor a menor en función de su Índice de Dimorfismo Sexual.

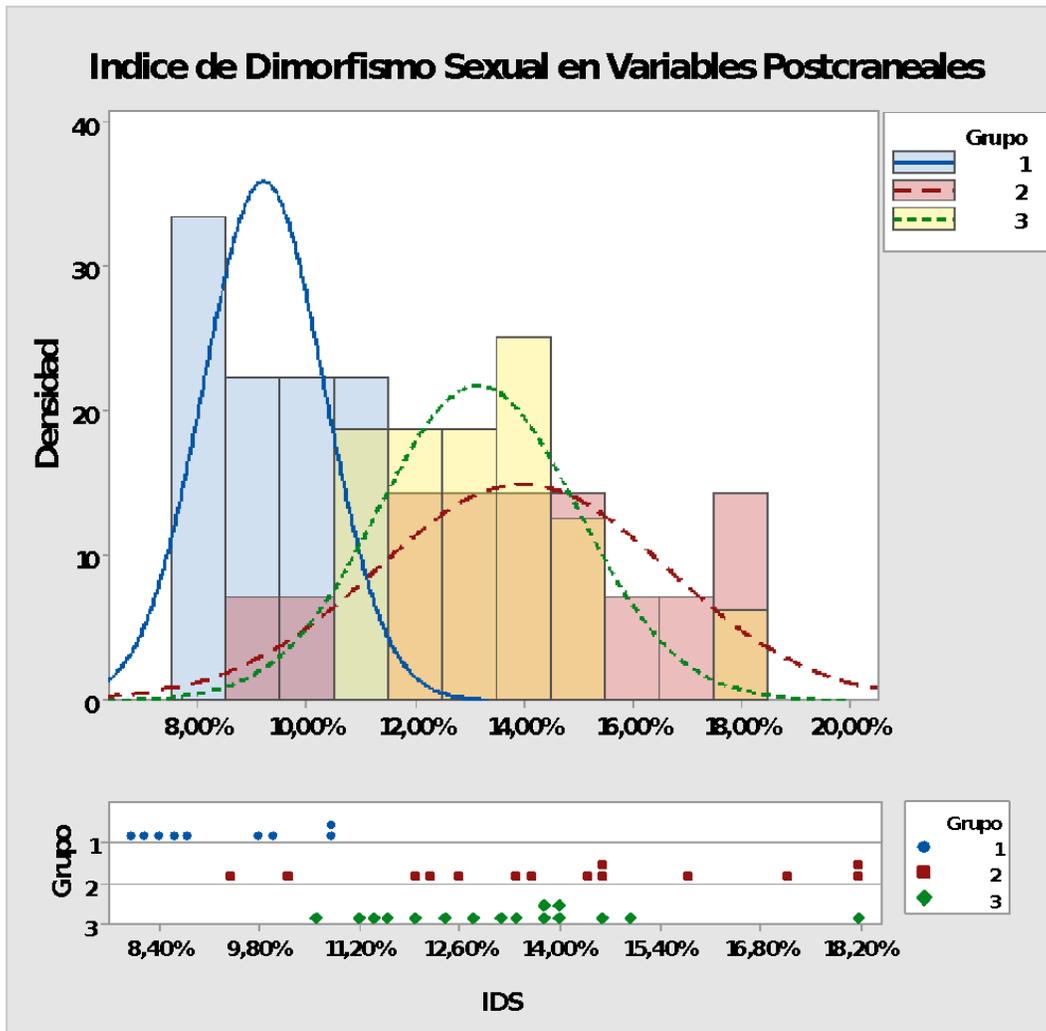


Figura 11. Histograma y diagrama de puntos del IDS (Ricklan y Tobias, 1986) para cada conjunto de variables postcraneales, donde grupo 1: largos máximos, grupo 2: diámetros diafisarios y grupo 3: dimensiones epifisarias.

El conjunto de variables de diámetros epifisarios presentó un IDS que fluctúa entre 11.1% y 14.9% (Figura 11). Aquellas variables con mayor grado de dimorfismo correspondieron al ancho mínimo, máximo y altura del olécranon (UL5, 13.7%; UL6, 14.9%; UL7, 13.7%), amplitud distal, circunferencia de la cabeza del radio (RA4, 13.3%; RA5, 14.6%) y largo y ancho de la cavidad glenoidea de la escápula (ESC4, 14%; ESC3, 13.9%). Al generar modelos discriminantes de estimación de sexo, este grupo de variables alcanzó los mejores coeficientes de precisión en medidas únicas en postcráneo, con un rango de acierto de 81.8% a 91.7%. Aquellas variables con mayor proporción de acierto correspondieron al diámetro máximo de la cabeza del fémur (FE4, 91.7%), diámetro

vertical de la cabeza humeral (HU4, 90.2%), largo de la cavidad glenoidea en la escápula (89.4%) y la circunferencia máxima de la cabeza del radio (88.4%), (Figura 10).

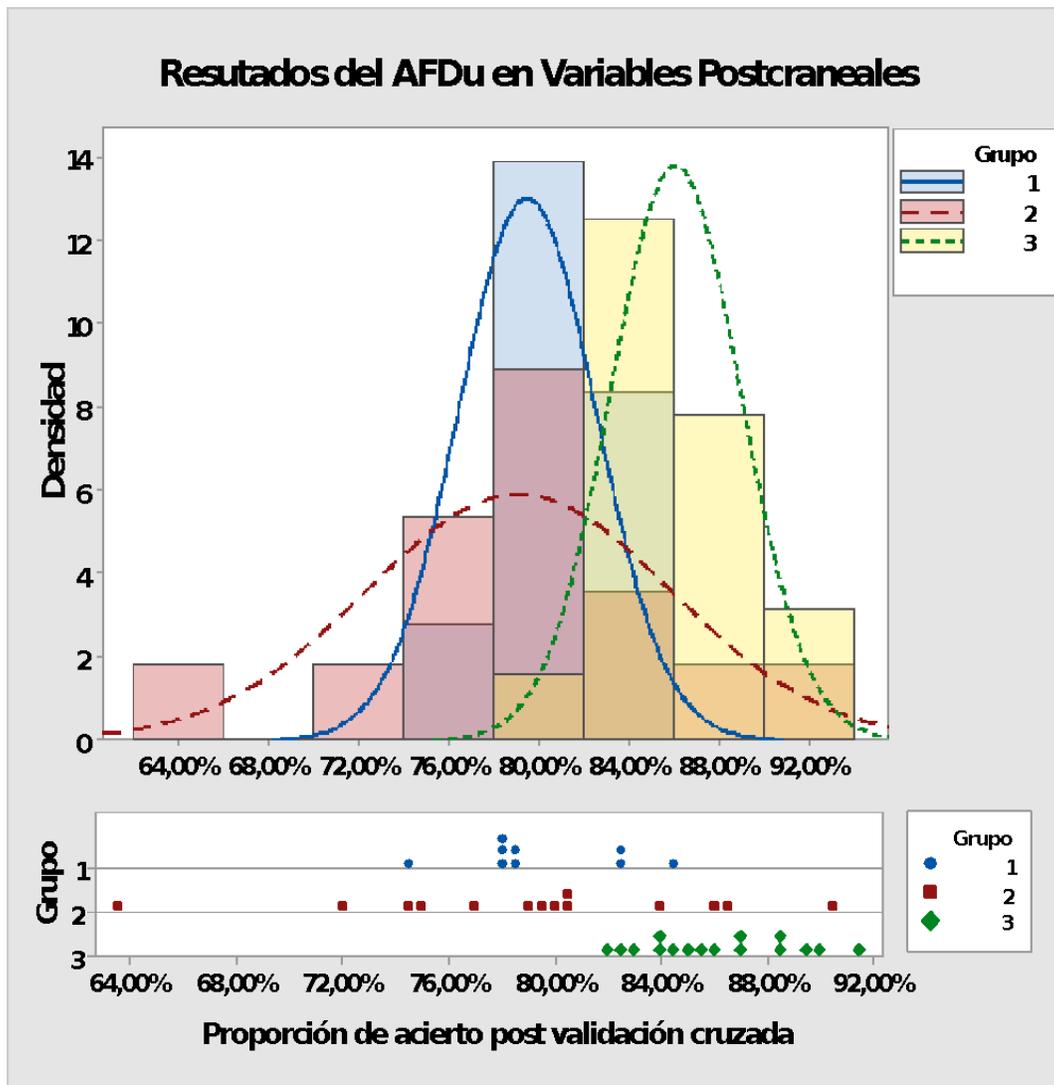


Figura 12. Histograma y diagrama de puntos del IDS Resultados del cálculo del IDS (Ricklan y Tobias, 1986) para cada conjunto de variables postcraneales, donde grupo 1: largos máximos, grupo 2: diámetros diafisarios y grupo 3: dimensiones epifisarias.

A partir de los análisis ejecutados se desprende que, para la construcción de modelos únicos, las variables de largos máximos y gran parte de los diámetros diafisarios no presentaron altos coeficientes de acierto en la población estudiada. El largo máximo de los huesos largos se relaciona con la estatura de los individuos, así como los diámetros de diáfisis se asocian con factores como robustez, ligado a actividad y modos de vida de las poblaciones. Las dimensiones articulares son variables que en términos generales ostentan un IDS significativo, bajos coeficientes de variación y buenos índices de

precisión en modelos de determinación de sexo univariante. Al generar modelos multivariantes la contribución de las variables de largo máximo, diámetros diafisarios y epifisarios en conjunto logran incrementar significativamente la proporción de acierto en la determinación de sexo.

Los resultados de los análisis multivariantes ejecutados entregaron índices de precisión de 74% a 94.1%. A partir del AFDm se obtuvo que aquellas variables que mejor discriminan sexo, con un coeficiente de acierto superior al 90%, correspondieron a escápula, radio, humero, fémur, clavícula y ulna. Mediante el análisis de RL los segmentos óseos que superaron el 90% de acierto en orden descendente correspondieron a radio, escápula, clavícula, húmero, fémur, tibia y ulna (Tabla 22).

No se encontró referencias a estudios realizados en segmentos óseos como esternón y sacro en población chilena según las fuentes consultadas. La proporción de acierto obtenida para esternón fue de 89.2% mediante modelos multivariantes (Tabla 22), se observó que el alto del cuerpo esternal presentó un grado significativo de dimorfismo sexual en comparación con el alto del manubrio. Modelos univariantes mostraron un poder de predicción de 74.7% para la primera variable y 68.5% para la segunda (Figura 10). Los bajos valores obtenidos se pueden asociar al bajo tamaño muestral obtenido para este segmento.

Sacro y fíbula exhibieron los menores coeficientes de precisión para la determinación de sexo en población chilena, entre los segmentos óseos postcraneales estudiados (Figura 7). Las variables de sacro utilizadas para la construcción de modelos de predicción (longitud anterior, SA1; ancho máximo de la base, SA3) correspondieron a variables con bajo IDS y alta variabilidad de sus datos. Similar a lo que ocurre con las variables seleccionadas en fíbula, donde el diámetro máximo de la diáfisis presenta el mayor coeficiente de variación de todas las variables estudiadas (Figura 10). Esto se explica dado un alto solapamiento entre los valores dados para individuos femeninos y masculinos, por lo que su poder de predicción para variables únicas y en modelos multivariantes es bastante escaso (Tabla 22).

Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron mayores proporciones de acierto mediante AFD y RL que las alcanzadas en otros estudios realizados en esta población (Ross y Manneschi, 2011; Garrido-Varas *et al.*, 2014; Pontigo, 2015; Earll, 2015; Peckmann *et al.*, 2016). Como se observa en la tabla 22, se incrementó el potencial discriminante mediante el método de regresión logística entre 0.6 a 17 puntos al comparar con los resultados de los otros estudios realizados en población chilena. Se obtuvo un aumento significativo al comparar con modelos univariantes. Al contrastar los resultados obtenidos con el modelo multivariante de AFD realizado en la población de estudio se observó un incremento de 0.6 a 5.8 puntos, siendo el calcáneo, clavícula, ulna y radio aquellos segmentos que presentan mayores mejoras (Pontigo, 2015). En fémur se observa una menor proporción de acierto que la obtenida mediante la integración de variables del fémur proximal en un análisis de RL (Carvallo, 2019). En el presente estudio los mejores resultados alcanzan un 91.1% de acierto integrando variables generales de fémur, mientras que a partir de variables de fémur proximal el autor obtuvo un rango de acierto entre 81.4% - 95.7%, (Tabla 22).

Tabla 22. Tabla comparativa de los resultados obtenidos del AFD y RL realizados en el esqueleto postcraneal en la presente investigación y los mejores resultados obtenidos en otros estudios de población chilena.

	Estudio actual		Otros estudios en población chilena (Autor. año de publicación. Método utilizado)					
	*AFDm	*RL	Ross y Manneschi. 2011. AFDu	Garrido Varas. 2014. AFDu	Pontigo. 2015. AFDm	Peckmann. 2016. AFDm	Earll. 2015. AFDu	Carvallo. 2019 RL
Clavícula	90.8%	93.2%	-	86.5% (+6.7)	88.2% (+5)	-	81.8% (+11.4)	-
Escapula	93.3%	93.3%	-	89.2% (+4.1)	92.7% (+0.6)	86% (+7)	84.1% (+9.2)	-
Esternón	89.2%	89.2%	-	-	-	-	-	-
Húmero	92.3%	91.9%	87% (+5)	88.9% (+3)	90.4% (+1.5)	-	85.9% (+6)	-
Radio	93.3%	94.1%	-	79.1% (+15)	90.6% (+3.5)	-	81.3% (+12.8)	-
Ulna	90.1%	90.6%	-	80.5% (+10.1)	86.1% (+4.5)	-	80.5% (+10.1)	-
Sacro	74%	74%	-	-	-	-	-	-
Fémur	91.9%	91.9%	86% (+6)	87.7% (+4.2)	89.3% (+2.6)	-	87% (+4.9)	95.7%
Tibia	87.6%	90.8%	-	73.8% (+17)	88% (+2.8)	-	83.6% (+7.2)	-
Fíbula	74.5%	75.5%	-	70.9% (+4.6)	74.7% (+0.8)	-	72.1% (+3.4)	-
Calcáneo	87%	86.9%	-	-	81.1% (+5.8)	-	-	-

*Resultados obtenidos de la investigación actual mediante análisis discriminante y regresión logística.

*Los valores entre paréntesis corresponden a los puntos en los que se incrementa la proporción de acierto al comparar con los resultados obtenidos de la RL en la presente investigación.

Evaluación Metodológica

El manejo de técnicas estadísticas forma parte importante en el área de la investigación antropológica, ya sea para la sistematización de métodos de estimación existentes o en investigación dedicada a generar nuevas hipótesis para explicar las interrelaciones que existen entre variables, así como para determinar los factores que afectan la presencia o ausencia de un episodio determinado. En el presente estudio se evaluó el dimorfismo sexual de la población estudiada mediante el cálculo de un índice elaborado por Ricklan y Tobias (1986) y se contrastó dos técnicas estadísticas para la generación de modelos de predicción de sexo: Análisis Discriminante de Función Lineal y Regresión Logística Binaria.

Los resultados confirmaron que, si bien a partir del cálculo del Índice de Dimorfismo Sexual se logra obtener información respecto a la magnitud de las diferencias existentes en las variables analizadas, no necesariamente aquellas que ostenten un mayor índice de dimorfismo sexual serán las que presenten una mayor contribución en el modelo de predicción. Esto dado que el IDS nos entrega información respecto a las diferencias promedio entre los grupos femenino y masculino en un carácter particular de la población analizada, es decir, solo compara las diferencias entre las medias de ambos grupos, sin tomar en cuenta la distribución de los datos. En ese sentido, la aplicación de un análisis de varianza y la observación de la distribución de los datos permite evidenciar el comportamiento de las variables integradas en el estudio y así definir cuáles son las que mejor contribuyen en un modelo de predicción de sexo. Más que una herramienta metodológica para la determinación de sexo, el IDS demuestra ser útil para evaluar el patrón de variación respecto al sexo en la población, contribuyendo a su estudio desde una perspectiva evolutiva, permitiendo comparar poblaciones y tendencias seculares asociadas al sexo.

Una de las técnicas estadísticas más utilizadas para la generación de modelos de predicción de sexo a partir de variables métricas es el Análisis Discriminante de Función Lineal. La mayoría de los modelos de determinación de sexo realizados en población chilena han sido diseñados mediante esta técnica estadística (Ross y Manneschi, 2011; Garrido-Varas *et al.*, 2014; Pontigo, 2015; Earll, 2015; Peckmann *et al.*, 2016). Al comparar los resultados obtenidos con otros estudios realizados en la población, se observó un ajuste superior de los modelos generados a partir del análisis actual. Se observó que en tales estudios no se evaluó supuestos como la distribución de los datos. De los resultados obtenidos en el presente estudio se desprende que una proporción significativa de las variables integradas en los modelos de estimación no presentan distribuciones gaussianas. El análisis de regresión logística incrementa los niveles de acierto en la construcción de ecuaciones de determinación de sexo cuando no se cumplen estos supuestos de normalidad multivariante, obteniendo un mejor ajuste en estudios de variables dicotómicas que presentan un ajuste logístico. Alternativamente, técnicas no-

paramétricas pueden ser apropiadas para manejar los sesgos producidos por aquellos datos que no se distribuyen normalmente (Lovich, 1992).

Para la elaboración de modelos de determinación de sexo es importante considerar el uso apropiado de la técnica aplicada, que ha de ser acorde con el tipo de información disponible; evitar la sobresaturación del modelo al incluir un número masivo de variables por evento, obteniendo con eso una medida exagerada de la potencia estadística; tener presente los inconvenientes del uso de los procesos automáticos en la selección de las variables y evaluar el modelo final con relación a las propiedades de discriminación obtenidas para la población de estudio (Mures *et al*, 2011).

A partir de la presente investigación la cual compara ambas metodologías, se observó una mayor proporción de acierto obtenida mediante el método de Regresión Logística, tanto para variables craneales como postcraneales. Esto se condice con estudios realizados en otras poblaciones en las que se ha demostrado un mejor ajuste y un mayor poder de predicción de los modelos de determinación de sexo en los que se han utilizado regresiones logísticas en contraste con los resultados obtenidos a partir de funciones discriminantes lineales (Shah *et al.*, 2015; Archaya *et al.*, 2011). Si bien se observa un incremento para la proporción de acierto obtenida con esta metodología, el aumento no es de gran magnitud, siendo en general de 3 puntos para la mayoría de las variables craneales y postcraneales seleccionadas, a excepción del modelo obtenido en bóveda craneal, en donde se aprecia un aumento significativo de 11.4% (76.9% a 92.2%), (Figura 13).

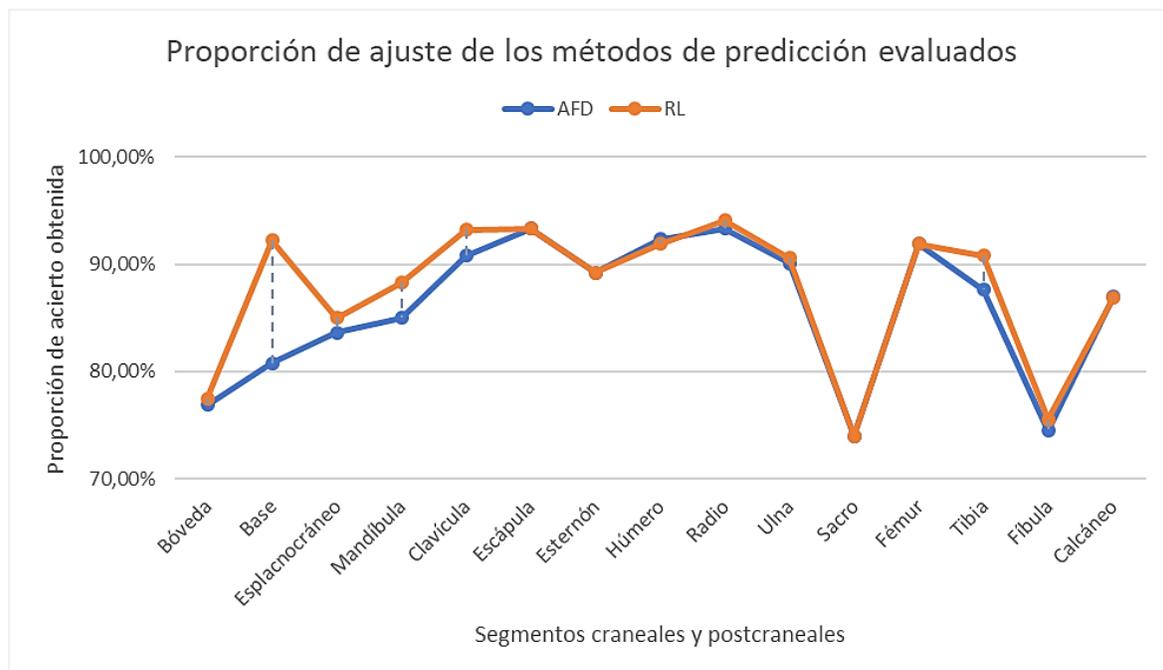


Figura 13. Comparación de la proporción de acierto obtenida para variables craneales y postcraneales mediante los métodos de predicción de sexo evaluados.

CAPITULO VII

Conclusión

La gran variabilidad del patrón morfológico de las poblaciones, determinada por el acervo genético, está asociada a una historia biológica común donde se comparten procesos evolutivos de mutación, selección natural, deriva genética y flujo genético. Esta diversidad morfológica puede estar influenciada por condiciones geográficas, históricas y culturales. Es por esto por lo que cada población, según su distribución temporal y espacial, comparte rasgos que la hacen semejante con sus congéneres del mismo grupo y que la diferencian de otras poblaciones.

Los estudios de estimación del perfil biológico han de ser representativos de la población de estudio en términos concretos de territorio y temporalidad. Uno de los desafíos de la disciplina antropológica es el de estandarizar métodos cuantificables para la estimación de tales atributos, disminuir el error entre observadores, aplicar metodologías que mejor se ajusten a la problemática a abordar. En este sentido, si bien es importante contar con una variedad de métodos de estimación de sexo, en el caso de restos mezclados, fragmentados, incompletos o en mal estado de preservación, es necesario utilizar metodologías que posean los más altos índices de precisión, representatividad y validez. Sin una determinación precisa de sexo la estimación de otros atributos del perfil biológico carece de confianza dado que las tasas de crecimiento, el desarrollo y la degeneración ósea varían según el sexo. Tanto la estatura como la edad, por ejemplo, son estimadas con diferentes fórmulas de regresión, divergentes en individuos femeninos y masculinos. Si el sexo se determina de forma incorrecta, ese individuo probablemente jamás pueda ser identificado y permanezca en el anonimato. En este sentido, los métodos de determinación de sexo basados en variables métricas del esqueleto craneal y postcraneal son de gran utilidad ya que proporcionan una aproximación confiable a tales fines, sin la necesidad de que el esqueleto se presente en óptimas condiciones de completitud y/o preservación.

Existe actualmente un debate abierto con relación a cuál es el mejor predictor de sexo en individuos cuya pelvis no se encuentre disponible. Variables craneales y postcraneales han sido puestas a prueba en otras poblaciones, aportando con datos útiles para este debate (Spradley y Jantz, 2011; Tise *et al.*, 2013). Los resultados obtenidos en la presente investigación revelan características propias del grado y patrón del dimorfismo sexual evidenciable en el registro osteológico de la población de Santiago de inicios del siglo XX, se observa un mejor ajuste de los modelos generados en variables postcraneales que de cráneo y mandíbula. Las ecuaciones formuladas entregan proporciones de acierto entre 74% y 93.3% a partir de modelos generados con análisis de función discriminante y entre 74% y 94.1% a partir de los modelos obtenidos con el análisis de regresión logística. Se observa que las estructuras de la cintura escapular corresponden a las estructuras que

mejor discriminan para sexo en esta población, segmentos que se condicen con lo estudiado en otras poblaciones de Latinoamérica y el mundo.

Si bien los resultados obtenidos parecen ser auspiciosos es necesario considerar el contexto sociocultural de la población que constituye la colección osteológica estudiada. Las privaciones económicas que a su vez se traducen en déficit nutricionales, estrés físico, escaso tratamiento médico, entre otros factores que intervienen en el desarrollo de los individuos, genera un sesgo importante en la interpretación de los datos. Para que la metodología entregada en la presente investigación tenga una utilidad práctica en población chilena contemporánea ha de ser necesario evaluar previamente su ajuste en una muestra forense de contexto actual. El nivel de precisión que otorgue tal validación ha de ser el criterio para su desarrollo y aplicación en dicha población. Tales características contextuales de la muestra estudiada, por otro lado, proporcionan datos útiles en el trabajo antropológico forense chileno asociado a casos de DDHH y ejecuciones extrajudiciales ocurridas durante el período de Dictadura cívico-militar en Chile, gracias a su correspondencia con relación a la data de muerte de los individuos y a sus contextos sociales periféricos.

Debilidades de la presente investigación se pueden observar en relación al tipo de validación del modelo que se ha llevado a cabo. Si bien en la literatura comúnmente se utilizan técnicas estadísticas como es la validación cruzada (i.e. *cross validation*), aportando facilidades a la hora de evaluar la factibilidad de los datos obtenidos gracias a su facultad de utilizar una submuestra desde la muestra general para validación, tal técnica suele subestimar el error esperado, sobreestimando la validez del modelo (Mures *et al*, 2011). Con el objetivo de obtener una validación más realista acorde a los datos analizados se sugiere evaluar en una muestra cuya información no haya aportado a la construcción del modelo. Tal desafío queda pendiente en este estudio para futuras iniciativas de investigación.

Consideraciones futuras que se desprenden del presente trabajo guardan relación con generar un formato de aplicación que facilite el uso de estas metodologías antropométricas. La respuesta se orienta hacia el uso de los recursos tecnológicos actuales. La posibilidad de generar mediante programación un modelo computacional en el cual se ingresen los datos relevados en los restos óseos con tal de obtener la variable respuesta sexo y su porcentaje de confianza es un desafío que queda abierto para nuevos estudios.

Referencias Bibliográficas

2004. Comisión Nacional sobre Prisión Política y Tortura. «Nómina de personas reconocidas como víctimas al 28 de Noviembre de 2004». Consultado el 6 de octubre de 2019. Comisión Nacional sobre Prisión Política y Tortura.

Abarca, V., 2011. Efectos de la nutrición sobre el Dimorfismo Sexual expresado en la Estatura (SSD) de una muestra de población chilena Subactual. Tesis de Pregrado, Universidad de Chile.

Acharya, A.B., Prabhu, S. & Muddapur, M. V., 2011. Odontometric sex assessment from logistic regression analysis. *International Journal of Legal Medicine*, 125(2), pp.199–204.

Adams, B.J. & Byrd, J.E., 2002. Interobserver Variation of Selected Postcranial Skeletal Measurements. *Journal of Forensic Sciences*, 47(6).

Akhlaghi, M.; Moradi, B. & Hajibeygi, M., 2012. Sex determination using anthropometric dimensions of the clavicle in Iranian population. *J. Forensic Leg. Med.*, 19(7):381-5.

Albert AM, Greene DL. 1999. Bilateral asymmetry in skeletal growth and maturation as an indicator of environmental stress. *Am J Phys Anthropol*. Nov;110(3):341-9.

Allen, J.C., Bruce, M.F. & MacLaughlin, S.M., 1987. Sex determination from the radius in humans. *Human Evolution*, 2(4), pp.373–378.

Allende, S. 1973. (1908-1973). Discurso del presidente Salvador Allende en la radio Magallanes, 11 de septiembre de 1973. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-82594.html> . Accedido en 06-10-2019.

Andersson, M. 1994. *Sexual selection*. Princeton University Press, Princeton.

Anzelmo M, Sardi ML, BarbeiroAndrés J, Pucciarelli HM. 2012. Alometrías ontogénicas y dimorfismo sexual facial en dos poblaciones humanas modernas. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 14(1):89-100.

Arsuaga JL, Carretero JM, Lorenzo C, Gracia A, Martínez I, Bermúdez de Castro JM, Carbonell E., 1997. Size Variation in Middle Pleistocene Humans. *Science*, 277(April), pp.15–18.

Asala SA, Bidmos MA, Dayal MR. 2004. Discriminant function sexing of fragmentary femur of South African blacks. *Forensic Sci Int* 145:25–29.

Bailey, D. A., 1997. The Saskatchewan pediatric bone mineral accrual study: Bone mineral acquisition during the growing years. *Int. J. Sports Med.* 18: S191-S194.

Barber, N., 1995. The evolutionary psychology of physical attractiveness: Sexual selection and human morphology. *Evolution and Human Behavior*, 16(5), pp.395–424. Available at: [http://dx.doi.org/10.1016/0162-3095\(95\)00068-2](http://dx.doi.org/10.1016/0162-3095(95)00068-2).

Barrier I.L.O., L'Abbé E.N., 2008. Sex determination from the radius and ulna in a modern South African sample. *Forensic Science International* 179 85.e1–85.e7.

Bass, W.M., 2005. *Human Osteology: A Laboratory and Field Manual*, 5 edition. Missouri.

Benazzi S, Maestri C, Parisini S, Vecchi F, Gruppioni G., 2009. Sex assessment from the sacral base by means of image processing. *J Forensic Sci* 54(2):249–254.

Berrizbeitia EL., 1989. Sex determination with the head of the radius. *J Forensic Sci. Sep*;34(5):1206-13.

Bidmos MA, Asala SA., 2003. Discriminant function sexing of the calcaneus of the South African whites. *J Forensic Sci* 48:1213–1217.

Bidmos MA, Asala SA., 2004. Sexual dimorphism of the calcaneus of South African blacks. *J Forensic Sci* 49:446–450.

Birkby, W.H., Fenton, T.W. & Anderson, B.E., 2008. Identifying southwest hispanics using nonmetric traits and the cultural profile. *Journal of Forensic Sciences*, 53(1), pp.29–33.

Blecher, S.R. & Erickson, R.P., 2007. Genetics of sexual development: a new paradigm. – *Am. J. Med. Genet.* 143A, 3054–3068.

Bogin, B., 1999. *Pattern of human growth*. – Cambridge University Press, Cambridge.

Borgognini Tarli, S. & E, Reppeto., 1986. Methodological considerations on the study of sexual dimorphism in past human populations. *Human Evolution*, 1.1(1), pp.51–66.

Brace CL., 1972. Sexual dimorphism in human evolution. *Yrbk Phys Anthropol* 16:31–49.

Breuer Thomas, Robbins Andrew M., Robbins Martha M., 2016. Sexual coercion and courtship by male western gorillas. *Primates*, 57, 1, 29.

Budinoff LC, Tague RG., 1990. Anatomical and developmental bases for the ventral arc of the human pubis. *American Journal of Physical Anthropology* 82:73-79.

Buikstra, J.E, y D.H. Ubelaker, 1994. *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Research Series, no. 44. Arkansas Archaeological Survey, Fayetteville.

Burriss BG, Harris EF., 1998. Identification of race and sex from palate dimensions. *J Forensic Sci.*, September, 43, 959-63.

C. Valenzuela, 1983. Pubertal origin of the larger sex dimorphism for adult stature of a Chilean population, *Am. J. Phys. Antrop.*, 60, 1, 53-60.

Cabana, G., Frewin A. Peters R H., & Randall L., 1982. The effect of sexual size dimorphism on variations in reproductive efforts of birds and mammals. *Am. Nat.*, 120, 17-25.

Carranza, J., 1996. Sexual selection for male body-mass and the evolution of litter size in mammals. *Am. Nat.* 148: 81-100.

Charisi Drosia, Eliopoulos Constantine, Vanna Velissaria, Koilias Christos G y Manolis Sotiris K., 2011. Sexual Dimorphism of the Arm Bones in a Modern Greek Population. *J Forensic Sci*, January, Vol. 56, No. 1.

Clark George A., 2005. New method for assessing changes in growth and sexual dimorphism in paleoepidemiology, *American Journal of Physical Anthropology*, 77, 1, (105-116).

Cocilovo, J., Varela, H. y Fuchs, M., 2014. Calidad de vida y dimorfismo sexual en la población prehispánica de San Pedro de Atacama (norte de Chile). *Estudios atacameños*, (47), pp.19–32. Available at: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-10432014000100003&script=sci_arttext&tlng=pt.

Coleman WH., 1969. Sex differences in the growth of the human pelvis. *American Journal of Physical Anthropology* 31:125-152.

Dabbs GR, Moore-Jansen PH., 2010. A method for estimating sex using metric analysis of the scapula. *J Forensic Sci* 55:149–152.

Darwin, Charles., 1967, 1871. El origen del hombre y la selección en relación al sexo (*The descent of man, and selection in relation to sex*), Madrid: E.D.A.F.

Deleon VB. 2007. Fluctuating asymmetry and stress in a medieval Nubian population. *Am J Phys Anthropol*. 2007 Apr;132(4):520-34.

DiBennardo R, Taylor JV., 1979. Sex assessment of the femur: A test of a new method. *Am J Phys Anthropol* 50:635–638.

Dirkmaat, D.C. *et al.*, 2008. New perspectives in forensic anthropology. *Yearbook of Physical Anthropology, Suppl* 51(January), pp.33–52.

Donnelly SM, Hens SM, Rogers NL, Schneider KL.,1998. Technical note: A blind test of mandibular ramus flexure as a morphologic indicator of sexual dimorphism in the human skeleton. *American Journal of Physical Anthropology* 107:363-366.

Doshi M.A. y Bhaskar B. Reddy., 2017. Determination of sex of adult human clavicle by discriminant function analysis in Marathwada region of Maharashtra. *International Journal of Research in Medical Sciences*. Sep;5(9):3859-3864.

Dunham, A.E. & Rodolf, H.W., 2009. Evolution of sexual size dimorphism: the influence of passive mate guarding. – *J. Evol. Biol.* 22, 1376–1386.

Earhart, C.M. & Johnson N.K., 1970. Size dimorphism and food habits of North American owls. *Condor*, 72, 251-264.

Earll, M., 2015. An investigation of sexual dimorphism in the postcranial bones of Chileans, Mexicans and Euroamericans. Thesis of MSC in Human Biology at the University of Indianapolis. Estado de Indiana, US.

Emlen ST, Oring LW., 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. *Science* 197, 215– 223.

- Fernández, J., 2010. El sexo y el género: dos dominios científicos diferentes que debieran ser clarificados. *Psicothema*, 22(2), 256-262.
- Fisher, R.A., 1930. *The genetical theory of natural selection*. Oxford University Press, Oxford.
- Flander LB. 1978. Univariate and multivariate methods for sexing the sacrum. *Am J Phys Anthropol* 49:103–110.
- Fleagle, J. G., 2013. *Primate adaptation and evolution*. 3rd Edition. San Diego: Academic Press.
- France DL., 1998. Observation and metric analysis of sex in the skeleton. In: Reichs KJ, editor. *Forensic osteology: advances in the identification of human remains*, 2nd rev. edn. Springfield, IL: Charles C. Thomas, 163–86.
- Frisancho R., Stanley M. Garn and Werner Ascoli, 2005. Childhood retardation resulting in reduction of adult body size due to lesser adolescent skeletal delay, *American Journal of Physical Anthropology*, 33, 3, (325-336).
- Frutos LR., 2005. Metric determination of sex from the humerus in a Guatamalan forensic sample. *Forensic Sci Int* 147:153–157.
- Gapert, R., Black, S. & Last, J., 2009. Sex determination from the occipital condyle: Discriminant function analysis in an eighteenth and nineteenth century british sample. *American Journal of Physical Anthropology*, 138(4), pp.384–394.
- Garn, S.M. *et al.*, 1967. Genetic Control of Sexual Dimorphism in Tooth Size. *Journal of Dental Research*, 46(5), pp.963–972.
- Garrido-Varas, C., Thompson, T. & Campbell, A., 2014. Parámetros métricos para la determinación de sexo en restos esqueléticos en chilenos modernos. *Chungará, Revista de Antropología Chilena*, 46(2), pp.285–294.
- Garvin, H.M., Sholts, S.B. & Mosca, L.A., 2014. Sexual dimorphism in human cranial trait scores: Effects of population, age, and body size. *American Journal of Physical Anthropology*, 154(2), pp.259–269.
- Gatford, K.L., Egan, A.R., Clarke, I.J. & Owens, P.C., 1998. Sexual dimorphism of the somatotrophic axis. – *J. Endocrinol.* 157, 373–389.
- Gaulin, S.J.C. & Sailer L.D., 1984. Sexual dimorphism in weight among primates: the relative impact of allometry and sexual selection. *Int. J. Primatol.*, 5, 515-535.
- Giles, E. & Elliot, O., 1963. Sex Determination by Discriminant Function Analysis of Crania. *J. Phys. Anthropol.* 21:53-68.
- Gray, J.P. & Wolfe, L.D., 1980. Height and sexual dimorphism of stature among human societies. *American Journal of Physical Anthropology*, 53(3), pp.441–456.

Gualdi-Russo E., 2007. Sex determination from the talus and calcaneus measurements. *Forensic Sci Int* 171:151–156.

Günay, Y. y Altinkök, M., 2000. The value of the size of foramen magnum in sex determination. *Journal of clinical forensic medicine*, 7(3), pp.147–149.

Hernández, M. *et al.*, 1992. Morfología craneal de las etnias de la Tierra del Fuego: Diferencias sexuales e intergrupales. *ANS. INS. PAT. Ser. Cs. Hs.*, Punta Arenas (Chile), vol. 21: 81-98.

Holden, C. y Mace, R., 1999. Sexual Dimorphism in Stature and Women's Work: A Phylogenetic Cross-Cultural Analysis. *American journal of physical anthropology* 110:27–45.

Holland, T.D., 1986. Sex Determination of Fragmentary Crania by Analysis of the Cranial Base., 208, pp.203–208.

Hudson A, Peckmann T, Logar C and Meek S., 2016. Sex determination in a contemporary Mexican population using the scapula. *J Forensic Leg Med.* 2016 (37):91-6.

Hughes, I.A., 2001: Minireview: sex differentiation. – *Endocrinol.* 142, 3281–3287.

Introna F, Dattoli V, Colonna M., 1987. Sexual diagnosis by tibial measurements on a contemporary southern Italian population. *Zacchia* 60:93–104.

İscan M. Y., 2005: Forensic anthropology of sex and body size. *Forensic Sci. Int.* 147, 2: 107–112.

İşcan MY, Miller-Shaivitz P., 1984. Determination of sex from the femur in blacks and whites. *Collegium Antropol* 8:169–177.

İşcan MY, Yoshino M, Kato S., 1995. Sexual dimorphism in modern Japanese crania. *Am J Hum Biol.* 1995;7(4):459-464.

İscan y Steyn, 2013. *The human skeleton in forensic medicine.* 3° edicion. Springfield, Illinois.

İscan Y, Derrick K., 1984. Determination of sex from the sacroiliac joint: A visual assessment technique. *Florida Scientist* 47(2):94-98.

Kamath, V.G. Asif M, Shetty R, Avadhani R., 2015. Binary Logistic Regression Analysis of Foramen Magnum Dimensions for Sex Determination. *Anat Res Int*; 2015:459428.

Keppie, D.M. & Redmond G.W., 1988. A review of possible explanations for reverse size dimorphism of American woodcock. *Can. J. Zool.*, 66, 2390-2397.

Kimmerle, E.H., Ross, A. & Slice, D., 2008. Sexual dimorphism in America: Geometric morphometric analysis of the craniofacial region. *Journal of Forensic Sciences*, 53(1), pp.54–57.

King CA, İşcan MY, Loth SR., 1998. Metric and comparative analysis of sexual dimorphism in the Thai femur. *J Forensic Sci* 43:954–958.

- Kirchengast S., 2014. Human sexual dimorphism--a sex and gender perspective. *Anthropol Anz.* 2014;71(1-2):123-33.
- Konigsberg, L.W. & Hens, S.M., 1998. Use of ordinal categorical variables in skeletal assessment of sex from the cranium. *American Journal of Physical Anthropology*, 107(1), pp.97–112.
- Kranioti, E.F., Iscan, M.Y. & Michalodimitrakis, M., 2008. Craniometric analysis of the modern Cretan population. *Forensic Science International*, 180(2-3), pp.1–5.
- Krogman, W.M. and Iscan, M.Y., 1986. *The Human Skeleton in Forensic Medicine*. 2nd Edition, Charles C. Thomas, Springfield.
- Krukonis, Greg and Barr, T., 2008. *Evolution for Dummies*. Indianapolis, Indiana. Wiley Publishing, Inc.
- Lemp C, Rodriguez M, Retamal R y Aspillaga E., 2008. Arqueología de depósito: manejo integral de las colecciones bioantropológicas en el Departamento de Antropología de la Universidad de Chile. *Conserva* n°12
- Leutenegger, W. & Cheverud J., 1982. Correlates of sexual dimorphism in primates: ecological and size variables. *Int. J. Primatol.*, 3, 387-402.
- Lovich, J.E. & Gibbons, J.W., 1992. A review of techniques for quantifying sexual size dimorphism. *Growth, development, and aging*, 56(4), pp.269–81.
- Macaluso, P.J., 2011. Metric sex determination from the basal region of the occipital bone in a documented french sample. *Détermination Bulletins et Memoires de la Societe d'Anthropologie de Paris*, 23(1-2), pp.19–26.
- Mahakkanukrauh, P. *et al.*, 2015. Craniometric study for sex determination in a Thai population. *Anatomy & cell biology*, 48(4), pp.275–83.
- Mall G, M. Hubig, A. Büttner, J. Kuznik, R. Penning, M. Graw., 2001. Sex determination and estimation of stature from the longbones of the arm. *Forensic Science International* 117 23-30.
- Manzi, J *et al.* 2003. El pasado que nos pesa: la memoria colectiva del 11 de septiembre de 1973. *Revista de Ciencia Política / Volumen xxiii*. N°2 177-214.
- Minitab 17 Statistical Software (2013, 2014). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com)
- Moore MK., DiGangi EA, Niño Ruíz FP, Hidalgo Davila OJ, Sanabria Medina C., 2016. Metric sex estimation from the postcranial skeleton for the Colombian population. *Forensic Sci Int.* 262:286. e1-8.
- Moore-JansenPH, OusleySD, Jantz RL., 1994. *Data collection procedure for forensic skeletal material (3rd ed.)*. Knoxville, Tennessee: University of Tennessee Forensic Anthropology Series.

- Mures, J., García, A. & Vallejo, E., 2011. Aplicación del Análisis Discriminate y Regresión Logística en el estudio de la morosidad en las Entidades Financieras Comparación de Resultados. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 1, pp.175 – 199.
- Murphy AMC. 2002a. Articular surfaces of the pectoral girdle: Sex assessment of prehistoric New Zealand Polynesian skeletal remains. *Forensi Sci Int* 125(2-3):134–136.
- Murphy AMC. 2002b. The calcaneus: sex assessment pf prehistoric New Zealand Polynesian skeletal remains. *Forensi Sci Int* 129, 205 – 208.
- Murphy AMC., 2004. The femoral head: Sex assessment of prehistoric New Zealand Polynesian skeletal remains. *Forensic Sci Int* 154:210–213.
- Osorio, V. 2012.
- Osorio, V. 2012. Tortura en la dictadura chilena: la segregación de la anestesia. *Torture in the Chilean dictatorship: segregation of anesthesia. Rev. Sociedad & Equidad* N° 3, Enero de 2012. Universidad de Chile.
- Özer I, Katayama K, Sagir M, Gulec E., 2006. Sex determination using the scapula in Medieval skeletons from East Anatolia. *Coll Anthropol* 30:415–419.
- Peckmann, T.R. *et al.*, 2015. Sex determination using the mesio-distal dimension of permanent maxillary incisors and canines in a modern Chilean population. *Science and Justice*, 56(2), pp.84–89.
- Peckmann, T.R., Logar, C. & Meek, S., 2016. Sex estimation from the scapula in a contemporary Chilean population. *Science and Justice*, pp.1–7.
- Piper, I. (2005) *Obstinaciones de la memoria: La dictadura militar chilena en las tramas del recuerdo*. Tesis doctoral. Departamento de Psicología Social: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Plavcan, J. M. (2001), Sexual dimorphism in primate evolution. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 116: 25–53.
- Pleasants, J.M. & Pleasants B.Y. 1988. Reversed size dimorphism in raptors: evidence for how it evolved. *Oikos*, 52, 129-135.
- Polaino-Lorente, A., 1998. *Sexo y cultura. Análisis del comportamiento sexual*. 2°Ed. Biblioteca Instituto de Ciencias para la Familia. Ed. Rialp, Madrid (p.47).
- Policzer, P. 1998. *Si con el diablo hay que hablar, con el diablo se habla: La policía y la política de información en Chile durante Pinochet*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Palermo. Argentina.
- Pontigo, F., 2015. *Sexual dimorphism and sex estimation: a comparison of postcranial estimation methods in three different skeletal collections*. Dissertation of MSC in Bioarchaeology and Forensic Anthropology at the University College of London. Londres, Reino Unido.

- Purkait R, Chandra H., 2004. A study of sexual variation in Indian femur. *Forensic Sci Int* 146:25–33.
- Purkait R., 2001. Measurements of ulna--a new method for determination of sex. *JForensic Sci.* Jul;46(4):924-7.
- Purkait R., 2005. Triangle identified at the proximal end of femur: A new sex determinant. *Forensic Sci Int* 147:135–139.
- Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, *et al.*, editors. *Neuroscience*. 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2001. What Is Sex? Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10943/>
- Ramamoorthy, B. *et al.*, 2016. Assessment of craniometric traits in South Indian dry skulls for sex determination. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 37, pp.8–14. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jflm.2015.10.001>.
- Ricklan, D.E. y P.V. Tobias, 1986. Unusually low sexual dimorphism of endocranial capacity in a Zulu cranial series. *American Journal of Physical Anthropology* 71:285-293.
- Rising, J.D., 1987. Geographic variation of sexual dimorphism in size of Savannah sparrows (*Passerculus sandwichensis*): a test of hypothesis. *Evolution*, 41, 514-524.
- Rocha S., T.E. y Díaz-Loving, R., 2011. Identidades de género. Más allá de cuerpos y mitos. México: Trillas.
- Rodríguez Cuenca JV., 1994. Introducción a la antropología forense. Análisis e identificación de restos óseos humanos. Bogotá: Anaconda Ed.
- Rogol, A.D., Roemich, J.N. & Clark, P.A., 2002. Growth at puberty. – *J. Adolesc. Health* 31, 192–200.
- Rösing, F.W. *et al.*, 2007. Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology*, 58(1), pp.75–89.
- Ross, a. & Manneschi, M., 2011. New identification criteria for the Chilean population: Estimation of sex and stature. *Forensic Sci Int*, 204(1–3), pp.206.e1–206.e3.
- Rothhammer, F., Santoro, C.M. & Moraga, M., 2002. Craniofacial chronological micro differentiation of human prehistoric populations of the Azapa valley, northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75(1), pp.259–264.
- Sacragi, A., Ikeda, T., 1995. Sex Identification from the Distal Fibula. *International Journal of Osteoarchaeology* 5:139-143.
- Safont, S, Malagosa A. y Subira, L.I.A., 2000. Sex Assessment on the Basis of Long Bone Circumference. , 328(April 1999), pp.317–328.
- Sakaue K., 2004. Sexual determination of long bones in recent Japanese. *Anthropol Sci* 112:75–81.

Sakaue Kazuhiro, 2004. Sexual determination of long bones in recent Japanese. *Anthropological Science* Vol. 112, 75-81.

Sanderson y Stephen K., 2001. *The Evolution of Human Sociality: A Darwinian Conflict Perspective*. Rowman & Littlefield.

Saunders S.R. Y Hoppa R.D., 1997. Sex allocation from long bone measurements using logistic regression. *Can. Soc. Forens. Sci., J.* Vol. 30. No 2. pp. 49-60.

Schwartz GT, Miller ER, Gunnell GF., 2005. Developmental processes and canine dimorphism in primate evolution. *J Hum Evol.* 97–103.

Sehrawat, Js., 2016. Sex estimation from discriminant function analysis of clavicular and sternal measurements: a forensic anthropological study based on examination of two bones of Northwest Indian subjects. *Australian Journal of Forensic Sciences.* 1-22. 10.1080/00450618.2016.1188986.

Shah, T. *et al.*, 2016. Determination of sex using cephalo-facial dimensions by discriminant function and logistic regression equations. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6(2), pp.114–119. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejfs.2015.03.004>.

Singh J y Pathak R.K., 2013. Sex and age related non-metric variation of the human sternum in a Northwest Indian postmortem sample: A pilot study. *Forensic Science International* 228 181.e1–181.e12.

Singh S, Potturi BR., 1978. Greater sciatic notch in sex determination. *Journal of Anatomy* 125(3):619-624.

Söder, O., 2007. Sexual dimorphism of gonadal development. – *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 21, 381–391.

Spradley M.K, Anderson, B.E, Tise, M.L, 2015. Postcranial sex estimation criteria for Mexican Hispanics. *Journal of Forensic Sciences* 60, S27-S31.

Spradley MK, Jantz RL, Robinson A, and Peccerelli F., 2008. Demographic Change and Forensic Identification: Problems in Metric Identification of Hispanic Skeletons. *Journal of Forensic Sciences* 53(1): 21-28.

Spradley, M.K. & Jantz, R.L., 2011. Sex estimation in forensic anthropology: Skull versus postcranial elements. *Journal of Forensic Sciences*, 56(2), pp.289–296.

Stewart JH, McCormick WF., 1983. The gender predictive value of sternal length. *Am J Forensic Med & Pathol* 4:217–220.

Stewart, T. Dale, 1979. *Essentials of Forensic Anthropology*. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.

Steyn M, İscan MY., 1997. Sex determination from the femur and tibia in South African Whites. *Forensic Sci Int* 90:111–119.

Steyn, M. & Işcan, M.Y., 1998. Sexual dimorphism in the crania and mandibles of South African whites. *Forensic Science International*, 98(1-2), pp.9–16.

Steyn, M. & Işcan, M.Y., 1999. Osteometric variation in the humerus: Sexual dimorphism in South Africans. *Forensic Science International*, 106(2), pp.77–85.

Stini W. A., 1969. —Nutritional stress and growth: sex differences in adaptive response. *American Journal of Physical Anthropology*, 31: 417–426.

Stini W. A., 1972. —Reduced sexual dimorphism in upper arm circumference associated with protein deficient diet in a South-American population. *American Journal of Physical Anthropology*, 36: 341–352.

Stini W. A., 1982. —Sexual dimorphism and nutrient reserves. In (Hall R. L. Ed.). *Sexual dimorphism in Homo sapiens. A question of size: 391–419*. Praeger Scientific: New York.

Stini, W.A., 2005. Reduced sexual dimorphism in upper arm muscle circumference associated with protein-deficient diet in a South American population, *American Journal of Physical Anthropology*, 36, 3, (341-351).

Stinson, S., 2005. Sex differences in environmental sensitivity during growth and development, *American Journal of Physical Anthropology*, 28, S6, (123-147).

Sutherland LD, Suchey JM., 1991. Use of the ventral arc in pubic sex determination. *J Forensic Sci* 1991;36(2):501–11.

Temeles, E.J., 1985. Sexual size dimorphism of bird-eating hawks: the effect of prey vulnerability. *Am. Nat.*, 125, 485-499.

Tise, M.L., Spradley, M.K. & Anderson, B.E., 2013. Postcranial Sex Estimation of Individuals Considered Hispanic. *Journal of Forensic Sciences*, 58(SUPPL. 1), pp.9–14.

Valdez-Medina, J.L., Antonio M., J. y Cruz A., M., 2001. Significado psicológico de sexo y sexualidad en estudiantes adolescentes. *Revista de Psicología*, 9/10, 5-12.

Valenzuela Carlos Y., Rothhammer Francisco y Chakraborty Ranajit, 1978. Sex dimorphism in adult stature in four Chilean populations, *Annals of Human Biology*, 5:6, 533-538, DOI: 10.1080/03014467800003211.

Walker P., 2008. Sexing skulls using discriminant function analysis of visually assessed traits. *American Journal of Physical Anthropology* 136:39-50.

Walrath DE, Turner P, Bruzek J., 2004. Reliability test of the visual assessment of cranial traits for sex determination. *American Journal of Physical Anthropology* 125:132-137.

Weiss KM., 1972. On the systematic bias in skeletal sexing. *American Journal of Physical Anthropology* 37:239-250.

White, A. P., & Liu, W. Z., 1993. The jack-knife with a stepwise discriminant algorithm—a warning to BMDP users. *Journal of Applied Statistics*, 20(1), 187–190.

Whiting, S. J., Vantaparast, H., Baxter-Jones, A., Faulkner, R. A., Mirwald, R. & Bailey, D. A., 2004. Factors affecting bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. *J. Nutr.* 134:696S-700S.

Zahavi, A., 1975. Mate selection-a selection for a handicap. *J. Theor. Biol.* 53: 205-214.

Zahavi, A., 1991. On the definition of sexual selection, Fisher's model, and the evolution of waste and of signals in general. *Anim. Behav.* 42: 501-503.

Anexos

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resumen del poder de predicción obtenido a partir de los estudios de determinación de sexo realizados en base a variables craneométricas y mandibulares en distintas poblaciones (AFD: Análisis de función discriminante; RL: Regresión Logística).	2
Anexo 2. Resumen del poder de predicción obtenido a partir de los estudios de determinación de sexo en estudios realizados en postcráneo.	3
Anexo 3. Resumen y descripción anatómica de las variables de cráneo y mandíbula seleccionadas en el presente estudio.....	4
Anexo 4. Resumen y descripción anatómica de las variables postcraneales seleccionadas en el presente estudio (clavícula, escápula, esternón, húmero, radio, ulna).	5
Anexo 5. Resumen y descripción anatómica de las variables postcraneales seleccionadas en el presente estudio (sacro, fémur, tibia, fibula, calcáneo).	6
Anexo 6. Análisis del error inter e intra observador para variables postcraneales (pc: coeficiente de correlación de concordancia de Lin, p: significancia).	7
Anexo 7. Análisis del error inter-observador para variables craneales (pc: coeficiente de correlación de concordancia de Lin, p: significancia).	8
Anexo 8 .Síntesis de los estadísticos descriptivos obtenidos para cada una de las variables craneales y mandibulares estudiadas.....	9
Anexo 9. Síntesis de los estadísticos descriptivos obtenidos para cada una de las variables postcraneales estudiadas.	10
Anexo 10. Resultados del cálculo del Índice de Dimorfismo Sexual, desviación estándar y datos de dispersión de las variables craneales y mandibulares integrados en el estudio.....	11
Anexo 11. Resultados del cálculo del IDS y datos de dispersión de las variables postcraneales integrados en el estudio, ordenadas de mayor a menor en función del IDS obtenido.....	12
Anexo 12. Proporción correcta de clasificación a partir del método de validación cruzada para cada función univariante, variables craneales.	13
Anexo 13. Proporción correcta de clasificación a partir del método de validación cruzada para cada función univariante, variables postcraneales.	14

Anexo 1. Resumen del poder de predicción obtenido a partir de los estudios de determinación de sexo realizados en base a variables craneométricas y mandibulares en distintas poblaciones (AFD: Análisis de función discriminante; RL: Regresión Logística).

Publicación: Autor, año.	Población	Método	Cráneo	Mandíbula	Segmentos craneales		
					Bóveda	Base	Esplacnocráneo
<i>Giles (1963)</i>	Anglo y afroamericana	AFD	82 - 89%	-	-	-	-
<i>Holland (1986)</i>	Angloamericana	AFD	-	-	-	70 - 85%	-
<i>Iscan et al (1995)</i>	Japonesa	AFD	84.1%	-	-	-	-
<i>Konigsberg y Hens (1998)</i>	Angloamericana	RL	79 - 83%	-	-	-	-
<i>Steyn e Iscan (1998)</i>	Blanca sudafricana	AFD	85.7%	81.5%	83.5%	-	81.1%
<i>Kranioti (2008)</i>	Cretense	AFD	87.1%	-	82.6%	-	-
<i>Gapert et al (2009)</i>	Británica	AFD	-	-	-	69.2 - 76.7%	-
<i>Macaluso (2011)</i>	Francesa	AFD	-	-	-	53 - 67.7%	-
<i>Kamath (2015)</i>	India	RL	-	-	-	66.4 - 70.3%	-
<i>Mahakkanukrauh et al (2015)</i>	Tailandesa	AFD	90.6%	-	-	-	-
<i>Shah et al (2015)</i>	India	AFD	-	-	-	-	79.9%
<i>Shah et al (2015)</i>	India	RL	-	-	-	-	81.9%
<i>Kamath (2016)</i>	India	RL	-	-	-	87.2%	-
<i>Ramamoorthy et al (2016)</i>	India	AFD	64.3%	-	-	-	78.6%

Anexo 2. Resumen del poder de predicción obtenido a partir de los estudios de determinación de sexo en estudios realizados en postcráneo.

Publicación: Autor, año	Población	Método	Clavícula	Escápula	Esternón	Húmero	Radio	Ulna	Sacro	Fémur	Tibia	Fíbula	Calcáneo
Ross y Manneschi, 2011	Chilena	AFDu	-	-	-	87.0%	-	-	-	82-86%	-	-	-
Garrido Varas, 2014	Chilena	AFDu	86.5%	89.2%	-	75-88.9%	79.1%	80.5%	-	76-87%	73.8%	70.9%	-
Pontigo, 2015	Chilena	AFDm	88.2%	92.7%	-	90.4%	90.6%	86.1%	-	89.3%	88.0%	74.7%	81.1%
Peckmann, 2016	Chilena	AFDm	-	82.5-86%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Earll, 2015	Chilena	AFDu	81.8%	84.1%	-	85.9%	81.3%	80.5%	-	87.0%	83.6%	72.1%	-
Carvalho, 2019	Chilena	RL	-	-	-	-	-	-	-	81-95%	-	-	-
Frutos, 2005	Guatemalteca	AFDu	-	-	-	76-95.5%	-	-	-	-	-	-	-
Tise et al, 2013	Latinoamericana	AFDm	87.3%	86.6%	-	89.0%	89.4%	86.8%	77.6%	83.9%	83.1%	74.8%	71.6%
Spradley et al, 2015	Mexicana	AFDm	88.9%	95.6%	-	87.8%	90.5%	81.2%	-	93.0%	91.5%	80.4%	82.1%
Hudson et al, 2016	Mexicana	AFDm	-	83-88.7%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moore et al, 2016	Colombiana	AFDm	89.9%	93.5%	-	89.1%	87.7%	89.9%	74.5%	85.4%	84.3%	78.6%	81.5%
Mall et al, 2001	Alemana	AFDm	-	-	-	93.2%	94.9%	90.6%	-	-	-	-	-
Saunders y Hoppa, 2013	Británica medieval	RL	-	-	-	94.7%	89.2%	87.6%	-	95.1%	92.7%	85.5%	-
Spradley y Jantz, 2011	Estadounidense blanca	AFDm	93.6%	93.0%	-	93.1%	94.3%	92.8%	71.9%	93.5%	91.7%	81.28%	82.7%
Dibennardo, 1979	Estadounidense blanca	AFDu	-	-	-	-	-	-	-	82.0%	-	-	-
Dabbs y Moore-Jansen, 2010	EEUU blanca y negra	AFDm	-	91-95.7%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flander, 1978	EEUU blanca y negra	ADFm	-	-	-	-	-	-	84-91%	-	-	-	-
Iscan y Miller-Shaivitz, 1984	EEUU blanca y negra	AFDm	-	-	-	-	-	-	-	-	77-84%	-	-
Spradley y Jantz, 2011	Estadounidense negra	AFDm	93.4%	91.9%	-	93.8%	85.7%	90.6%	72.0%	91.6%	88.6%	85.6%	88.3%
Charisi et al, 2010	Griega	AFDm	-	-	-	95.7%	94.6%	92.4%	-	-	-	-	-
Dashi y Bhaskar, 2017	India	AFDm	93.7%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sehrawat, 2016	India	AFDm	89.5%	-	83.7%	-	-	-	-	-	-	-	-
Singh y Pathak, 2013	India	ADFm	-	-	84.8%	-	-	-	-	-	-	-	-
Singh y Pathak, 2013	India	RL	-	-	89.8%	-	-	-	-	-	-	-	-
Purkait, 2001	India	AFDm	-	-	-	-	-	90.6%	-	-	-	-	-
Purkait y Chandra, 2004	India	AFDm	-	-	-	-	-	-	-	94.0%	-	-	-
Purkait, 2005	India	AFDm	-	-	-	-	-	-	-	86.4%	-	-	-
Gualdi-Russo, 2006	Italiana	AFDm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80 - 89.9%
Sakaue K., 2004	Japonesa	AFDm	-	-	-	95.0%	98.0%	98.0%	-	98.0%	97.0%	-	-
Sacragi e Ikeda, 1995	Japonesa	AFDm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90.6%	-
Özer et al, 2006	Medieval anatoliana	AFDm	-	94.8%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Murphy, 2002a	Polinésica	AFDm	95.0%	95.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Murphy, 2004	Polinésica	AFDm	-	-	-	-	-	-	-	80-82%	-	-	-
Murphy, 2002b	Polinésica	AFDm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77 - 87%
Barrier y Abbé, 2008	Sudafricana	AFDm	-	-	-	-	79-88%	80-89%	-	-	-	-	-
Steyn e Iscan, 1999	Sudafricana blanca	AFDm	-	-	-	93.1	-	-	-	-	-	-	-
Macaluso, 2010	Sudafricana negra	AFDm	-	-	86.4%	-	-	-	-	-	-	-	-
Steyn e Iscan, 1999	Sudafricana negra	AFDm	-	-	-	92.45	-	-	-	-	-	-	-
King et al, 1998	Tailandesa	AFDm	-	-	-	-	-	-	-	94.2%	-	-	-
Safont et al, 2000	Tarragona (III-VII AD)	AFDu	-	-	-	96.2%	89-92%	91.1%	-	82-88%	81-90.9%	-	-

Anexo 3. Resumen y descripción anatómica de las variables de cráneo y mandíbula seleccionadas en el presente estudio.

	VARIABLES CRANEALES	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS CRANEALES	
1	BÓVEDA CRANEALE	Longitud máxima	LMAX	Longitud máxima del cráneo en plano sagital (glabela - opistocraneon)
2		Línea sagital	LSAG	Longitud entre los puntos glabela – inion
3		Amplitud máxima	AMAX	Ancho máximo del cráneo en plano transversal (eurion -eurion)
4		Cuerda frontal	NA-BR	Distancia directa entre nasion y bregma en plano sagital medio
5		Cuerda parietal	BR-LA	Distancia directa entre bregma y lambda en plano sagital medio
6		Cuerda occipital	LA-OP	Distancia directa entre lambda y opistion en plano sagital medio
7		Línea basion-bregma	BA-BR	Distancia directa entre bregma y basion en plano sagital medio
8		Línea basion-prostion	BA-PR	Distancia directa entre prostion y basion en plano sagital medio
9		Línea basion-nasoespinale	BA-NS	Distancia directa entre nasoespinale y basion en plano sagital medio
10	BASE CRANEALE	Longitud de la base	BA-NA	Distancia directa entre nasion y basion en plano sagital medio
11		Amplitud biauricular	AU-AU	Distancia directa entre las raíces de los procesos cigomáticos en sus curvaturas más profundas
12		Longitud del foramen magno	LFM	Distancia directa entre basion y opistion
13		Amplitud del foramen magno	AFM	Ancho máximo entre bordes laterales del foramen magno
14		Largo máximo condilar	LCOND	Largo máximo del cóndilo occipital (anteroposterior)
15		Ancho máximo condilar	ACOND	Ancho máximo del cóndilo occipital (mid-lateral)
16		Máxima amplitud bicondilar	ABIC	Amplitud máxima desde el cóndilo occipital derecho al izquierdo en eje lateral
17		Distancia entre cóndilos	AINTER	Amplitud intra-condilea, medido hacia anterior de los cóndilos occipitales
18		Mínima amplitud frontal	AM-FR	Distancia horizontal mínima entre las dos líneas temporales del hueso frontal
19	ESPLACNOCRÁNEO	Amplitud facial superior	AM-FAC	Distancia horizontal entre los puntos frontomales temporales en la articulación frontocigomática
20		Amplitud bizigomatica	AM-BIZ	Distancia máxima entre los arcos zigomáticos laterales, en sus bordes externos
21		Amplitud nasal	AM-NAS	Distancia máxima entre los bordes laterales de la apertura piriforme
22		Altura nasal	AL-NAS	Distancia directa entre nasion y la unión medial de los bordes inferiores de la apertura piriforme
23		Línea nasion-prostion	NA-PR	Altura directa entre nasion y prostion
24		Amplitud orbital	AM-ORB	Distancia directa entre dacryon y ectoconchion, trazando una línea que divide en partes iguales la órbita.
25		Altura orbital	AL-ORB	Distancia entre los puntos medio superior e inferior de los bordes orbitales, perpendicular a la amplitud
26		Amplitud bicondilar	CO-CO	Distancia entre los bordes externos de los cóndilos mandibulares
27		Amplitud bigonial	GO-GO	Distancia directa entre las caras externas de ambos gonion
28	MANDÍBULA	Amplitud mínima de la rama	RMIN	Distancia mínima entre los bordes anterior y posterior de la rama ascendente perpendicular a la altura de la
29		Amplitud máxima de la rama	RMAX	Distancia máxima entre los bordes anterior y posterior de la rama ascendente perpendicular a la altura de
30		Longitud del cuerpo	LMAN	Distancia proyectiva desde pogonion hasta el centro de la línea que une ambos gonion
31		Altura máxima de la rama	AL-MAN	Distancia desde el punto externo de los cóndilos hasta el gonion, paralelamente al borde posterior de la

Anexo 4. Resumen y descripción anatómica de las variables postcraneales seleccionadas en el presente estudio (clavícula, escápula, esternón, húmero, radio, ulna).

	VARIABLES POSTCRANEALES	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS POSTCRANEALES	
1	Clavícula	Largo máximo	CL1	Distancia máxima mediolateral de la clavícula desde la articulación acromioclavicular a la esternoclavicular
2		Diámetro sagital	CL2	Diámetro anteroposterior de la clavícula medido en diáfisis media
3		Diámetro vertical	CL3	Diámetro craneocaudal de la clavícula medido en diáfisis media
4		Circunferencia diáfisis media	CL4	Circunferencia de la diáfisis media
5	Escápula	Alto máximo	ESC1	Distancia máxima entre el ángulo superior y el ángulo inferior del cuerpo de la escápula
6		Ancho máximo	ESC2	Distancia máxima entre el ángulo medial y el tubérculo glenoideo
7		Largo de la cavidad glenoidea	ESC3	Distancia máxima entre el borde craneal y caudal de la cavidad glenoidea
8		Ancho de la cavidad glenoidea	ESC4	Distancia máxima entre el borde anterior y posterior de la cavidad glenoidea
9		Largo máximo de la espina	ESC5	Distancia máxima desde la apófisis acromial al borde medial, medido a la altura del inicio caudal de la espina
10	Amplitud infraespinosa	ESC6	Distancia máxima entre un punto en medio del borde dorsal de la fosa glenoidea hasta el inicio inferior del	
11	Esten	Alto del manubrio	EST1	Medido desde la escotadura yugular hasta el ángulo
12		Alto del cuerpo	EST2	Medido desde el ángulo al extremo más caudal del cuerpo, sin incluir la apófisis xifoides
13	Húmero	Largo máximo	HU1	Distancia máxima desde la cabeza humeral hasta la tróclea
14		Diámetro máximo diáfisis media	HU2	Diámetro máximo del húmero medido en diáfisis media
15		Diámetro mínimo diáfisis media	HU3	Diámetro mínimo del húmero medido en diáfisis media
16		Diámetro vertical de la cabeza	HU4	Distancia máxima entre el borde superior e inferior de la superficie articular, en perpendicular al diámetro
17		Ancho bicondileo	HU5	Distancia máxima entre el epicóndilo medial y lateral de la epífisis distal humeral
18		Ancho articular	HU6	Distancia máxima entre el capítulo y la tróclea
19	Radio	Largo máximo	RA1	Distancia máxima entre la cabeza radial y la apófisis estiloides
20		Diámetro sagital	RA2	Diámetro anteroposterior del radio medido en diáfisis media
21		Diámetro transversal	RA3	Diámetro mid-lateral del radio medido en diáfisis media
22		Amplitud distal	RA4	Ancho máximo de la epífisis distal
23		Circunferencia máxima cabeza	RA5	Circunferencia máxima de la diáfisis media del radio
24	Ulna	Longitud máxima	UL1	Distancia máxima desde el olécranon hasta la apófisis estiloides
25		Longitud fisiológica	UL2	Distancia máxima entre la apófisis coronoides y la epífisis distal sin incluir la apófisis estiloides
26		Diámetro dorso-volar	UL3	Diámetro anteroposterior de la ulna medido en diáfisis media
27		Diámetro transversal	UL4	Diámetro mid-lateral de la ulna medido en diáfisis media
28		Ancho máximo del olécranon	UL5	Ancho máximo mid-lateral del olécranon
29		Ancho mínimo del olécranon	UL6	Ancho mínimo mid-lateral de la escotadura troclear
30		Altura del olécranon	UL7	Distancia entre el borde anterior del olécranon y el borde anterior de la apófisis coronoides

Anexo 5. Resumen y descripción anatómica de las variables postcraneales seleccionadas en el presente estudio (sacro, fémur, tibia, fibula, calcáneo).

	VARIABLES POSTCRANEALES	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS POSTCRANEALES
31	Sacro	SA1	Distancia entre el borde anterior del promontorio y la porción caudal de la 5° vertebra sacra
32		SA2	Ancho máximo entre ambas alas del sacro
33		SA3	Ancho máximo de la superficie articular de S1
34	Fémur	FE1	Longitud máxima desde la cabeza femoral al punto más inferior del cóndilo distal
35		FE2	Longitud máxima desde la cabeza femoral al punto en que ambos cóndilos distales se alinean con
36		FE3	Ancho máximo mid-lateral entre ambos epicóndilos femorales
37		FE4	Diámetro máximo de la cabeza femoral
38		FE5	Diámetro anteroposterior del fémur medido en diáfisis media
39		FE6	Diámetro mid-lateral del fémur medido en diáfisis media
40	Tibia	TI1	Longitud máxima desde las eminencias intercondíleas hasta el maléolo medial
41		TI2	Diámetro máximo entre los cóndilos lateral y medial
42		TI3	Diámetro mid-lateral de la epífisis distal
43		TI4	Diámetro anteroposterior de la tibia medido en diáfisis media
44		TI5	Diámetro mid-lateral de la tibia medido en diáfisis media
45		TI6	Circunferencia máxima diáfisis
46	CalcáneoFíbula	FI1	Longitud máxima cráneo caudal de la fibula
47		FI2	Diámetro máximo de la tibia medido en diáfisis media
48		CAL1	Diámetro anteroposterior, desde la tuberosidad hasta la carilla articular del cuboides
49		CAL2	Diámetro mid-lateral, desde la tróclea fibular al sustentaculum tali
50		CAL3	Ancho máximo diagonal de la superficie articular media y posterior para el astrágalo

Anexo 6. Análisis del error inter e intra observador para variables postcraneales (pc: coeficiente de correlación de concordancia de Lin, p: significancia).

	Variables Postcraneales	Error inter-observador		Error intra-observador	
		pc	p	pc	p
Clavícula	CL1	0,975	<0.05	0,977	<0.05
	CL2	0,947	<0.05	0,958	<0.05
	CL3	0,921	<0.05	0,964	<0.05
	CL4	0,935	<0.05	0,944	<0.05
Escapula	ESC1	0,954	<0.05	0,905	<0.05
	ESC2	0,954	<0.05	0,908	<0.05
	ESC3	0,952	<0.05	0,967	<0.05
	ESC4	0,976	<0.05	0,931	<0.05
	ESC5	0,931	<0.05	0,977	<0.05
	ESC6	0,978	<0.05	0,901	<0.05
Este	EST1	0,891	<0.05	0,909	<0.05
	EST2	0,911	<0.05	0,978	<0.05
Húmero	HU1	0,991	<0.05	0,991	<0.05
	HU2	0,932	<0.05	0,988	<0.05
	HU3	0,912	<0.05	0,978	<0.05
	HU4	0,978	<0.05	0,931	<0.05
	HU5	0,945	<0.05	0,966	<0.05
	HU6	0,912	<0.05	0,891	<0.05
Radio	RA1	0,936	<0.05	0,925	<0.05
	RA2	0,925	<0.05	0,947	<0.05
	RA3	0,914	<0.05	0,914	<0.05
	RA4	0,968	<0.05	0,899	<0.05
	RA5	0,935	<0.05	0,912	<0.05
Ulna	UL1	0,924	<0.05	0,912	<0.05
	UL2	0,957	<0.05	0,909	<0.05
	UL3	0,952	<0.05	0,925	<0.05
	UL4	0,976	<0.05	0,901	<0.05
	UL5	0,931	<0.05	0,968	<0.05
	UL6	0,978	<0.05	0,931	<0.05
	UL7	0,963	<0.05	0,978	<0.05
Sacro	SA1	0,868	<0.05	0,897	<0.05
	SA2	0,922	<0.05	0,936	<0.05
	SA3	0,901	<0.05	0,903	<0.05
Fémur	FE1	0,931	<0.05	0,977	<0.05
	FE2	0,978	<0.05	0,987	<0.05
	FE3	0,963	<0.05	0,963	<0.05
	FE4	0,968	<0.05	0,958	<0.05
	FE5	0,947	<0.05	0,947	<0.05
	FE6	0,921	<0.05	0,912	<0.05
Tibia	TI1	0,935	<0.05	0,944	<0.05
	TI2	0,954	<0.05	0,997	<0.05
	TI3	0,954	<0.05	0,998	<0.05
	TI4	0,942	<0.05	0,984	<0.05
	TI5	0,975	<0.05	0,975	<0.05
	TI6	0,986	<0.05	0,964	<0.05
Fíbul	FI1	0,923	<0.05	0,989	<0.05
	FI2	0,937	<0.05	0,949	<0.05
Calcán	CAL1	0,944	<0.05	0,904	<0.05
	CAL2	0,983	<0.05	0,924	<0.05
	CAL3	0,981	<0.05	0,917	<0.05

Anexo 7. Análisis del error inter-observador para variables craneales (pc: coeficiente de correlación de concordancia de Lin, p: significancia).

	Variable	Abreviatura	pc	p
BÓVEDA CRANEAL	Longitud máxima	LMAX	0,987	<0.05
	Línea sagital	LSAG	0,982	<0.05
	Amplitud máxima	AMAX	0,958	<0.05
	Cuerda frontal	NA-BR	0,947	<0.05
	Cuerda parietal	BR-LA	0,935	<0.05
	Cuerda occipital	LA-OP	0,968	<0.05
	Línea basion-bregma	BA-BR	0,997	<0.05
	Línea basion-prostion	BA-PR	0,992	<0.05
	Línea basion-nasoespinale	BA-NS	0,954	<0.05
BASE CRANEAL	Longitud de la base	BA-NA	0,954	<0.05
	Amplitud biauricular	AU-AU	0,942	<0.05
	Longitud del foramen magno	LFM	0,988	<0.05
	Amplitud del foramen magno	AFM	0,986	<0.05
	Largo máximo condilar	LCOND	0,912	<0.05
	Ancho máximo condilar	ACOND	0,937	<0.05
	Máxima amplitud bicondilar	ABIC	0,976	<0.05
	Distancia entre cóndilos	AINTER	0,969	<0.05
	Mínima amplitud frontal	AM-FR	0,998	<0.05
ESPLACNOCRÁNEO	Amplitud facial superior	AM-FAC	0,972	<0.05
	Amplitud bizigomatica	AM-BIZ	0,923	<0.05
	Amplitud nasal	AM-NAS	0,985	<0.05
	Altura nasal	AL-NAS	0,954	<0.05
	Línea nasion-prostion	NA-PR	0,975	<0.05
	Amplitud orbital	AM-ORB	0,931	<0.05
	Altura orbital	AL-ORB	0,964	<0.05
	Amplitud bicondilar	CO-CO	0,944	<0.05
	Amplitud bigonial	GO-GO	0,963	<0.05
MANDÍBULA	Amplitud mínima de la rama	RMIN	0,945	<0.05
	Amplitud máxima de la rama	RMAX	0,962	<0.05
	Longitud del cuerpo mandibular	LMAN	0,966	<0.05
	Altura máxima de la rama ascendente	AL-MAN	0,971	<0.05

Anexo 8 .Síntesis de los estadísticos descriptivos obtenidos para cada una de las variables craneales y mandibulares estudiadas.

	Femeninos					Masculinos					
	n	Prom.	Med	Min	Max	n	Prom.	Med	Min	Max	
BOVEDA CRANEAL	LMAX	98	170.84	171.5	155	182	92	179.9	180	160	199
	LSAG	109	166.41	166	144	176	109	174.64	175	156	192
	AMAX	95	134.6	134	123	146	90	139.88	140	129	154
	NA-BR	70	106.84	107	96	117	74	111.91	112.5	101	125
	BR-LA	86	105.13	106	89	119	97	109.6	110	92	124
	LA-OP	56	95.43	95	82	110	70	98.6	97	85	112
	BA-BR	63	127.54	128	118	139	69	133.59	134	120	147
	BA-PR	47	89.23	89	75	100	61	94	94	83	105
BASE CRANEAL	BA-NS	86	86.67	86	76	99	90	92.38	92	80	107
	BA-NA	109	93.07	94	84	103	105	98.73	98	87	110
	AU-AU	108	115	115	104	124	108	121.09	122	110	133
	LFM	104	34.28	34.355	25.32	40.61	115	35.88	35.76	30.18	42.33
	AFM	105	29.39	29.44	22.66	35.29	114	30.59	30.68	25.58	37.71
	LCOND	106	22.89	23.16	16.84	27.4	112	25.75	25.85	19.58	31.13
	ACOND	106	11.91	11.945	9.56	14.72	112	13.36	13.2	10.59	16.47
	ABIC	102	49.78	49.895	40.64	57.05	109	52.72	52.57	43.97	60.38
	AINTEC	105	16.65	16.4	9.87	21.79	106	18.35	18.54	13.2	23.13
	AM-FR	116	91.16	92	82	100	115	94.17	95	84	104
ESPLACNOCRÁNEO	AM-FAC	97	99.1	99	90	106	104	104.32	104	97	115
	AM-BIZ	92	108.09	108	98	120	101	115.78	115	107	133
	AM-NAS	97	23.06	23.1	18.9	27.69	107	23.68	23.44	19.03	30.13
	AL-NAS	95	48.06	47.98	41.7	54.02	104	51.97	52.17	43.19	59.35
	NA-PR	54	64.87	65.18	54.96	72.38	71	70.19	70.51	59.09	80.35
	AM-ORB	102	36.85	36.695	32.39	41.27	108	39.06	38.98	35.33	43.25
	AL-ORB	102	33.97	33.84	30.01	38.52	108	35.27	35.24	29.52	41.27
	CO-CO	68	110.22	110	95	124	94	115.9	115.5	95	128
MANDÍBULA	GO-GO	89	89.67	90	79	105	106	96.19	96	85	110
	RMIN	104	26.34	26.725	18.64	32.04	123	28.74	28.66	20.61	36.61
	RMAX	101	36.07	35.86	27.43	43.53	120	39.98	40.12	31.49	49.01
	LMAN	92	71.18	70.5	62	83	113	75.53	75	63	86
	ALMAN	92	53.51	53	42	65	112	60.12	60	50	70

(n=número total de la muestra, Prom: media aritmética de la distribución, Med: mediana de la distribución, Min: valor mínimo dado para cada variable y Max: valor máximo dado por cada variable).

Anexo 9. Síntesis de los estadísticos descriptivos obtenidos para cada una de las variables postcraneales estudiadas.

		Femeninos					Masculinos				
		N	Prom.	Med.	Min	Max	n	Prom.	Med.	Min	Max
Clavical	CL1	114	136.65	137	119	152	120	153.13	153	134	173
	CL2	114	10.56	10.39	8.25	13.21	121	12.53	12.5	9.9	15.45
	CL3	114	8.39	8.35	6.48	10.68	121	10.25	10.11	7.96	13.03
	CL4	94	32.53	33	27	39	113	39.70	40	33	48
Escapula	ESC1	99	135.20	135	117	158	102	155.66	154.5	135	184
	ESC2	105	98.27	98	86	113	110	109.87	110	95	129
	ESC3	125	32.34	32.15	27.86	38.01	130	37.57	37.47	31.82	43.08
	ESC4	114	24.06	23.90	20.13	28.75	122	27.96	27.97	23.25	32.08
	ESC5	65	125.80	125.02	113.28	141.18	84	141.34	141.15	126.19	157.58
	ESC6	80	94.16	94.58	80.71	106.58	96	105.29	106.02	91.41	120.83
Es	EST1	40	44.63	44.99	35.18	54.15	62	48.65	48.71	36.63	61.87
	EST2	49	85.37	86.23	68.19	102.28	63	102.56	102.83	83.67	122
Húmero	HU1	119	289.67	288	257	323	124	314.76	315	277	359
	HU2	119	15.31	20.06	14.82	23.48	124	17.93	22.19	18.51	26.58
	HU3	119	15.31	15.13	12.68	18.98	124	17.93	18.05	14.68	22.09
	HU4	118	39.51	39.525	34.33	44.66	126	45.48	45.31	39.6	51.97
	HU5	117	52.97	53	47	62	124	60.37	60	51	71
	HU6	119	42.49	42	37.52	49	126	48.27	48	40.6	58
Radio	RA1	118	211.80	213	182	236	119	237.55	239	206	272
	RA2	118	10.08	10.10	8.34	12.05	119	12.17	12.16	9.99	13.93
	RA3	118	13.43	13.26	10.14	16.06	119	15.36	15.25	12.43	20.17
	RA4	118	28.95	29	24	34	119	33.40	33	27	40
	RA5	71	19.88	19.52	17.29	23.06	65	23.28	23.15	20.74	27.29
Ulna	UL1	110	230.08	230	201	256	110	254.79	256	221	288
	UL2	112	204.17	202.5	177	228	111	226.88	229	193	263
	UL3	110	10.92	10.75	8.24	14.27	110	13.34	13.24	9.99	17.04
	UL4	110	14.35	14.45	10.12	17.81	110	16.60	16.58	13.06	19.73
	UL5	95	21.82	21.82	18.4	25.73	97	25.27	25.27	22.08	29.49
	UL6	97	17.13	17.2	13.49	20.06	97	20.13	20.12	16.11	23.74
	UL7	97	20.66	20.63	16.85	24.76	96	23.94	23.87	19.4	30.72
Sacr	SA1	62	95.44	95.68	76.59	108.58	87	101.76	101.3	83.93	123.87
	SA2	72	113.23	113.63	99.98	124.85	91	114.46	114.62	102.24	132.88
	SA3	70	47.04	47.17	36.24	56.9	98	52.20	52.18	42.71	66.49
Fémur	FE1	154	402.22	403.5	347	459	146	438.73	442	380	487
	FE2	154	398.73	399	352	458	146	435.97	439.5	376	486
	FE3	151	71.76	71.23	62	81	147	80.88	80	71	93
	FE4	154	40.21	40.25	35.57	45.21	148	46.09	46.11	40.97	51.12
	FE5	154	25.38	25.25	20.36	30.47	148	28.86	28.71	21.72	35.69
	FE6	154	24.75	24.75	20.31	30.23	148	27.33	27.47	21.12	33.81
Tibia	TI1	148	329.92	330	286	376	143	361.76	364	311	412
	TI2	148	67.16	67	58	76	140	75.51	75	66	85
	TI3	146	46.49	47	40	55	142	52.51	52	43	60
	TI4	154	30.49	30.45	24.4	36.56	148	35.63	35.66	29.16	41.81
	TI5	154	21.75	21.65	16.8	25.55	148	24.77	24.61	19.36	32.34
	TI6	132	84.73	84	69	102	136	97.74	98	83	113
FIB	FIB1	108	322.00	321	283	365	100	350.93	351.5	307	389
	FIB2	108	13.71	13.77	9.38	18.59	100	15.27	15.21	11.59	20.6
CalcA	CAL1	109	72.48	72	62	82	89	79.97	80	72	89
	CAL2	110	40.38	40	33	49	88	45.23	45	37	54
	CAL3	88	37.28	37.25	28.69	42.83	85	41.82	41.76	35	47.79

(n=número total de la muestra, Prom: media aritmética de la distribución, Med: mediana de la distribución, Min: valor mínimo dado para cada variable y Max: valor máximo dado por cada variable).

Anexo 10. Resultados del cálculo del Índice de Dimorfismo Sexual, desviación estándar y datos de dispersión de las variables craneales y mandibulares integrados en el estudio.

	Femeninos				Masculinos				IDS	
	N	ee	σ	cv	N	ee	σ	cv		
BOVEDA CRANEAL	LMAX	98	0.57	5.61	3.28%	92	0.73	6.99	3.88%	5.08%
	LSAG	109	0.58	6.00	3.61%	109	0.75	7.85	4.49%	4.71%
	AMAX	95	0.53	5.15	3.83%	90	0.54	5.09	3.64%	3.77%
	NA-BR	70	0.57	4.79	4.48%	74	0.60	5.16	4.61%	4.52%
	BR-LA	86	0.67	6.25	5.95%	97	0.67	6.64	6.06%	4.08%
	LA-OP	56	0.95	7.11	7.46%	70	0.79	6.61	6.71%	3.22%
	BA-BR	63	0.64	5.09	3.99%	69	0.71	5.87	4.39%	4.53%
	BA-PR	47	0.83	5.72	6.40%	61	0.60	4.72	5.02%	5.07%
	BA-NS	86	0.51	4.69	5.41%	90	0.54	5.07	5.49%	6.17%
BASE CRANEAL	BA-NA	109	0.41	4.24	4.56%	105	0.48	4.90	4.96%	5.73%
	AU-AU	108	0.42	4.33	3.77%	108	0.49	5.13	4.23%	5.03%
	LFM	104	0.25	2.51	7.32%	115	0.22	2.30	6.41%	4.47%
	AFM	105	0.22	2.24	7.62%	114	0.20	2.17	7.11%	3.93%
	LCOND	106	0.19	2.00	8.72%	112	0.21	2.21	8.57%	11.13%
	ACOND	106	0.11	1.08	9.07%	112	0.11	1.20	8.98%	10.86%
	ABIC	102	0.32	3.26	6.54%	109	0.32	3.34	6.34%	5.57%
	AINTEC	105	0.20	2.00	12.04%	106	0.20	2.04	11.1%	9.28%
	AM-FR	116	0.36	3.90	4.27%	115	0.43	4.56	4.84%	3.20%
ESPLACNOCRÁNEO	AM-FAC	97	0.34	3.34	3.37%	104	0.34	3.50	3.35%	5.00%
	AM-BIZ	92	0.51	4.86	4.50%	101	0.47	4.72	4.08%	6.65%
	AM-NAS	97	0.20	1.97	8.55%	107	0.20	2	8.84%	2.61%
	AL-NAS	95	0.30	2.93	6.09%	104	0.31	3.15	6.06%	7.52%
	NA-PR	54	0.52	3.84	5.92%	71	0.53	4.45	6.35%	7.57%
	AM-ORB	102	0.19	1.89	5.13%	108	0.15	1.57	4.03%	5.66%
	AL-ORB	102	0.19	1.91	5.62%	108	0.23	2.42	6.85%	3.68%
	CO-CO	68	0.80	6.63	6.02%	94	0.67	6.51	5.61%	4.90%
	MANDÍBULA	GO-GO	89	0.57	5.34	5.95%	106	0.54	5.59	5.81%
RMIN		104	0.27	2.79	10.60%	123	0.25	2.81	9.78%	8.33%
RMAX		101	0.32	3.20	8.87%	120	0.28	3.03	7.59%	9.77%
LMAN		92	0.44	4.24	5.95%	113	0.45	4.80	6.35%	5.76%
ALMAN		92	0.50	4.75	8.88%	112	0.42	4.49	7.46%	10.99%

(N: tamaño total de la muestra, ee: error estándar de la media, σ : desviación estándar, cv: coeficiente de variación e IDS: índice de dimorfismo sexual de Ricklan y Tobias, 1986).

Anexo 11. Resultados del cálculo del IDS y datos de dispersión de las variables postcraneales integrados en el estudio, ordenadas de mayor a menor en función del IDS obtenido.

		Femeninos				Mascullinos				IDS
		N	Media	de	cv	N	Media	de	cv	
Clavícula	Largo máximo	114	136.65	8.25	6.04%	120	153.13	7.82	5.10%	10.76%
	Diámetro sagital	114	10.56	1.08	10.20%	121	12.53	1.18	9.39%	15.71%
	Diámetro vertical	114	8.39	0.99	11.74%	121	10.25	1.03	10.08%	18.10%
	Circunferencia diáfisis media	94	32.53	2.72	8.37%	113	39.70	3.06	7.70%	18.05%
Escapula	Alto máximo	99	135.20	8.57	6.34%	102	155.66	9.00	5.78%	13.14%
	Ancho máximo	105	98.27	5.37	5.47%	110	109.87	5.90	5.37%	10.56%
	Largo de la cavidad glenoidea	125	32.34	2.02	6.26%	130	37.57	2.17	5.78%	13.90%
	Ancho de la cavidad glenoidea	114	24.06	1.73	7.21%	122	27.96	1.71	6.12%	13.97%
Es	Largo máximo de la espina	65	125.80	7.04	5.59%	84	141.34	6.86	4.85%	10.99%
	Amplitud infra-espinal	80	94.16	5.34	5.67%	96	105.29	5.89	5.60%	10.57%
	Alto del manubrio	40	44.63	3.91	8.76%	62	48.65	4.76	9.78%	8.27%
	Alto del cuerpo	49	85.37	8.36	9.80%	63	102.56	8.64	8.43%	16.76%
Húmero	Largo máximo	119	289.67	15.37	5.31%	124	314.76	15.89	5.05%	7.97%
	Diámetro máximo diáfisis media	119	15.31	1.28	8.36%	124	17.93	1.49	8.32%	14.60%
	Diámetro mínimo diáfisis media	119	15.31	1.28	8.36%	124	17.93	1.49	8.32%	14.60%
	Diámetro vertical de la cabeza humeral	118	39.51	2.32	5.87%	126	45.48	2.48	5.46%	13.14%
Radio	Ancho bicondíleo	117	52.97	3.25	6.14%	124	60.37	3.84	6.37%	12.26%
	Ancho articular	119	42.49	2.47	5.82%	126	48.27	3.40	7.04%	11.96%
	Largo máximo	118	211.80	11.93	5.63%	119	237.55	12.59	5.30%	10.84%
	Diámetro sagital	118	10.08	0.81	8.02%	119	12.17	0.85	7.02%	17.21%
Ulna	Diámetro transversal	118	13.43	1.38	10.29%	119	15.36	1.47	9.60%	12.61%
	Amplitud distal	118	28.95	1.98	6.82%	119	33.40	2.53	7.57%	13.32%
	Circunferencia máxima cabeza	71	19.88	1.45	7.32%	65	23.28	1.35	5.81%	14.62%
	Longitud máxima	110	230.08	11.75	5.11%	110	254.79	13.20	5.18%	9.70%
Sacro	Longitud fisiológica	112	204.17	11.16	5.47%	111	226.88	12.86	5.67%	10.01%
	Diámetro dorso-volar	110	10.92	1.13	10.31%	110	13.34	1.32	9.86%	18.12%
	Diámetro transversal	110	14.35	1.47	10.24%	110	16.60	1.40	8.46%	13.55%
	Ancho máximo del olecranon	95	21.82	1.64	7.52%	97	25.27	1.74	6.89%	13.66%
Fémur	Ancho mínimo del olecranon	97	17.13	1.46	8.52%	97	20.13	1.61	7.99%	14.93%
	Altura del olecranon	97	20.66	1.70	8.24%	96	23.94	1.86	7.76%	13.67%
	Longitud anterior	62	95.44	7.84	8.21%	87	101.76	7.74	7.60%	6.21%
	Ancho anterosuperior	72	113.23	5.92	5.23%	91	114.46	6.74	5.89%	1.08%
Tibia	Ancho máximo de la base	70	47.04	4.75	10.09%	98	52.20	5.37	10.29%	9.89%
	Longitud máxima (morfológica)	154	402.22	21.17	5.26%	146	438.73	21.49	4.90%	8.32%
	Largo fisiológico (oblicuo)	154	398.73	20.81	5.22%	146	435.97	21.37	4.90%	8.54%
	Ancho epicondilar	151	71.76	3.71	5.16%	147	80.88	4.10	5.07%	11.28%
Fí	Diámetro máximo de la cabeza	154	40.21	1.98	4.92%	148	46.09	2.12	4.59%	12.76%
	Diámetro sagital	154	25.38	2.14	8.44%	148	28.86	2.38	8.26%	12.05%
	Diámetro transversal	154	24.75	1.88	7.58%	148	27.33	2.26	8.28%	9.43%
	Longitud máxima	148	329.92	19.27	5.84%	143	361.76	21.73	6.01%	8.80%
Calcá	Ancho máximo epífisis proximal	148	67.16	3.49	5.19%	140	75.51	3.72	4.93%	11.05%
	Ancho máximo epífisis distal	146	46.49	2.88	6.20%	142	52.51	3.08	5.87%	11.48%
	Diámetro sagital	154	30.49	2.41	7.91%	148	35.63	2.52	7.09%	14.42%
	Diámetro transversal	154	21.75	1.85	8.48%	148	24.77	2.34	9.46%	12.21%
Calcá	Circunferencia máxima diáfisis	132	84.73	5.73	6.76%	136	97.74	6.31	6.45%	13.31%
	Longitud máxima	108	322.00	18.09	5.62%	100	350.93	19.51	5.56%	8.24%
	Diámetro máximo diáfisis	108	13.71	1.71	12.44%	100	15.27	1.79	11.72%	10.20%
	Longitud máxima	109	72.48	4.07	5.62%	89	79.97	4.00	5.00%	9.37%
Calcá	Diámetro medial	110	40.38	3.37	8.34%	88	45.23	3.51	7.77%	10.71%
	Línea transversa perpendicular	88	37.28	2.48	6.64%	85	41.82	2.51	6.00%	10.86%

(N: tamaño muestral, de: desviación estándar, cv: coeficiente de variación e IDS: índice de dimorfismo sexual).

Anexo 12. Proporción correcta de clasificación a partir del método de validación cruzada para cada función univariante, variables craneales.

	Variable	Femenino			Masculino			TOTAL
		N	a	%a	N	a	%a	
Bóveda craneal	LMAX	98	76	77.6%	92	66	77.1%	74.7%
	LSAG	109	81	74.3%	109	75	68.8%	71.6%
	AMAX	95	70	73.7%	90	61	67.8%	70.8%
	NA-BR	70	47	67.1%	74	50	67.6%	67.4%
	BR-LA	86	54	62.8%	97	60	61.9%	62.3%
	LA-OP	56	35	62.5%	70	34	48.6%	54.8%
	BA-BR	63	50	79.4%	69	51	73.9%	76.5%
	BA-PR	47	31	66.0%	61	46	75.4%	71.3%
	BA-NS	86	60	69.8%	90	68	75.6%	72.7%
Base craneal	BA-NA	109	78	71.6%	105	76	72.4%	72.0%
	AU-AU	108	85	78.7%	108	76	70.4%	74.5%
	LFM	104	68	65.4%	115	73	63.5%	64.4%
	AFM	105	61	58.1%	114	72	63.2%	60.7%
	LCOND	106	89	84.0%	112	77	68.8%	76.1%
	ACOND	106	80	75.5%	112	76	67.9%	71.6%
	ABIC	102	68	66.7%	109	72	66.1%	66.4%
	AINTER	105	72	68.6%	106	68	64.2%	66.4%
	AM-FR	116	67	57.8%	115	80	69.6%	63.6%
Esplacnocráneo	AM-FAC	97	74	76.3%	104	83	79.8%	78.1%
	AM-BIZ	92	69	75.0%	101	83	82.2%	78.8%
	AM-NAS	97	55	56.7%	107	58	54.2%	55.4%
	AL-NAS	95	72	75.8%	104	76	73.1%	74.4%
	NA-PR	54	40	74.1%	71	54	76.1%	75.2%
	AM-ORB	102	75	73.5%	108	83	76.9%	75.2%
	AL-ORB	102	70	68.6%	108	67	62.0%	65.2%
	CO-CO	68	47	69.1%	94	63	67.0%	67.9%
	GO-GO	89	60	67.4%	106	81	76.4%	72.3%
Mandíbula	RMIN	104	69	66.3%	123	84	68.3%	67.4%
	RMAX	101	72	71.3%	120	91	75.8%	73.8%
	LMAN	92	66	71.7%	113	79	69.9%	70.7%
	AL-MAN	92	69	75.0%	112	87	77.7%	76.5%

(N= número total de la muestra, a=número de aciertos, %a=proporción de acierto de la función discriminante, TOTAL= porcentaje de precisión total de la función).

Anexo 13. Proporción correcta de clasificación a partir del método de validación cruzada para cada función univariante, variables postcraneales.

	Variable	Femenino			Masculino			TOTAL
		N	a	%a	N	a	%a	
Clavícula	CL1	114	92	80.7%	121	102	84.3%	82.5%
	CL2	114	90	78.9%	121	98	81.0%	80%
	CL3	114	92	80.7%	121	97	80.2%	80.4%
	CL4	94	86	91.5%	114	97	85.1%	88.3%
	ESC1	99	85	85.9%	102	90	88.2%	87%
Escapula	ESC2	105	93	88.6%	111	92	82.9%	85.7%
	ESC3	125	111	88.8%	130	117	90.0%	89.4%
	ESC4	114	100	87.7%	122	105	86.1%	86.9%
	ESC5	65	55	84.6%	84	72	85.7%	85.2%
	ESC6	80	69	86.3%	96	78	81.3%	83.8%
Est	EST1	40	29	72.5%	62	40	64.5%	68.5%
	EST2	49	41	83.7%	63	50	79.4%	81.5%
Húmero	HU1	119	94	79.0%	124	96	77.4%	78.2%
	HU2	119	92	77.3%	124	95	76.6%	77%
	HU3	119	98	82.4%	124	97	78.2%	80.3%
	HU4	118	106	89.8%	126	114	90.5%	90.2%
	HU5	117	99	84.6%	124	108	87.1%	85.9%
	HU6	119	106	89.1%	126	99	78.6%	83.8%
Radio	RA1	118	101	85.6%	119	99	83.2%	84.4%
	RA2	118	107	90.7%	119	107	89.9%	90.3%
	RA3	118	87	73.7%	119	90	75.6%	74.7%
	RA4	118	102	86.4%	119	95	79.8%	83.1%
	RA5	70	58	82.9%	65	61	93.8%	88.4%
Ulna	UL1	110	91	82.7%	110	91	82.7%	82.7%
	UL2	112	90	80.4%	110	84	76.4%	78.4%
	UL3	110	96	87.3%	110	89	80.9%	84.1%
	UL4	110	89	80.9%	110	85	77.3%	79.1%
	UL5	95	78	82.1%	97	79	81.4%	81.8%
	UL6	97	82	84.5%	97	83	85.6%	85.1%
	UL7	97	80	82.5%	96	79	82.3%	82.4%
Sa	SA1	62	37	59.7%	87	59	67.8%	63.7%
	SA3	70	56	80.0%	98	68	69.4%	74.7%
Fémur	FE1	154	127	82.5%	146	108	74.0%	78.2%
	FE2	154	127	82.5%	146	108	74.0%	78.2%
	FE3	151	130	86.1%	147	125	85.0%	85.6%
	FE4	154	141	91.6%	148	136	91.9%	91.7%
	FE5	154	124	80.5%	148	116	78.4%	79.4%
	FE6	154	116	75.3%	148	102	68.9%	72.1%
Tibia	TI1	148	119	80.4%	143	110	76.9%	78.7%
	TI2	148	129	87.2%	140	121	86.4%	86.8%
	TI3	146	124	84.9%	142	120	84.5%	84.7%
	TI4	154	132	85.7%	148	127	85.8%	85.8%
	TI5	154	119	77.3%	148	108	73.0%	75.1%
	TI6	131	118	90.1%	136	113	83.1%	86.6%
Fíb	FI1	108	82	75.9%	100	73	73.0%	74.5%
	FI2	108	72	66.7%	100	60	60.0%	63.3%
Calcá	CAL1	109	89	81.7%	89	70	78.7%	80.2%
	CAL2	110	83	75.5%	88	65	73.9%	74.7%
	CAL3	88	74	84.1%	85	72	84.7%	84.4%

(N= número total de la muestra, a=número de aciertos, %a=proporción de acierto de la función discriminante, TOTAL= porcentaje de precisión total de la función)