

Estimación del dimorfismo sexual en la mandíbula usando una muestra de Medellín

Trabajo de grado para optar por el título de:
ANTROPÓLOGO

Por:
JUAN ESTEBAN NOREÑA ORTIZ

Asesora: Timisay Monsalve Vargas, PhD.
Antropóloga

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Sociales y Humanas
Departamento de Antropología

Medellín, Antioquia, Colombia
2017

“Los hombres y las mujeres no son libres para amar decentemente hasta que hayan analizado por completo y barrido todos los misterios del sexo, esto significa la adquisición de una profunda teoría filosófica basada en una amplia lectura de la antropología y la práctica ilustrada”.

-Aleister Crowley

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente a mi familia, que entre las dificultades siempre encontró la razón para darme el espaldarazo que tanto necesitaba en momentos de duda e incompreensión. Agradezco a Carolain, mi compañera, por su infaltable presencia en cada buen y mal momento, por su cariño y por su ayuda invaluable. De igual forma les agradezco a todos mis compañeros, que se fueron convirtiendo en grandes amigos y que me acompañaron en este largo proceso de formación, sus consejos, motivaciones y compañía fueron trascendentales. A los profes les debo todo, les doy gracias y felicitaciones por su duro y gran trabajo, y les envío un mensaje de ánimo para que sigan construyendo antropología, esta ciencia que nos hace comprender lo que somos y poco entendemos. Para finalizar, gracias y gracias, infinitas gracias a Timisay, mi asesora, por su acompañamiento y por poner todo su profesionalismo en pro de que todos nosotros, como estudiantes, estemos siempre recibiendo la mejor formación, recibiendo la semilla de la duda y del “*no tragar entero e ir más allá*” que tanto nos remarcaron durante la estadía en la universidad; a ella va dedicada esta tesis, que surge de muchos traspiés, dudas y problemas pero que finalmente cogió el rumbo correcto.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	1
Palabras clave.....	2
Introducción	3
Objetivos.....	8
General.....	8
Específicos	8
Capítulo uno: aspectos teóricos	9
Variabilidad como condicionante del dimorfismo sexual	10
Cómo crece y madura la mandíbula.....	12
Qué se ha estudiado del dimorfismo sexual a temprana edad en la mandíbula.....	16
Cómo se ha investigado el dimorfismo sexual	20
Dimorfismo sexual mediante morfología	23
Dimorfismo sexual mediante morfometría	25
Estimación del sexo en otras regiones del esqueleto a través de métodos Morfométricos.....	27
Capítulo dos: aspectos metodológicos	32
Cómo han abordado algunos autores el análisis de los datos	32
Cómo han abordado algunos autores el tratamiento del error	37
Procedimiento seguido.....	40

Estadísticos descriptivos	41
Prueba de normalidad	44
Estadísticos de correlación.....	44
Análisis de funciones discriminantes (AFD)	45
Capítulo tres: tratamiento y análisis de la información	47
Adquisición de los datos	47
Análisis estadístico.....	49
Análisis de funciones discriminantes (AFD)	55
Conclusiones.....	67
Bibliografía	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: ficha en blanco para el registro de datos.....	49
Gráfico 2: medidas mandibulares tomadas a la muestra. Imagen tomada de del Río Muñoz et al. (2001).....	49
Gráfico 3: distribución por sectores de la muestra según el sexo.....	50
Gráfico 4: comportamiento del grupo pronosticado de hombres.....	63
Gráfico 5: comportamiento del grupo pronosticado de mujeres.....	64

Gráfico 6: resultados del análisis discriminante.....	65
Gráfico 7: dispersión de las variables con mayor poder discriminante del sexo.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: distribución de la muestra según sexo.....	50
Tabla 2: media de edad por sexos.....	50
Tabla 3: estadísticos descriptivos de las variables tomadas con pie de rey.....	51
Tabla 4: estadísticos descriptivos de las variables tomadas con mandibulómetro.....	52
Tabla 5: pruebas de normalidad de todas las variables numéricas.....	53
Tabla 6: resultados del estadístico de correlación U de Mann-Whitney en las variables tomadas con pie de rey.....	54
Tabla 7: resultados del estadístico de correlación U de Mann-Whitney en las variables tomadas con mandibulómetro.....	54
Tabla 8: resumen del procesamiento de casos del AFD en valor absoluto y porcentaje.	55
Tabla 9: logaritmo de los determinantes por sexos para prueba <i>M</i> de Box.....	56
Tabla 10: resultado de la prueba <i>M</i> de Box.....	57
Tabla 11: autovalores de la primera función discriminante canónica.....	58
Tabla 12: <i>Lambda</i> de Wilks.....	58
Tabla 13: coeficientes estandarizados de las funciones por variable.....	59
Tabla 14: valores de la estructura del modelo por variable.....	60

Tabla 15: coeficientes no tipificados de las funciones y el valor constante.....	61
Tabla 16: valores centroides del sexo por grupos.....	61
Tabla 17: resultados de la clasificación por casos y porcentajes.....	62

RESUMEN

El dimorfismo sexual es un aspecto clave al momento de identificar restos humanos y éste se evalúa mediante los accidentes y características óseas. Éste análisis morfológico no es del todo confiable, debido a la variabilidad poblacional de la especie. Es por esta razón, que se recurre a la osteometría para estudiar el dimorfismo sexual y demás aspectos de la osteobiografía, con ayuda del análisis estadístico. En este trabajo se emplearon las mandíbulas de 161 hombres y 56 mujeres (217 individuos en total) de la colección osteológica de la Universidad de Antioquia, con medias de edad de 48,86 y 58,43 años respectivamente. A cada mandíbula se le tomaron diez medidas (variables) preseleccionadas y a cada variable se le calculó su normalidad mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov, donde se observó que todas las variables no presentaron una distribución normal ($p < 0.050$); por lo que se midieron las correlaciones de cada variable con el sexo mediante el estadístico no paramétrico de correlación U de Mann-Whitney, el cual mostró que únicamente el ángulo mandibular no explicaba la manifestación del sexo ($p = 0.306$). Al ser una sola variable la que no presentó correlación, se decidió incluir todas las variables en un análisis de función discriminante (AFD) que presentó una confianza del 86,6% y que mostró que las medidas con mayor poder discriminante del sexo en la mandíbula son la altura máxima de la rama ascendente y la anchura bigoníaca. Además se muestra que los hombres tienen mayor poder discriminante en sus medidas puesto que tuvieron en proporción menor cantidad de casos mal clasificados que las mujeres, a pesar de que el modelo tuvo la configuración de tomar

ambos grupos de la misma forma y evitar el sesgo producido por diferencia en el tamaño de los grupos de sexos.

PALABRAS CLAVE

Dimorfismo sexual, análisis de funciones discriminantes, estimación, análisis estadístico, identificación humana, mandíbula, dimorfismo sexual en mandíbula,

INTRODUCCIÓN

Múltiples procesos de origen endógeno como la herencia genética, el estado de desarrollo y la variabilidad inter e intrapoblacional; de la misma forma que factores exógenos como la dieta alimenticia, la actividad física, entre otros, condicionan la morfología característica tanto de los machos como de las hembras de nuestra especie. Por tal motivo, la antropología biológica busca conocer con alto nivel de precisión los patrones de expresión de las características óseas propias de cada sexo y explicarlas mediante análisis y estudios de nuestra historia evolutiva y los fenómenos medioambientales que condicionan tales patrones de expresión.

El estudio del dimorfismo sexual en las diferentes poblaciones es importante debido a que su manifestación se ve afectada por la variabilidad interpoblacional e intrapoblacional, por ello debe recurrirse a la aplicación de métodos osteométricos y estadísticos. El interés en conocer la forma en que se expresan las características óseas de cada sexo, se debe a la necesidad de identificar restos óseos de origen incierto en contextos de violencia armada como el colombiano; donde según cifras del Instituto de Medicina legal y Ciencias Forenses, se han registrado 20.944 desapariciones forzadas en el período de tiempo comprendido entre el 31 de diciembre de 1938 y el 31 de diciembre de 2013.

Los antropólogos han estudiado los componentes del perfil biológico en todas las regiones del sistema óseo. La mandíbula ha sido el objeto de múltiples investigaciones alrededor del mundo; pero se hace necesaria la profundización de tales estudios en cada población, por eso la colección osteológica de la Universidad de Antioquia es la muestra perfecta para la aplicación de métodos estadísticos relacionados con la estimación del dimorfismo sexual de la población antioqueña y medellinense.

Es importante estudiar la población local y tener al alcance una colección de referencia a la vez de todo un complejo metodológico de identificación individual (tablas, fórmulas, métodos). En el caso colombiano, el poco interés de los gobiernos y la falta de recursos de la comunidad científica han hecho que no sean suplidas las necesidades de avanzar en el campo de la caracterización y de la identificación de restos humanos. Por ende el mestizaje y las expresiones biológicas de nuestras diversas poblaciones hacen que sea errónea la aplicación de métodos foráneos incompatibles con nuestro perfil biológico, y que sin embargo, han sido usados ampliamente en los ámbitos académico y legal, dando resultados no confiables. Es por eso recomendada la elaboración de un perfil biológico general de la población local (a través de tablas de referencia, fórmulas discriminantes, métodos morfométricos y morfológicos, entre otros) y que los investigadores sepan con precisión el grupo humano al cual pertenecen los restos óseos que estudian (White et al., 2000).

Alarcón et al. (2015), mostraron en su trabajo que el patrón de expresión del dimorfismo sexual en la mandíbula puede ser extremadamente variable de forma inter e intrapoblacional a lo largo del ciclo vital de los individuos; por otro lado, Bulygina y colaboradores (2006), detectaron cambios en el patrón de diferencias entre ambos sexos en la forma facial en el periodo de formación, y que son diferentes de las expresiones dimórficas en la edad adulta, lo que quiere decir que se diferencian las formas de expresión del dimorfismo sexual en la juventud, adultez y en la vejez, por lo que se hace necesaria la aplicación de funciones discriminantes junto con la variable de la edad (Hunter y Garn, 1972).

Elementos como estrés biomecánico, la alimentación, los condicionantes medioambientales, entre otros; son factores que dificultan y limitan la opción del antropólogo de decidir sobre el dimorfismo sexual en un conjunto de restos óseos, teniendo en cuenta la construcción del perfil biológico general y la variabilidad, tanto de carácter interpoblacional como intrapoblacional, ¿qué variables de los datos obtenidos en la toma de las medidas mandibulares, representan mayores niveles de confianza en la estimación correcta del sexo mediante funciones discriminantes? Debido a la sutileza de los rasgos óseos en individuos subadultos, se dificulta la identificación de las características diferenciales entre hombres y mujeres. Por lo que debe tenerse en cuenta que los elementos que expresan el sexo, están condicionados también por la edad y el estado de desarrollo.

Según las estadísticas del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, se han registrado 89.736 casos de desapariciones desde 1938 hasta el 31 de diciembre de 2013; de las cuales unas 20.944 (23,33%) fueron presuntas desapariciones forzadas. Este fenómeno se presenta con mayor número de casos en grupos de edad entre los 10 y 17 años de edad, además se menciona que Bogotá fue la ciudad del país donde se registraron más casos históricamente, para el 2013 fueron 3.077 desaparecidos; siguiendo a la capital del país se encuentran las regiones de Antioquia con 872, Valle del Cauca con 663 y Cundinamarca con 301 desaparecidos. Desde 1938 hasta 1969 se registraron 79 desapariciones, de las cuales 15 fueron confirmadas como forzadas; a partir de la década de los 70 se presentó un crecimiento casi exponencial con un promedio de 30,8 desapariciones por año, y se demuestra en esa primera década de aceleración del fenómeno que el 81.81% de los casos fueron hombres (243 casos de un total de 297). De esos 297 casos, 120 fueron confirmados como desaparición forzada (INMLCF, 2013).

Desde 1938 hasta el 31 de diciembre de 2013, se registraron 89.736 casos de desaparición que se dividieron en dos grupos: los que fueron confirmados como desapariciones forzadas y los casos de los que no obtuvo información; de este último grupo 2.788 aparecieron muertos, 19.132 aparecieron vivos y 46.872 aún siguen desaparecidos para un total de 68.792 casos. Mientras que, de los casos catalogados como desapariciones

forzadas, 873 víctimas aparecieron muertas, 433 aparecieron vivas y aún continúan desaparecidos 19.638 individuos, para un total de 20.944 casos (INMLCF, 2013).

Luego de los ochenta, aparecen en el conflicto interno actores que consisten en grupos armados de extrema derecha que aumentan a gran velocidad en número, poder, inteligencia y armas; financiado todo por las mafias del narcotráfico y el propio Estado colombiano, que han dejado crímenes impunes y personas de las que no se supo nada luego. Desde entonces hasta la actualidad, los fenómenos de la desaparición forzada, el secuestro y el homicidio selectivo, entre otros, se salieron de control y fue sólo hasta el año 2000 que el Estado acepta su responsabilidad en varios casos y reconoce además la desaparición forzada como un crimen de lesa humanidad conforme el Estatuto de Roma de 1998. En base al reconocimiento de la responsabilidad por parte del Estado surgen los mecanismos de protección de los derechos fundamentales, no sólo en el ámbito interno, sino también en la comunidad de naciones (Sandoval Mesa, 2012).

Parte del problema fundamental es el desconocimiento de las proporciones del fenómeno, puesto que no existen datos e información confiable, dado que las entidades gubernamentales, expertos investigadores y activistas manejan cifras con números que presentan graves inconsistencias en el registro por temor a represalias; lo que da una idea del tamaño y gravedad del asunto. Lo que se asocia con la fuerte militarización en

regiones donde se han presentado la mayoría de casos de desapariciones (Velasco Yáñez, 2015).

OBJETIVOS

GENERAL

Estimar el dimorfismo sexual en la mandíbula de los individuos esqueletizados de la colección osteológica de la Universidad de Antioquia mediante análisis y procesos estadísticos.

ESPECÍFICOS

- Analizar diferentes proporciones en la mandíbula y determinar las que mejor se adapten a la estimación del sexo.
- Identificar patrones de correlación entre datos estadísticos que puedan dar un resultado confiable sobre la estimación del dimorfismo sexual en la mandíbula.
- Dar un diagnóstico sobre la pertinencia del método a emplear en mandíbulas de individuos subadultos.

CAPÍTULO UNO: ASPECTOS TEÓRICOS

El dimorfismo sexual en la mandíbula es un factor de expresión biológica humana que depende de varios procesos, tanto internos como externos, y presentan cambios constantes puesto que esos procesos son continuos; lo que dificulta la estimación del sexo mediante las técnicas y métodos establecidos. Por ende, es importante conocer a profundidad los factores que influyen en la germinación, crecimiento y maduración ósea desde la concepción de la vida y que condicionan la forma, además de los elementos medioambientales y físicos que ejercen presión sobre las características que se han desarrollado en el sistema óseo.

La mandíbula es uno de los huesos del organismo humano que más está bajo constante actividad, esto representa alto estrés, muscular tanto como óseo, que se manifiesta en robustez, accidentalidad de las características y en gran medida desgaste resultado de la actividad física, además de resorción ósea acelerada (Goret-Nicaise and Dhem, 1984).

Por tales motivos debe conocerse con precisión cómo los investigadores han abordado el tema, cómo lo han desarrollado a través del tiempo y qué aspectos metodológicos y conceptuales se han empleado en la estimación correcta del sexo en general y cómo estas herramientas son aplicables a la mandíbula.

VARIABILIDAD COMO CONDICIONANTE DEL DIMORFISMO SEXUAL

La importancia del estudio del perfil biológico de los individuos para conocer los patrones de expresión de las poblaciones, consiste en que éstos se encuentran en constante cambio y adaptación a diferentes condicionantes externos e internos, lo que se traduce en variabilidad entre diferentes poblaciones (Frayser y Wolpoff, 1985) y entre individuos que conforman una misma población (White et al., 2000).

Profundizando, Saini et al. (2011), mencionan que las características más empleadas en la estimación del sexo son el tamaño y la robustez, dejando claro que estas diferencias son únicas en cada población y que son influenciadas por factores genéticos, ambientales y hasta socioeconómicos; incluso dentro de una región geográfica reducida en un lapso de tiempo relativamente corto, el índice de dimorfismo sexual (IDS) varía significativamente. Joy et al. (2009) sugieren la actualización constante del conocimiento en los patrones de expresión que conforman el IDS, puesto que poblaciones pequeñas muestran cambios en su dimorfismo sexual en cortos periodos temporales (Steyn e Iscan, 1997).

Factores de herencia y deriva genética (endógenos) y factores como el medio ambiente que se habita, la actividad física que incide en el estrés biomecánico ya sea de forma deportiva o laboral, y el tipo de alimentación (exógenos), condicionan la manifestación de las características del perfil biológico. Teniendo en cuenta que en gran parte de los

mamíferos un dimorfismo sexual marcado es resultado de una intensa competencia entre machos para tener acceso a las hembras (Weckerly, 1998).

De otro lado, Henneberg et al. (1978), plantean que la selección natural es el mecanismo principal responsable del origen y la consistencia de la variabilidad en la especie humana, consideran que un intercambio de genes entre poblaciones es el estado normal de los grupos humanos y que el aislamiento es en su mayoría relativo al tamaño de la población debido a las distancias culturales o geográficas entre grupos. Los autores concretan que la genética de poblaciones se ha empeñado en conocer con certeza cómo la evolución cultural, la ecología humana y el mestizaje; que rompen con el esquema de las razas humanas desarrolladas durante el paleolítico, han dejado huella y han marcado la manera en que mutan las características del perfil biológico, especialmente el dimorfismo sexual; estas mutaciones, que se manifiestan en cambios físicos pequeños pero constantes con el paso de las generaciones, y que pueden ser observables, son diferentes en cada población debido a que las presiones medioambientales son distintas, además se manifiestan diferencias entre individuos de un mismo grupo.

Sin embargo, a lo largo del tiempo tanto hombres como mujeres han comenzado a habitar espacios similares, a desempeñarse similar en actividades deportivas y laborales; este tipo de cambios, que corresponden a procesos de adaptación medioambientales y socioculturales, se manifiestan en dimensiones como la talla, las características del

cráneo y el esqueleto poscraneal; donde se ve una notoria y progresiva disminución del Índice de Dimorfismo Sexual (IDS) que hoy se estima oscilante entre el 4% y 7% (Rodríguez, 2004, p.88). Por otro lado, Frayer y Wolpoff (1985) profundizan sobre el fenómeno de la disminución del IDS mencionando que en especies de homínidos del plioceno y pleistoceno se presenta un dimorfismo sexual mucho más marcado que en especies posteriores. Incluso, en grupos humanos del paleolítico en Europa se evidencia un dimorfismo sexual presente en un intermedio entre australopitecinos y humanos modernos; donde el IDS rodea el 10% (Rogers y Mukherjee, 1992, p.226).

CÓMO CRECE Y MADURA LA MANDÍBULA

La mandíbula es el segundo hueso del cuerpo después de la clavícula (Scheuer y Black, 2004) y el primer hueso de la cara en comenzar a formarse durante el periodo de gestación (Sadler, 1990). Esta se organiza en torno al proceso mandibular del primer arco branquial, que se desarrolla sobre la cuarta semana luego de la concepción, en tejido formado de condrofitos, para luego formar el cartílago de Meckel (Loth and Henneberg, 2001). Jacobsen et al. (1991), describieron una mandíbula adulta descubierta en un sitio arqueológico y detallaron la ausencia unilateral del canal mandibular y su respectivo foramen además de los dientes desde el segundo premolar hasta el segundo molar, concluyen que el nervio trigeminal estaba ausente, lo que sugiere que el tejido nervioso y

su interacción con las células de producción ósea, es fundamental a temprana edad para el correcto desarrollo del cuerpo mandibular (Scheuer y Black, 2004).

La mandíbula se desarrolla a partir de tres centros de osificación, los dos primeros centros aparecen como una diminuta lámina en la cara lateral del cartílago de Meckel, donde se ubicarían el incisivo lateral y los gérmenes de los dientes caninos, el otro centro se manifiesta en un lugar aleatorio del cuerpo frontal. La osificación se extiende rápidamente hasta que el cartílago es cubierto por una delgada capa de hueso que se hace más dura en la zona de articulación con el hueso temporal para cubrir el nervio auriculotemporal posterior. En las placas laterales comienza la formación de los alvéolos dentales como gérmenes que están aún separados del hueso ya formado y se van extendiendo por todo el borde superior del cuerpo mandibular (Scheuer y Black, 2004).

Durante la décima semana de gestación el extremo anterior del pericondrio del cartílago de Meckel desde el agujero mentoniano hasta la sínfisis muestra signos de osificación incipiente. Kjær en dos estudios (1975 y 1997) muestra que antes del comienzo de este proceso de osificación las dos mitades del cartílago se fusionaron en una “conexión rostral” a través de la línea media por un corto tiempo, luego se separan. Este fenómeno ha sido descrito en ratas (Bashkar, 1953, Bashkar et al., 1953) y en ratones (Frommer y Margolies, 1971) pero el de Kjær es el único informe de fusión de la línea media en embriones humanos. Alrededor de la semana 24, el cartílago involucrado en la conexión

rostral desaparece por completo (Friant, 1960; Sperber, 1989). El extremo posterior de ese cartílago sobrante se fusiona con el temporal y se convierte posteriormente en el yunque, el martillo y su ligamento anterior (órganos óseos auditivos), y forma parte además del ligamento esfenomandibular (Bossy y Gaillard, 1963). El cartílago de la sínfisis mentoniana se osifica por completo alrededor de la semana 24 de gestación (Friant, 1960; Sperber, 1989).

Posteriormente la articulación temporomandibular está claramente definida y cubierta por cartílago articular hialino (Symons 1952; Blackwood, 1965). El cartílago restante en las ramas ascendentes comienza a osificarse de atrás hacia adelante. Y a los cinco meses de vida aproximadamente, lo que queda es una estrecha franja de cartílago debajo del cóndilo, el cartílago se convierte rápidamente en la apófisis coronoides y en esta región el cartílago desaparece completamente alrededor del sexto mes de vida intrauterina; sin embargo el cartílago que rodea el cóndilo sigue actuando como centro de crecimiento hasta la tercera década de vida según lo publicaron Rushton (1944) y Blackwood, (1965).

Poco tiempo después del quinto mes, se inicia la sustitución del hueso laminar inmaduro que cubre toda la mandíbula por hueso maduro; se sugiere al respecto que esta sustitución de tejido óseo temprano por hueso con un sistema de canales haversianos maduros en una etapa tan temprana del desarrollo, se relaciona con que la mandíbula se somete a una

intensa actividad de succión y deglución (Goret-Nicaise and Dhem, 1984), lo que implica el primer proceso resultado de estrés óseo en la ontogenia.

La mandíbula perinatal es formada por un cuerpo y dos ramas ascendentes que tienen la mitad de su longitud total, la superficie exterior del cuerpo está aplanada, pero se torna redondeada por encima de la base al nivel de las cuencas de los caninos y los primeros molares; el canal milohioideo y las espinas mentonianas pueden observarse ya en la superficie interna. El ángulo entre el cuerpo y la rama se encuentra entre los 135° y 145° y las bóvedas donde se contienen los gérmenes dentales poseen formas geométricas irregulares y son separadas entre sí por una formación ósea pequeña y delgada llamada tabique interdental. Después del nacimiento, la mandíbula se somete a grandes variaciones en la forma y el tamaño más que cualquier otro hueso facial. Debe crecer en armonía con el desarrollo de la dentición decidua y la permanente, al tiempo que debe ir sincronizada con los cambios en tamaño y forma del maxilar superior y el aumento en tamaño de la base del cráneo. El crecimiento en la sínfisis es limitado, luego de la separación de la conexión rostral, es poco lo que se modifica y apenas se une rápidamente cerca del primer año de vida, osificándose primero en las capas exteriores e inferiores y avanza hacia los tejidos superiores e internos (Scheuer y Black, 2004).

El cóndilo articular desarrolla un papel muy importante en la maduración de la mandíbula, esto es estudiado por Scott (1967) y Meikle (2002). Pues mediante el cóndilo

puede generarse un movimiento hacia abajo y hacia adelante respecto de la base del cráneo, debido a la línea casi recta formada por el cuerpo y la rama ascendente, por la pequeña longitud de ésta; el ángulo mandibular al nacer oscila entre los 135° y los 145° pero poco a poco disminuye, proceso que se hace más evidente en el momento de finalización del ciclo de la dentición temporal, cuando el ángulo se encuentra entre los 130° y los 140° (Jensen y Palling, 1954). La dentadura permanente emerge entre los 12 y los 14 años, excepto los terceros molares que pueden surgir incluso hasta aproximarse a la tercera década de vida (Scheuer y Black, 2004).

QUÉ SE HA ESTUDIADO DEL DIMORFISMO SEXUAL A TEMPRANA EDAD EN LA MANDÍBULA

El diagnóstico del sexo es el componente de la osteobiografía en evaluarse primero, puesto que la estimación de otros componentes como la edad y la estatura, dependen en su mayoría del sexo del individuo (Franklin, 2010).

A temprana edad es bastante complejo dar algún tipo de diagnóstico sobre algunas categorías de la osteobiografía; sobre la estatura se sabe que en niños y jóvenes no se ha llegado a la proporcionalidad que caracteriza a los individuos en edad adulta y más importante aún es que no se tiene la totalidad del sistema esquelético completamente osificado. Sobre el sexo, también es de alta dificultad dar estimaciones puesto que las

características óseas asociadas a la expresión del sexo se encuentran en proceso de osificación y maduración (Hunter y Garn, 1972). Sin embargo, la antropología biológica ha hecho lo posible para establecer parámetros básicos de identificación humana en individuos a temprana edad, teniendo en cuenta lo complejo que puede ser el proceso y los resultados poco confiables que puedan tenerse por factores como la variabilidad humana, la condición alimentaria y la actividad física, entre otros.

Reynolds (1945) afirmó que los primeros en tratar de determinar el sexo en subadultos fueron Fehling con sus estudios publicados en 1876 y Thompson en 1899; ambos observaron diferencias en la región coxal a partir de los cuatro meses de vida intrauterina. Reynolds posteriormente (1947) observaría cambios notorios en la región pélvica con niños de rangos entre uno y nueve años de edad. Schutkowski (1993) tomó una muestra de individuos entre los 0 y 5 años londinenses para diagnosticar el sexo en la región facial, que estableció mediante la articulación del cráneo y la mandíbula; concluyó que hay formas típicas en cada grupo de edad y obtuvo resultados positivos en la clasificación en un rango desde el 70% hasta el 90% de los casos estudiados, indicando que se aprecian características sexuales morfológicas diferenciales (Villadóniga, 2005).

Para tratar el tema de las aproximaciones al dimorfismo sexual mandibular en individuos subadultos, obligatoriamente debe recurrirse al trabajo realizado por Loth y Henneberg publicado en 2001. En este trabajo se examinaron 62 mandíbulas de jóvenes blancos y

negros menores de 19 años, todos con edad y sexo debidamente documentados en la colección Dart de Sudáfrica; este estudio concluyó que el sexado es más preciso al momento de evaluar machos y que sí es posible conocer el sexo de mandíbulas pequeñas con una precisión variante entre el 81 y el 82% teniendo en cuenta la gran cantidad de dificultades que son típicas de piezas óseas que están apenas en proceso de maduración y desarrollo.

Loth y Henneberg (2001) plantearon un test para evaluar mandíbulas basándose en la morfología de la base de la sínfisis y el cuerpo de la mandíbula. Este estudio fue complementado por Coqueugniot, Giacobini y Malerba (2002), que utilizaron los parámetros y características propuestas por Loth y Henneberg (2001) en una muestra con individuos de edad y sexo conocidos, pero sus resultados no fueron tan significativos como los obtenidos por los autores. Por un problema similar, Majó (1996) determinó que el mayor problema en los métodos al momento de identificar el sexo, es que no se tiene una definición precisa de las medidas que pueden darse por la selección subjetiva de las características morfológicas que no siempre son las más adecuadas.

Según un estudio publicado en 1978 por Baughan y Demirjian, el dimorfismo sexual en el cráneo y la mandíbula aparece en el transcurso de la pubertad, pues en esa etapa se ha producido aproximadamente el 95% del desarrollo y el crecimiento del cráneo; esas diferencias aumentan linealmente hasta los 25 años de edad.

Suazo et al. (2008d) describió que la estructura ósea es la consecuencia de las funciones fisiológicas, que los huesos obtienen su forma de acuerdo con necesidades biomecánicas específicas, la estructura muscular determina la estructura ósea. Bulygina et al. (2006) profundizaron lo concluido por los autores anteriores y agregó que el dimorfismo sexual se manifiesta a una edad mucho más temprana de lo que puede observarse antes del efecto de la actividad muscular sobre el sistema óseo; encontraron en su estudio poca correlación entre la morfología de los neonatos y los adultos. Sin embargo, el análisis realizado en los mismos sujetos a su tercer año de vida, demostró una alta correlación con la forma final (adulto). Concluyeron que las diferencias individuales en la forma del rostro se establecen durante los primeros años de vida (Suazo y Zavando 2012).

Los indicadores morfológicos más utilizados para conocer el dimorfismo sexual facial fueron evaluados por Rogers (2005) describiendo lo que corroboraron Suazo et al. (2009c) quienes propusieron que los indicadores de dimorfismo sexual más confiables fueron aquellos formados a partir de las fuerzas musculares que les dan forma; así, la edad de los sujetos al momento de la toma de datos puede ser un factor de gran importancia para determinar el rendimiento de los indicadores (Suazo y Zavando 2012).

Suazo et al. (2009) realizaron varios estudios sobre el dimorfismo sexual mandibular en la vida intrauterina y sobre cómo se manifiesta el sexo en las piezas dentales, además de

otras regiones del sistema óseo; allí se referencia que Cardoso (2008) indicó que en adultos y subadultos los caninos son las piezas más confiables para la aproximación al dimorfismo sexual y que los dientes en general mantienen un carácter dimórfico sostenido en el tiempo (Rösing, 1983). Suazo et al. (2009) también hicieron énfasis en los resultados de Merrot et al. (2001), que trabajaron con 500 radiografías de las pelvis de fetos nacidos muertos en las que se observaron las características del isquion; el estudio de Holcomb y Konigsberg (1995) que determinan la muesca isquiática como indicador directo para la estimación del sexo en fetos; y los estudios de Schutkowski (1993) que profundizó en las características del isquion para la aproximación al sexo fetal. Suazo et al. (2009) concluyeron que estos indicadores, junto al de la prominencia de la barbilla y la anchura del arco dental permiten clasificar correctamente entre el 70% y el 90% de los individuos entre cero y cinco años de edad.

CÓMO SE HA INVESTIGADO EL DIMORFISMO SEXUAL

El dimorfismo sexual es la existencia de dos formas diferentes en las características físicas entre machos y hembras adultos de la misma especie, lo que resulta en variaciones marcadas tanto en el tamaño y las proporciones corporales como en la forma (Breis, 1982, p.75; Jurmain et al., 2014, p.120; Orban y Polet, 2005, p.134); éste fenómeno se manifiesta en varias etapas consecuentes a partir de la fecundación, debido a que en ese momento comienza una serie de procesos genéticos que determinan el sexo del individuo que empieza a desarrollarse, por ende, el sexo puede conocerse desde tempranas edades

intrauterinas empleando estudios citoquímicos o genéticos, pero éstos son de muy alta complejidad; por lo que resulta más factible esperar que las características sexuales primarias de los genitales comiencen a desarrollarse en el útero (Bogin, 1999).

Las características sexuales secundarias son más condicionadas por el medio ambiente (Fruyer y Wolpoff, 1985), un ejemplo bastante claro es la reducción del dimorfismo sexual en hombres debido a déficits nutricionales que retrasan el desarrollo normal de los diferentes sistemas del organismo.

Para complementar lo anterior, los factores intrínsecos que condicionan el índice del dimorfismo sexual (IDS) son elementos que surgen desde dentro del cuerpo sistemáticamente, por ejemplo, aquellas manifestaciones que se ven controladas por hormonas gonadales como la pituitaria; es muy difícil estimar con precisión el sexo de un esqueleto joven debido a que las características que más manifiestan el sexo no se desarrollan hasta el estirón puberal.

Durante el periodo del estirón (aumento considerable en la velocidad del crecimiento) se manifiestan las características dimórficas secundarias en el esqueleto debido a la gran producción de hormonas sexuales que influyen en el crecimiento y otros procesos, aunque cabe aclarar que ciertas regiones del sistema óseo parecen estar más controlados

genéticamente y son altamente dimórficas; en estas se incluyen el tamaño de la dentición definitiva y la pelvis.

Los rasgos que se encuentran bajo una mayor influencia genética suelen aparecer antes de los rasgos más afectados por el medio ambiente, el dimorfismo sexual es claramente observado en la pelvis fetal, pero se vuelve casi indistinguible durante la infancia, para luego volver a manifestarse durante la adolescencia; y para terminar, la forma de la entrada de la pelvis hembra tiene ciertas características para facilitar el parto; lo que deja abierta una discusión sobre si estas características están controladas por la información genética o por los procesos fisiológico y hormonal de contener la cría y luego darle paso durante el nacimiento (DiGangi y Moore, 2013).

Los factores extrínsecos que influyen el dimorfismo sexual son elementos condicionantes exteriores a los procesos del cuerpo, estos pueden ser el estrés biomecánico, que se combina con el factor del peso corporal. La nutrición es un factor extrínseco que modifica la velocidad de la maduración en la especie humana y otros primates. Los factores extrínsecos en la maduración ósea pueden darse por la influencia biomecánica de diferentes fuerzas como la locomoción y la gravedad, la plasticidad de los huesos a través del proceso de crecimiento y desarrollo, que permite al sistema estar diseñado para diferentes tamaños, pesos, actividades y comportamientos a través del tiempo hasta la que se complete la maduración (DiGangi y Moore, 2013).

DIMORFISMO SEXUAL MEDIANTE MORFOLOGÍA

La morfología observa las formas corporales y sus características para luego estimar patrones de relación entre tales caracteres y variables tanto endógenas como exógenas. Es una herramienta bastante importante en el estudio de la osteobiografía y sus características, brinda resultados relativamente confiables.

Pelvis

El dimorfismo sexual es más fácil de observar en la pelvis, por lo que numerosos autores han centrado sus investigaciones en esta región ósea, se destacan los estudios de Brothwell, 1963; Stewart, 1979; Krogman e Iscan, 1986; Bass, 1987; Rogers, 1987; Buikstra y Ubelaker, 1994 y White et al. 2000. En resumen, lo que los autores demuestran es que la pelvis femenina comienza a cambiar de forma durante la pubertad para dar cabida y luego paso al nacimiento de la cría que posee un cráneo relativamente grande. Este proceso de nacimiento demanda también la ampliación del pubis y la elevación de la superficie auricular, el ángulo de la escotadura ciática y el ángulo subpúbico se convierten en obtusos. Estos rasgos no son difíciles de ser determinados mediante inspección visual, aunque es necesaria la experiencia y el previo conocimiento de las características a observar (DiGangi y Moore, 2013).

La pelvis femenina se desarrolla en la pubertad para tener una entrada más amplia, lo que da una apariencia más baja; mientras que la pelvis masculina se desarrolla de la misma

manera que el patrón de pelvis preadolescente, quedando así una pelvis más alta y estrecha. Buikstra y Ubelaker (1994) plantean que estas observaciones pueden dar resultados satisfactorios si las piezas óseas tuvieron como mínimo entre 12 y 13 años de desarrollo hasta el momento del fallecimiento; los mismos autores recomiendan tres métodos para la evaluación del sexo en la pelvis: el método de Phenice (1969) que se basa en la forma del ángulo subpúbico, la morfología de la escotadura ciática mayor y la presencia del surco preauricular. Bruzek (2002) combinó estos métodos en su estudio, produciendo altas tasas de precisión en el sexado mediante la pelvis.

Cráneo

En términos generales el cráneo ha sido la región más estudiada del esqueleto humano y de las demás especies del linaje, la evaluación visual del sexo es relativamente simple y no requiere de ningún equipo osteométrico; en general el cráneo masculino es más robusto, especialmente en sitios de inserción muscular, la eminencia mentoniana masculina es más prominente y cuadrada mientras que la femenina es más redondeada y grácil (Isaza, 2015). Aunque el cráneo femenino es más grácil y el masculino tiende a ser robusto, el análisis debe limitarse a edades adultas alrededor de los 20 como mínimo, hasta los 55 años puesto que la masculinización del cráneo se produce a medida que avanza el estirón puberal y antes de eso puede que no se hayan desarrollado las características sexuales secundarias visibles (Buikstra y Ubelaker, 1994). A partir de los 55 años comienza un proceso constante de desmineralización y resorción ósea que

conlleva la reducción de los rasgos que más indican el sexo en los restos de un individuo (DiGangi y Moore, 2013).

Es importante que el investigador esté muy familiarizado con el patrón de variabilidad dentro de una población, porque los patrones de variación observables en el cráneo son propios de un solo grupo humano (Buikstra y Ubelaker, 1994). Por ejemplo, una población puede tener machos con arcos superciliares muy robustos y marcados, mientras que otra población puede tener hombres con sus arcos relativamente gráciles y menos dimorfismo sexual entre machos y hembras como resultado de la variación humana. Por tal Buikstra y Ubelaker (1994) recomiendan una calificación ordinal con puntuaciones entre 0 y 5 para rasgos morfológicos; siendo 0 para indeterminados, 1 para más pequeño o ausente, y aumenta la escala progresivamente hasta 5, para más grande y marcado.

DIMORFISMO SEXUAL MEDIANTE MORFOMETRÍA

La morfometría implica el uso de herramientas y análisis cuantitativos de los rasgos que expresan los huesos, en este caso las características del dimorfismo sexual que puedan ser medibles. La morfometría se ha convertido en una norma en los campos de la antropología forense y la bioarqueología; puesto que implica menos subjetividad y reduce al mínimo el error inter e intra-observador (Spradley y Jantz, 2011). A medida que transcurre el tiempo, los métodos de investigación cuantitativa aplicados a la osteología

han ido aumentando su objetividad, la normalización de sus procesos y la estandarización de sus enfoques, lo que aumenta su fiabilidad, que está determinada por tasas de error que cuantifican observaciones y muestran estadísticamente los niveles de confianza, el proceso para conocer estos niveles de confianza debe ser probado empíricamente, falseable y sujeto a revisión por pares (DiGangi y Moore, 2013).

Análisis de funciones discriminantes (AFD)

El análisis de función discriminante (AFD) es un procedimiento estadístico que clasifica a los individuos desconocidos y la probabilidad de su clasificación en un grupo determinado (como el sexo o la ascendencia) teniendo el supuesto de que la muestra se distribuye normalmente, la probabilidad típica se emplea para calcular las probabilidades de clasificación de un caso o muestra desconocida basado en la variabilidad del grupo. El proceso de la función discriminante ha sido incluido en la mayoría de los programas estadísticos para facilitar su aplicación (DiGangi y Moore, 2013).

Aunque se han diseñado funciones discriminantes en todas las regiones del cuerpo para la estimación del sexo, no todas las mediciones del sistema óseo son igualmente eficaces para la estimación del dimorfismo sexual puesto que la habilidad del investigador desempeña un papel muy importante, además de la práctica y el conocimiento de la variabilidad en la población; que son elementos cruciales. En este sentido, se sabe de cierto nivel de subjetividad en el empleo de los métodos métricos; lo que requiere de un

entrenamiento y experiencia tanto con la muestra estudiada como con los métodos estadísticos, con el fin de estandarizar al investigador y reducir la probabilidad de error al mínimo (Krogman e Iscan, 1986).

ESTIMACIÓN DEL SEXO EN OTRAS REGIONES DEL ESQUELETO A TRAVÉS DE MÉTODOS MORFOMÉTRICOS

Costillas y vértebras

Las costillas generalmente aportan más información para la edad que para el sexo. Iscan y Loth (1986) demostraron que las carillas esternales de las costillas exhiben cierto dimorfismo sexual, los autores emplearon el AFD para comparar las medidas máximas superoinferior y anteroposterior de la carilla esternal de la cuarta costilla en individuos entre 14 y 70 años, la precisión fue del 83% aproximadamente, aunque la aplicación demostró ser más precisa en mujeres que en hombres, además que el método no funcionó en individuos muy jóvenes y muy viejos (Iscan y Loth 1986).

Las vértebras presentan un constante dimorfismo sexual incluso antes del periodo de la pubertad, el desarrollo de este marcado indicador del sexo desde tan temprana edad es desconocido, pero podría ser resultado de los niveles en ciertas hormonas y la variabilidad en masa corporal de las poblaciones (Gilzans et al. 1997). Las vértebras masculinas son más grandes, especialmente las lumbares, el atlas es más amplio en

hombres que en mujeres y las carillas articulares del foramen magnum sobre el atlas proporcionan una precisión en la estimación del sexo entre el 75% y 85% (Marino, 1995).

Cintura escapular

El brazo y la cintura escapular conforma una de las zonas más dimórficas del sistema óseo. Un estudio realizado por Frutos (2005), alcanzó un nivel de precisión del 96% estimando el sexo mediante la longitud de la cabeza del húmero en población guatemalteca, esto puede ser debido a las diferencias en la actividad física y otras diferencias funcionales que condicionan la masa muscular, y por ende, la masa ósea. Spradley y Jantz (2011) estudiaron de manera univariante el proceso de estimación del sexo en el miembro superior y llegaron a la conclusión de que la altura escapular, con un 87% de dimorfismo sexual estadísticamente comprobado, es el indicador más confiable para conocer el sexo, seguido de la cabeza del húmero y la anchura máxima escapular, ambas medidas con un 86% de confiabilidad. Los autores concluyeron además que, mediante el análisis discriminante multivariado de estas mismas medidas, se lograron tasas de hasta el 94% de confiabilidad.

Radio y huesos de la mano

En un estudio desarrollado por Berrizbeitia (1989) estimando el sexo en la cabeza del radio mediante AFD en población estadounidense, europea y africana, produjo un

resultado del 92% de precisión usando los diámetros máximo y mínimo de la cabeza radial izquierda, 94% con la derecha y 96% de precisión si se emplean ambos huesos. Barrio *et al.*, (2006) encontraron mediante un AFD univariante utilizando los metacarpianos, una precisión oscilante entre el 81% y el 91% en la mano izquierda, donde el segundo metacarpiano es el hueso más confiable; encontraron además que la mano derecha es generalmente mayor que la izquierda, llegando a la conclusión de que las dimensiones observadas en la mano son resultado de la tensión funcional y de la actividad física, con manifestaciones altamente específicas en cada población.

Fémur

Teniendo en cuenta que el fémur es uno de los huesos que más sufre cambios debido a la actividad física y al estrés biomecánico, y por ende uno de los huesos que más información guarda respecto al perfil biológico; el método de Purkait se desarrolló en una población de la India, puede ser más sensible a encontrar alto dimorfismo sexual debido que tiene en cuenta la variable del peso corporal. Además puede ser utilizado en restos fragmentados. El método consiste en la identificación de un triángulo en el fémur proximal posterior que incluye el ápice del trocánter menor y el mayor además del punto más lateral de la cabeza femoral posterior, el resultado del análisis discriminante puede tener una precisión entre el 81% y el 87% (Purkait, 2005).

Asala et al. (2004), desarrollaron un AFD en 220 fémures de población negroide sudafricana, utilizando sólo los segmentos proximal y distal para calcular la precisión en la estimación del sexo en fragmentos, los AFD multivariados se desempeñaron mejor que los univariantes, mostrando 85,1% de eficacia en el extremo proximal y 82,7% en el extremo distal. Los resultados se interpretaron como potencialmente funcionales debido a la carga de peso corporal que soporta el fémur.

Rótula

Kemkes-Grottenthaler (2005) observó diferencias del sexo en la rótula en la relación de altura y anchura, otros estudios como el de Introna y colaboradores (1998) produjeron el 84% de precisión utilizando análisis discriminante multivariado. Bidmos et al. (2005) tuvieron un éxito similar en una muestra sudafricana, alcanzaron una precisión del 85% en la altura y un 79% en la anchura de la rótula. Mahfouz et al. (2007a) comparó la forma tridimensional de los modelos informáticos usando un escáner tridimensional en individuos vivos; este método alcanzó tasas de precisión estadística de hasta el 93%.

Astrágalo y calcáneo

Gualdi-Russo (2007) utilizó un AFD para estimar el sexo mediante el astrágalo y el calcáneo en una población del norte de Italia, el autor utilizó una muestra de apenas 16 individuos con una precisión oscilante entre el 87,9% y el 95,7%, la aplicación de este

proceso en una población del sur de Italia mostró una precisión de apenas el 56,3%, haciendo hincapié en la necesidad de datos específicos de una población.

Bidmos y Dayal (2004) emplearon el astrágalo y el calcáneo de poblaciones sudafricanas para estimar el sexo y lograron una precisión del 85% en el calcáneo y del 89,2% en el astrágalo; cuando probaron el método en una muestra de negros la precisión fue relativamente alta (70% - 90%) y el mismo proceso en una muestra de población blanca la precisión fue mucho más baja (40% - 80%). Los autores argumentaron que esta es una prueba más de la especificidad de la población en las dimensiones del esqueleto que manifiestan el dimorfismo sexual (DiGangi y Moore, 2013).

CAPÍTULO DOS: ASPECTOS METODOLÓGICOS

CÓMO HAN ABORDADO ALGUNOS AUTORES EL ANÁLISIS DE LOS DATOS

Rosique et al. (2005), en su trabajo para determinar el sexo en cráneo y mandíbula comparó la información mediante tres métodos de cuantificación del índice de dimorfismo sexual (IDS), estos métodos fueron la prueba de la t de Student, la prueba de Kolmogorov-Smirnov y el cálculo del MDI (mean distance index o índice de distancias de la media por su traducción al español).

El autor explica en su artículo que la prueba t de Student es usada como una herramienta para inferir la significancia de la diferencia de dos medias procedentes de grupos diferentes, como varones y hembras (Marini et al., 1999); mientras que el test de Kolmogorov-Smirnov es una forma de comparar dos distribuciones independientes de características no paramétricas y que es aplicable a muestras relativamente pequeñas, según Marini et al. (1999) esta prueba muestra una correcta forma de tener en cuenta la variabilidad intersexual. El MDI es un índice estandarizado diseñado para estudiar la diferencia relativa entre los valores medios y se calcula como la diferencia porcentual de las medias de varones y mujeres respecto a la media de varones (Hall, 1982); sin embargo, Marini et al. (1999) menciona que no es la manera más adecuada de evaluar el dimorfismo sexual, puesto que no es sensible a varianza intrasexual debido a que no contiene parámetros de dispersión en su formulación.

Rosique et al. (2005), en el mismo trabajo aplicó un análisis de función discriminante por pasos, reconstruyendo los valores perdidos de su base de datos, mediante la herramienta de sustitución del software SPSS 10.0; el autor expresa que este método es muy utilizado en arqueología de restos óseos, pero sus resultados son discutidos puesto que introducen un ideal de cómo sería la muestra original, y esto puede alterar el resultado final.

Spradley y Jantz (2011) en su trabajo para comparar la estimación del sexo en esqueleto craneal y poscraneal, emplearon el software SAS 9.1.3 allí hicieron una prueba de análisis de varianza (Anova) para probar los efectos del sexo y la ascendencia de individuos negros y blancos norteamericanos, empleando ambas regiones esqueléticas (craneal y poscraneal). Según los autores la Anova indicó si las funciones de clasificación debían generarse por separado para los individuos negros y blancos; posteriormente con el fin de encontrar el mejor subconjunto de variables predictoras, se hizo un análisis de función discriminante por pasos en el cráneo, la mandíbula y cada elemento poscraneal.

En este procedimiento se seleccionaron las variables craneales empleando un escalonamiento con alfa de 0,05 para escoger las mejores mediciones en la discriminación del sexo, para las mediciones poscraneales se calcularon las medias, las desviaciones estándar y los puntos de corte que se obtuvieron tomando las medias masculinas y femeninas y dividiéndolas por dos; las tasas de clasificación se obtuvieron

con el punto de corte para estimar el sexo dentro de toda la muestra de individuos blancos y negros, y luego dividiendo por el número total de individuos por sexo, posteriormente promediando las dos tasas de clasificación por sexo para generar la clasificación general. Así, los valores por encima del punto de corte se consideraron masculinos, los inferiores femeninos y los valores iguales al punto de corte se consideraron indeterminados.

Dong et al. (2015), en su trabajo para estimar el dimorfismo sexual en la mandíbula de una población contemporánea en China, usó el software SPSS 16.0; donde se introdujeron los datos como desviaciones estándar, y se realizaron las comparaciones entre sexos para todas las mediciones empleando la prueba t para muestras independientes; calcularon el efecto de Cohen que, según los autores, es usado para indicar la diferencia y se define como pequeño (0,2), medio (0,5) o grande (0,8), los parámetros empleados fueron significativamente diferentes entre ambos sexos (valor $p < 0,05$).

Posteriormente se ingresaron los datos en un análisis de función discriminante y en un análisis de regresión logística que se construyeron, primero, seleccionando individualmente cada variable, luego combinando todas las medidas dimórficas seleccionadas simultáneamente (análisis multivariante directo) y posteriormente la incorporación de las variables que mejor discriminaron el sexo (análisis multivariante

paso a paso). Al final los autores estimaron la predictividad empleando el método de validación cruzada para estimar la exactitud de clasificación del modelo final.

En el trabajo de del Río Muñoz et al. (2001) para estimar el sexo en la mandíbula mediante funciones discriminantes, se empleó el software SAS; donde se hizo la prueba t de Student para comparar las medias numéricas de diez variables, posteriormente se realizó un análisis discriminante simple para la obtención de las variables que van a formar parte de la función de clasificación mediante el procedimiento STEPDISC que ofrece el software; luego mediante regresiones se obtuvieron las mejores variables que se introdujeron en la función de clasificación y se calculó la predicción de los resultados con el método de clasificación de Jackknife, empleando el procedimiento DISCRIM. El autor expresa que por razones de confianza estadística, no se han empleado variables representadas por menos de treinta individuos; pues durante la toma de las medidas, hubo variables como la altura mentoniana, que no se tuvieron en cuenta debido a la pérdida de alvéolos dentales producto de la resorción ósea.

Zavando et al. (2009) realizaron un trabajo para estimar el dimorfismo sexual mediante una serie de medidas lineales de la región craneofacial, en este trabajo se emplearon 149 cráneos masculinos entre los 12 y los 88 años, y 77 cráneos femeninos con edades oscilantes entre los 15 y 68 años. Con las medidas que emplearon los autores, se calcularon los estadísticos descriptivos usando el software SPSS 15.0, luego se

contrastaron las medias mediante la prueba T para muestras independientes cuyo valor p fue $<0,05$; a partir de allí se hizo un análisis de función discriminante por pasos para suprimir las medidas lineales que poco aportan a la explicación del sexo, corrigiendo el cálculo en las diferencias generales en el tamaño del cráneo, tanto de varones como de mujeres. Para terminar, con las combinaciones de dimensiones lineales que mejor explican la diferencia entre ambos grupos, se realizó el análisis de componentes principales, en forma de una función discriminante simple.

Saini et al. (2011), desarrollaron un trabajo similar en población del norte de la India, estudio en el que se emplearon 82 cráneos masculinos con edades entre los 25 y los 65 años, y 30 cráneos femeninos con edades oscilantes entre los 23 y los 50 años. Los autores analizaron los datos con el software SPSS 16.0, allí se calcularon los estadísticos descriptivos, incluyendo las desviaciones estándar para cada una de las mediciones. Posteriormente realizaron AFD directa univariante y multivariante para desarrollar las fórmulas para cada parámetro a evaluar y así poder emplear el procedimiento en restos fragmentados. Finalmente, los investigadores aplicaron las funciones discriminantes dejando en cada ocasión un parámetro de evaluación por fuera para demostrar la exactitud (85,5%) de la muestra original y la creada mediante el proceso de validación cruzada.

CÓMO HAN ABORDADO ALGUNOS AUTORES EL TRATAMIENTO DEL ERROR

El análisis métrico en la osteología necesita mucho más que simples medidas, es importante proporcionar definiciones precisas de cada medición; además el grado en que las mediciones pueden ser reproducidas en el análisis métrico (White et al. 2000).

El error de medición debe disminuirse a la mínima expresión posible para demostrar la calidad de los datos, de los modelos y métodos a aplicar, y para demostrar la reproducibilidad de las mediciones entre los observadores y dentro de ellos mismos. La antropología biológica ha tratado siempre de hacer lo más certera posible la producción científica de su ámbito, por esta razón los autores han incluido en sus investigaciones, la forma en que se pueda reducir el error de los estudios al mínimo posible.

En el trabajo realizado por Daniel Franklin y colaboradores (2007) para estimar el dimorfismo sexual en mandíbulas subadultos, empleando herramientas de morfometría geométrica computarizada, el error de medición se evaluó mediante la digitalización de las variables de seis individuos diferentes en seis ocasiones distintas. Empleando el método de O'Higgins y Jones (1998), los conjuntos de repetición de coordenadas mandibulares se sometieron a análisis generalizado de Procrustes y posteriormente a análisis de componentes principales junto con la muestra total empleada en el estudio (36 mediciones en total); los seis grupos de variables empleadas en la medición del error se

agruparon en gráficos computarizados en escalas de 1 a 8 dependiendo de la variación entre individuos. Según los autores se mostró que el error de medición era excesivamente pequeño en todos los gráficos.

Franklin et al. (2006), en un estudio anterior, donde se empleó la morfometría geométrica computarizada para estimar el dimorfismo sexual en la región craneofacial de una población indígena sudafricana, el error intraobservador se calculó digitalizando seis cráneos de la colección de docencia de la Escuela de Anatomía y Biología Humana de la Universidad de Australia Occidental, estos se digitalizaron seis veces cada uno en espacios de un día como mínimo para evitar sesgos potenciales. Posteriormente se evaluaron las variaciones debidas a errores de precisión con la variabilidad de la muestra en conjunto; cada conjunto de repetición de datos se sometió a análisis generalizado de Procrustes y análisis de componentes principales junto con la muestra total sudafricana. Los seis ejemplares agrupados fueron valorados de 1 a 5, y posteriormente el autor indicó que los errores eran tan pequeños respecto a la variabilidad de la muestra, que es muy poco probable que hayan influido negativamente en los resultados del estudio.

En el trabajo para estimar el sexo mediante funciones discriminantes empleando las características craneales realizado por Walker (2008), para la evaluación del error intraobservador se seleccionaron diez cráneos que fueron evaluados morfológicamente por el autor cinco veces durante un periodo de un mes, esta evaluación se comparó con la

evaluación realizada por seis antropólogos profesionales con varios años de experiencia y por catorce estudiantes con poco o ningún entrenamiento osteológico previo.

Posteriormente, la puntuación más frecuente con la que fue calificado cada rasgo se utilizó para evaluar el error interobservador; esa puntuación se restó de las valoraciones de cada voluntario a las muestras que observaron para determinar la desviación media del valor modal.

Las desviaciones de los puntajes por cada observador mostraron que para cada uno de los rasgos más del 50% de los observadores coincidió y asignó de manera independiente el puntaje modal a cada rasgo; los valores medios de estas desviaciones mostraron que hay un sesgo negativo para todos los rasgos excepto para el de la glabella. El autor concluye que hay un alto nivel de certeza en las puntuaciones de carácter interobservador y que incluso los estudiantes sin experiencia pudieron asignar calificaciones que coincidieron con las de los antropólogos experimentados, esta certeza alcanza un 96%. Mientras que en las pruebas de evaluación del error intraobservador, el 99,5% cayeron dentro del rango correcto.

Rosique et al. (2004), elaboraron un estudio cuantitativo sobre el dimorfismo sexual en restos óseos de la población medellinense, en dicho trabajo se evitó el error interobservador, distribuyendo la toma de medidas entre dos personas previamente entrenadas, las cuales medían las mismas piezas óseas; mientras que para el control del

error intraobservador se tomó cada medida en tres ocasiones y se promediaron, tomando el valor resultado como la medida válida, descartaron además los valores que superaban un límite de tolerancia establecido en dos milímetros. Toda la información tomada se registró en unas fichas previamente diseñadas, donde se apuntó el código de exhumación, el sexo, edad y otras categorías, además de su estado de conservación y otras observaciones.

Dong et al. (2015) estimaron el dimorfismo sexual mandibular en una población contemporánea de China y su método para calcular el error de medición fue seleccionar cinco mandíbulas al azar y medir todas sus variables cinco veces en cinco días diferentes. Con esta información, los autores calcularon el error técnico relativo de medición (RTEM), valor que estima la magnitud del error en relación con el tamaño de la medición y que fue menor al 5%. Posteriormente, calcularon el coeficiente de variación (R), que expresa la proporción de la varianza entre sujetos libre de errores de medida, estos tuvieron un resultado superior a 0,9.

PROCEDIMIENTO SEGUIDO

Los datos tomados se registraron en fichas previamente diseñadas y se digitalizaron en el Software SPSS v.24 con licencia para la Universidad de Antioquia según lo estipulado por la Ley; en esta base de datos se incluyeron el sexo, la edad de muerte, y las medidas mandibulares que se adquiridas, además del código de referencia de cada individuo, estos

códigos consisten de una sigla que abrevia el lugar de procedencia, y de un número seriado. La sigla CU para los individuos procedentes del Cementerio Universal, CSP para los individuos procedentes del Museo Cementerio San Pedro. Además, se registraron la fecha, tanto en las fichas como en la planilla que registra el uso de la colección osteológica.

Se abarcaron todos los individuos posibles de la colección y se excluyeron aquellos que presentaron daños por patologías o de origen tafonómico que pudieron alterar las medidas, restos de neonatos e infantes tempranos, restos de individuos de edad avanzada que presentaron resorción ósea considerable, además de individuos que presentaron inconsistencias en su documentación.

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Una vez finalizada la adquisición y registro de la información en la base de datos, se calcularon los estadísticos descriptivos, estos parámetros permitieron obtener una primera impresión relativamente exacta de los aspectos que presentan los datos (Salkind, 1997).

Los estadísticos descriptivos consisten en una serie de medidas que permiten saber la disposición de los datos para agruparse alrededor de un centro o de algún valor numérico.

Existen medidas como la mediana, la moda, la división por percentiles, el rango intercuartil y el rango de dispersión que no son necesarios para la descripción de las

variables por las características numéricas de la muestra; por eso a continuación se muestran las que son de interés.

La media

Es la medida apropiada para observar la tendencia central de los datos, sin embargo, como se emplean todos los valores para su cálculo, el valor de la media puede resultar alterado de manera desproporcionada por la existencia de valores extremos (Canavos, 1990).

Se calcula con la siguiente fórmula: $M = \sum x/n$. Donde:

M = media (más comúnmente representada por \bar{x}).

$\sum x$ = la sumatoria de todos los valores de la variable.

n = el número de individuos de la muestra.

Desviación estándar

Es la medida más usada para observar la variabilidad de la muestra, es la cantidad promedio en que cada uno de los valores varía respecto a la media de todo el conjunto; y se entiende como la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los valores de desviación. Cuanto mayor es el resultado de la desviación, más variable es el conjunto de los puntajes (Salkind, 1997).

Se calcula con la siguiente fórmula: $S = \sqrt{\sum (x_i - M)^2 / n}$. En donde:

S= desviación estándar (más comúnmente representada por σ).

\sum = la suma de cada valor menos la media.

x_i = valor de la variable.

M= media.

n= cantidad de valores de la variable.

Error estándar de la media

Calcula las desviación de la media muestral alrededor de la media poblacional y se estima dividiendo la desviación estándar de la población entre la raíz cuadrada del tamaño de la muestra (Salkind, 1997).

Se calcula con la siguiente fórmula: $EE\bar{x} = S/\sqrt{n}$. En donde:

$EE\bar{x}$ = error estándar de la media.

S= desviación estándar (más comúnmente representada por σ).

n= el número de individuos de la muestra.

PRUEBA DE NORMALIDAD

Test de Kolmogorov-Smirnov

Es una prueba no paramétrica empleada para la comparación de dos dispersiones independientes (Rosique et al. 2005), esta prueba da unos resultados confiables en el estudio del dimorfismo sexual, ya que toma en cuenta la variabilidad intrasexual e intersexual según Marini et al. (1999), tiene la característica de que puede ser utilizada en muestras de distribución tanto normal como no normal.

ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN

Prueba t de Student o t-test

Es un test de carácter paramétrico que se emplea como una prueba inferencial de la significancia de la diferencia entre dos medias procedentes de grupos distintos, por ejemplo, hembras y machos; lo que la hace una prueba bastante utilizada en antropología biológica (Krenz-Niedbala, 2001). Es considerada como una medida adecuada para establecer diferencias entre sexos (Marini et al. 1999).

Prueba U de Mann-Whitney

Es una prueba de carácter no paramétrico para la comparación de dos muestras independientes cuando sus distribuciones no son específicas, y sirve además para comparar medianas; otra característica de esta prueba es que determina que la diferencia

de ambos grupos no se deba al azar o que sea estadísticamente significativa (Juárez et al. 2002). Se conoce como la versión no paramétrica de la prueba t de Student.

ANÁLISIS DE FUNCIONES DISCRIMINANTES (AFD)

Es una técnica estadística de carácter multivariante, cuyo objetivo es analizar si existen diferencias significativas entre grupos respecto un conjunto de variables, para que en el caso de que existan, explicar cómo se dan y finalmente, proporcionar procedimientos para la sistematización de observaciones cuyo origen es desconocido y clasificarlas en alguno de los grupos analizados (DiGangi y Moore, 2013).

En este caso, el AFD se aplicó para obtener una combinación lineal de dimensiones mandibulares con el fin de encontrar el máximo poder discriminante. Si en la aplicación de la ecuación final, el valor obtenido es superior al punto de corte, este valor se clasifica como varón; mientras que se clasifica femenino si el resultado es inferior al punto de corte. El punto de corte se obtiene como la media del valor de las funciones para cada sexo.

Los resultados de los AFD se interpretan como el significado de las dimensiones de discriminación entre los grupos, procedentes por las funciones a través del análisis de la estructura de la matriz y de los coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes. También analiza el sentido de la discriminación entre ambos grupos

(machos y hembras) averiguando cómo se separan ambos grupos respecto a cada función; esto se logra mediante gráficos del espacio de discriminación, así como de grupos de variables correspondientes a cada grupo.

CAPÍTULO TRES: TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

ADQUISICIÓN DE LOS DATOS

Las jornadas en las que se tomaron los datos se programaron para días aleatorios de la semana, teniendo en cuenta la disponibilidad horaria del laboratorio, las jornadas duraron alrededor de cuatro horas y en cada jornada se tomaron las medidas de entre veinte y treinta individuos. Al final de cada jornada se registró el sexo y la edad de cada individuo con el acompañamiento de la persona encargada del laboratorio en el momento, esta información se encuentra en una base de datos digital que respalda el rigor científico de toda la colección osteológica.

Al momento de hacer uso de cada cuerpo, se firmó la planilla de registro de uso del individuo, que se encuentra en el interior de cada caja; al final de la jornada de toma de datos se firmó la planilla de registro de uso de la colección osteológica, donde se registran los equipos y los individuos requeridos para la investigación. Todo esto con el fin de seguir el protocolo del laboratorio y registrar el uso adecuado que se le dio a la colección.

Teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión. Se clasificaron las mandíbulas de toda la colección osteológica de acuerdo a su estado de desarrollo y los daños presentes y se midieron únicamente las que presentaron mejor estado de conservación al

momento de la toma de datos, para evitar el error intraobservador cada medida se tomó tres veces y se promediaron los resultados obtenidos; para evitar el error interobservador, todas las medidas se tomaron únicamente por una persona, el autor del trabajo. A cada mandíbula se le tomó su altura mentoniana, altura del cuerpo mandibular, anchura del cuerpo mandibular, anchura bigoníaca, anchura bicondílea, anchura mínima y máxima de la rama ascendente con un pie de rey manual (calibre deslizante) marca L&W Tools, además, la altura máxima de la rama, longitud de la mandíbula y el ángulo mandibular se tomaron con un mandibulómetro marca Paleo-Tech Concepts. Es importante aclarar que las medidas no bilaterales se tomaron únicamente en el lado izquierdo de la pieza ósea, como es sugerido en los estándares internacionales de osteometría.

Los datos, fueron registrados en fichas previamente diseñadas y numeradas, en cada una se anotó el código, el sexo, la edad y las diez medidas mandibulares, además de la fecha. Toda la información fue registrada posteriormente en la base de datos de SPSS. Al finalizar con la toma de datos, se corroboró que todos los valores correspondieran con los registrados en las fichas y en caso de alguna inconsistencia en un dato, éste se volvió a tomar; hecho que sólo ocurrió dos veces.

Número de ficha		Edad de muerte		
Código/Procedencia		Sexo	HO	MU
1. Altura mentoniana (GNI)	mm	6. Anchura mínima de la rama (WRL)		mm
2. Altura cuerpo mandibular (HML)	mm	7. Anchura máxima de la rama (MLR)		mm
3. Anchura cuerpo mandibular (TML)	mm	8. Altura máxima de la rama (XLR)		mm
4. Anchura bigoniaca (GOG)	mm	9. Longitud mandibular (MLT)		mm
5. Anchura bicondílea (CDL)	mm	10. Ángulo mandibular (MAN)		°

Gráfico 1: ficha en blanco para el registro de datos.

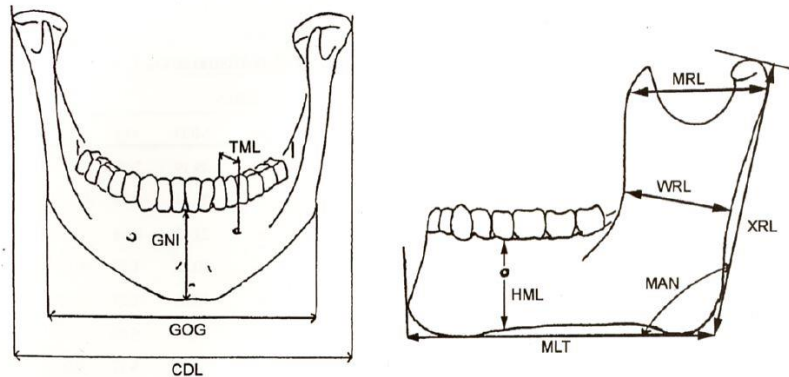


Gráfico 2: medidas mandibulares tomadas a la muestra. Imagen tomada de del Río Muñoz et al. (2001).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La muestra consistió de 217 individuos (n= 217) entre los 14 y los 102 años de edad (media de 51,3272 años); conformados por 161 hombres (74,2%) con una media de edad de 48,86 años y por 56 mujeres (25,8%) con una media de edad de 58,43 años. Ambos sexos se ven proporcionados en tabla y gráfico así:

Sexo					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Hombre	161	74,2	74,2	74,2
	Mujer	56	25,8	25,8	100,0
Total		217	100,0	100,0	

Tabla 1: distribución de la muestra según sexo.

		Edad de muerte
		Media
Sexo	Hombre	48,86
	Mujer	58,43

Tabla 2: media de edad por sexos.

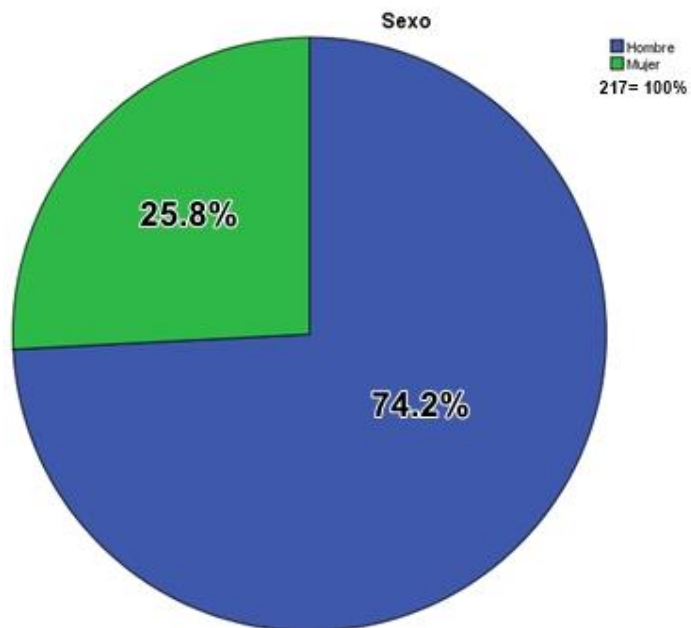


Gráfico 3: distribución por sectores de la muestra según el sexo.

Para conocer las principales características de cada una de las variables (medidas mandibulares), estas se expresaron mediante estadísticos descriptivos que sirven para saber la disposición de los datos en función de un plano o de un valor numérico. Estos estadísticos descriptivos son un valor que describió a grandes rasgos la muestra total en cada variable, y son las herramientas básicas para la construcción del modelo discriminante.

Por tal razón y sumado a lo explicado en el capítulo dos, se calculó la media, desviación estándar y el error estándar de la media como estadísticos de interés.

		Estadísticos						
		Altura mentoniana en mm	Altura del cuerpo mandibular en mm	Anchura del cuerpo mandibular en mm	Anchura bigoniaca en mm	Anchura bicondílea en mm	Anchura mínima de la rama en mm	Anchura máxima de la rama en mm
N	Válidos	217	217	217	217	217	217	217
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0
Media		30,2488	27,9032	10,0461	93,5530	115,6221	29,5392	40,0783
Error típ. de la media		,33698	,31050	,11808	,39436	,44503	,25600	,25407
Mediana		30,0000	28,0000	10,0000	94,0000	115,0000	30,0000	40,0000
Desv. típ.		4,96402	4,57396	1,73944	5,80933	6,55568	3,77119	3,74269
Mínimo		17,00	17,00	6,00	71,00	96,00	16,00	30,00
Máximo		45,00	38,00	15,00	107,00	132,00	39,00	52,00

Tabla 3: estadísticos descriptivos de las variables tomadas con pie de rey.

Estadísticos				
		Altura máxima de la rama en mm	Longitud de la mandíbula en mm	Ángulo mandibular en grados
N	Válidos	217	217	217
	Perdidos	0	0	0
Media		56,5115	75,4977	127,4009
Error típ. de la media		,44683	,30542	,51273
Mediana		56,0000	75,0000	127,0000
Desv. típ.		6,58218	4,49910	7,55294
Mínimo		35,00	61,00	105,00
Máximo		72,00	89,00	167,00

Tabla 4: estadísticos descriptivos de las variables tomadas con mandibulómetro.

Posterior a conocer las características generales de cada variable, se procedió a conocer la normalidad en la distribución de cada una mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, cabe aclarar que el software SPSS presenta la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de Lilliefors, que es la más robusta frente al error cuando la muestra consiste en más de 50 individuos y presenta una desproporción considerable en su variable dependiente. En este caso, la diferencia de individuos de un sexo y otro (161 hombres y 56 mujeres) hace que tal estadístico de correlación sea el apropiado.

El test clasifica la distribución de cada variable como normal (paramétrica) cuando su valor p , resultado o significancia es igual o superior a 0.05 (≥ 0.050), y como no normal (no paramétrica) cuando la significancia es menor a 0.05 (< 0.050). Así, los resultados de la normalidad para cada variable en función del sexo fueron los siguientes, aclarando que se interpretó la columna *Sig.* de la sección Kolmogorov-Smirnov:

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sexo	,464	217	,000	,545	217	,000
Edad de muerte	,094	217	,000	,963	217	,000
Altura mentoniana en mm	,070	217	,012	,992	217	,307
Altura del cuerpo mandibular en mm	,108	217	,000	,978	217	,002
Anchura del cuerpo mandibular en mm	,160	217	,000	,955	217	,000
Anchura bigoníaca en mm	,060	217	,060	,983	217	,009
Anchura bicondílea en mm	,072	217	,008	,992	217	,250
Anchura mínima de la rama en mm	,084	217	,001	,989	217	,092
Anchura máxima de la rama en mm	,069	217	,015	,990	217	,123
Altura máxima de la rama en mm	,064	217	,030	,993	217	,416
Longitud de la mandíbula en mm	,106	217	,000	,981	217	,006
Ángulo mandibular en grados	,068	217	,016	,967	217	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 5: pruebas de normalidad de todas las variables numéricas.

Como se observa, las variables presentaron la característica de ser no normales debido a su resultado ($p = < 0.050$), excepto la anchura bigoníaca ($p = 0.060$). Por tal razón se usó el estadístico de correlación de U de Mann-Whitney, que es un procedimiento no paramétrico para conocer numéricamente cómo una o varias variables independientes numéricas están relacionadas, o no, con una variable dependiente de carácter dicotómico. Los resultados fueron los siguientes (se interpretó la fila *Sig. asintót. (bilateral)*) y se dividen, de la misma forma que los estadísticos descriptivos, en variables tomadas con pie de rey y con mandibulómetro.

Estadísticos de contraste ^a								
	Edad de muerte	Altura mentoniana en mm	Altura del cuerpo mandibular en mm	Anchura del cuerpo mandibular en mm	Anchura bigoniaca en mm	Anchura bicondílea en mm	Anchura mínima de la rama en mm	Anchura máxima de la rama en mm
U de Mann-Whitney	3404,500	3056,500	2778,500	4152,000	2078,000	2611,500	3424,500	3178,500
W de Wilcoxon	16445,500	4652,500	4374,500	5748,000	3674,000	4207,500	5020,500	4774,500
Z	-2,727	-3,595	-4,286	-,894	-6,014	-4,694	-2,687	-3,298
Sig. asintót. (bilateral)	,006	,000	,000	,371	,000	,000	,007	,001

a. Variable de agrupación: Sexo

Tabla 6: resultados del estadístico de correlación U de Mann-Whitney en las variables tomadas con pie de rey.

Estadísticos de contraste ^a			
	Altura máxima de la rama en mm	Longitud de la mandíbula en mm	Ángulo mandibular en grados
U de Mann-Whitney	1831,000	3232,500	4094,000
W de Wilcoxon	3427,000	4828,500	17135,000
Z	-6,625	-3,161	-1,024
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,002	,306

a. Variable de agrupación: Sexo

Tabla 7: resultados del estadístico de correlación U de Mann-Whitney en las variables tomadas con mandibulómetro

Según el estadístico de correlación U de Mann-Whitney, todas las medidas mandibulares estuvieron relacionadas con el sexo (incluyendo la anchura bigoniaca), exceptuando la anchura del cuerpo mandibular ($p= 0.371$) y el ángulo mandibular ($p= 0.306$); lo que dice que se tuvo un alto resultado de clasificación en las funciones discriminantes sin tener en cuenta estas dos variables. Sin embargo para aumentar al máximo posible la clasificación de los grupos, se incluyeron en el análisis estas dos variables.

ANÁLISIS DE FUNCIONES DISCRIMINANTES (AFD)

Para las funciones discriminantes se incluyeron todas las medidas mandibulares (variables numéricas) y se excluyó la edad de muerte, se optó por la opción de introducir todas las variables juntas, en lugar del método de inclusión por pasos ofrecido por el software; además se configuró la clasificación del modelo para que las probabilidades fueran calculadas según el tamaño de los grupos, para que el tamaño de estos no influyera y que el uso de la matriz de covarianzas se hiciera intra-grupos. Además se le solicitaron al programa los gráficos de barras, por sexos, que mostraran la distribución de los grupos según los resultados de las funciones discriminantes canónicas junto con la media y la desviación o error típico.

Resumen del procesamiento para el análisis de casos		
Casos no ponderados	N	Porcentaje
Válidos	217	100,0
Excluidos		
Códigos de grupo para perdidos o fuera de rango	0	,0
Perdida al menos una variable discriminante	0	,0
Perdidos o fuera de rango ambos, el código de grupo y al menos una de las variables discriminantes.	0	,0
Total excluidos	0	,0
Casos Totales	217	100,0

Tabla 8: resumen del procesamiento de casos del AFD en valor absoluto y porcentaje.

El proceso, como lo muestra la tabla 8, incluyó todos los valores de todas las variables; es decir, no hubo datos perdidos o excluidos. Factor que es muy importante, ya que existe la

opción para que los valores perdidos sean reemplazados por la media de la variable, aunque esto reduce en cierta proporción la confiabilidad del modelo.

Se calculó la media y la desviación típica de los grupos (hombres, mujeres y el total), lo que resultó en 161 hombres, 56 mujeres y 217 para el grupo total. Como no hubo valores excluidos o perdidos los valores ponderados y no ponderados fueron los mismos.

Posteriormente se mostró el logaritmo determinante de todas las matrices utilizadas en el cálculo del valor estadístico M , que permitió comprobar cuál grupo difiere más sólo cuando hay más de dos; en este caso sólo hay dos grupos en la variable de agrupación (hombres y mujeres), por lo que fue más conveniente que los valores del logaritmo determinante se encontraran lo más cercanos posible uno del otro.

Logaritmo de los determinantes		
Sexo	Rango	Logaritmo del determinante
Hombre	10	25,739
Mujer	10	24,925
Intra-grupos combinada	10	25,775

Los rangos y logaritmos naturales de los determinantes impresos son los de las matrices de covarianzas de los grupos.

Tabla 9: logaritmo de los determinantes por sexos para prueba M de Box.

En este caso los logaritmos estuvieron sólo separados por poco más de una unidad. La prueba M de Box (que puede interpretarse como una F aproximada) contrasta de manera

certera la hipótesis nula (H_0) que consistió en la igualdad de las matrices; puesto que se tiene el supuesto de que los grupos procedieron de una misma población. Visto lo anterior, prevalece la hipótesis nula de matrices de varianzas-covarianzas; por lo tanto, se puede concluir que ambos grupos poseen una variación semejante. Esto debido a que el resultado (*Sig.*) es superior al valor p ($Sig.= 0.710$). Manifestándose así: $Sig.= 0.710 > 0.050$.

Resultados de la prueba		
M de Box		52,445
F	Aprox.	,887
	gl1	55
	gl2	36687,414
	Sig.	,710
Contrasta la hipótesis nula de que las matrices de covarianzas poblacionales son iguales.		

Tabla 10: resultado de la prueba M de Box.

El método empleó la primera función discriminante para explicar el autovalor; es decir, la proporcionalidad a la dispersión obtenida en la dirección (vector) de la nube de puntos multivariante, entre más alto es el autovalor aumenta la dispersión de la nube de puntos y se facilita la distinción de ambos grupos representados gráficamente (Autovalor= 0,565). Esta primera función explica el 100% de la varianza de la muestra, además la correlación canónica con un valor alto indica que existe un significativo solapamiento de los grupos (Correlación canónica= 0,601). La explicación de cómo cada variable que es incluida

altera el modelo, se da mediante la *Lambda* de Wilks; ésta se evalúa mediante un estadístico F_{cambio} y al obtenerse el valor más alto de este estadístico por cada variable se incluye en el modelo. Este proceso evaluó paso a paso el cambio que produce cada variable antes y después de incluirla, el valor de la *Lambda* de Wilks (0,639) para el modelo final se evalúa mediante una transformación *chi-cuadrado* (94,104). La significancia menor a 0.050 (*Sig.*= 0.000) hace que se rechace la hipótesis nula (H_0) de matrices de varianzas-covarianzas, indicando que los grupos difieren entre sí su variación.

Autovalores				
Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	,565 ^a	100,0	100,0	,601

a. Se han empleado las 1 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

Tabla 11: autovalores de la primera función discriminante canónica.

Lambda de Wilks				
Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	,639	94,104	10	,000

Tabla 12: *Lambda* de Wilks.

Los coeficientes estandarizados valoran la contribución o el aporte de cada variable a la función discriminante, entre más alto sea el valor de cada variable en la función, mayor poder para clasificar el sexo. En este caso, la altura máxima de la rama posee el mayor poder discriminante (0,710); lo que indicó que, entre más alta sea la rama ascendente de la mandíbula de un individuo, existe mayor posibilidad de éste sea clasificado como hombre correctamente; por otro lado, la anchura del cuerpo mandibular presentó un valor negativo (-0.366), el más bajo entre las diez variables; esto quiere decir que para individuos con puntuaciones iguales en las demás variables, los que presentaron mayor anchura del cuerpo mandibular tuvieron una puntuación menor en la función y fue mayor la posibilidad de que el modelo los clasificara erróneamente. La matriz de la estructura presentó los coeficientes de correlación netos entre las variables y el modelo de la función.

Coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónicas	
	Función
	1
Altura mentoniana en mm	,307
Altura del cuerpo mandibular en mm	,028
Anchura del cuerpo mandibular en mm	-,366
Anchura bigoníaca en mm	,603
Anchura bicondílea en mm	,124
Anchura mínima de la rama en mm	-,115
Anchura máxima de la rama en mm	-,019
Altura máxima de la rama en mm	,710
Longitud de la mandíbula en mm	,233
Ángulo mandibular en grados	,095

Tabla 13: coeficientes estandarizados de las funciones por variable.

Matriz de estructura	
	Función
	1
Altura máxima de la rama en mm	,644
Anchura bigoniaca en mm	,631
Anchura bicondílea en mm	,417
Altura del cuerpo mandibular en mm	,413
Altura mentoniana en mm	,348
Longitud de la mandíbula en mm	,331
Anchura máxima de la rama en mm	,301
Anchura mínima de la rama en mm	,274
Ángulo mandibular en grados	-,143
Anchura del cuerpo mandibular en mm	,094
Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.	

Tabla 14: valores de la estructura del modelo por variable.

Los coeficientes no tipificados fueron los utilizados por el programa para calcular las puntuaciones discriminantes y la ubicación de los centroides de cada grupo, el proceso añade a la tabla un valor constante corrector con el que las puntuaciones discriminantes de las variables tuvieran un valor de cero absoluto (0) en un punto aleatorio entre los centroides de cada grupo.

Coefficientes de las funciones canónicas discriminantes	
	Función
	1
Altura mentoniana en mm	,064
Altura del cuerpo mandibular en mm	,006
Anchura del cuerpo mandibular en mm	-,210
Anchura bigoníaca en mm	,115
Anchura bicondílea en mm	,020
Anchura mínima de la rama en mm	-,031
Anchura máxima de la rama en mm	-,005
Altura máxima de la rama en mm	,120
Longitud de la mandíbula en mm	,053
Ángulo mandibular en grados	,013
(Constante)	-24,268

Coefficientes no tipificados

Tabla 15: coeficientes no tipificados de las funciones y el valor constante.

Funciones en los centroides de los grupos	
	Función
Sexo	1
Hombre	,441
Mujer	-1,269

Funciones discriminantes canónicas no tipificadas evaluadas en las medias de los grupos

Tabla 16: valores centroides del sexo por grupos.

Los valores centroides sirven para interpretar la función discriminante, se puede observar que los hombres, en promedio, se encuentran en las puntuaciones positivas de la función mientras que las mujeres se encuentran clasificadas por las puntuaciones negativas.

Cuando se incluyan las medidas mandibulares de un nuevo individuo, y se calcule su poder discriminante, se puede clasificar en uno de los dos grupos dependiendo de a cuál valor centroide se encuentre más cercano.

De los 161 hombres de la muestra, 151 fueron clasificados de forma certera y sólo 10 erróneamente clasificados en el grupo de las mujeres, en proporción de 93,8% y 6,2% respectivamente. Mientras que, de las 56 mujeres, 37 fueron correctamente asignadas (66,1%) y 19 erróneamente puestas en el grupo de los hombres (33,9%). La confiabilidad definitiva del modelo discriminante fue del 86,6%.

Resultados de la clasificación ^a					
		Sexo	Grupo de pertenencia pronosticado		Total
			Hombre	Mujer	
Original	Recuento	Hombre	151	10	161
		Mujer	19	37	56
	%	Hombre	93,8	6,2	100,0
		Mujer	33,9	66,1	100,0

a. Clasificados correctamente el 86,6% de los casos agrupados originales.

Tabla 17: resultados de la clasificación por casos y porcentajes.

Como lo demostraron los centroides, el grupo de hombres pronosticado se encuentra más cercano al cero, por el lado positivo; mientras que el grupo pronosticado de las mujeres se encuentra generalmente en el lado negativo del cero y más alejado que el de los hombres. El software no presentó la gráfica comparada de ambos grupos, por lo que se muestra el comportamiento de cada grupo asignado por el modelo, por separado.

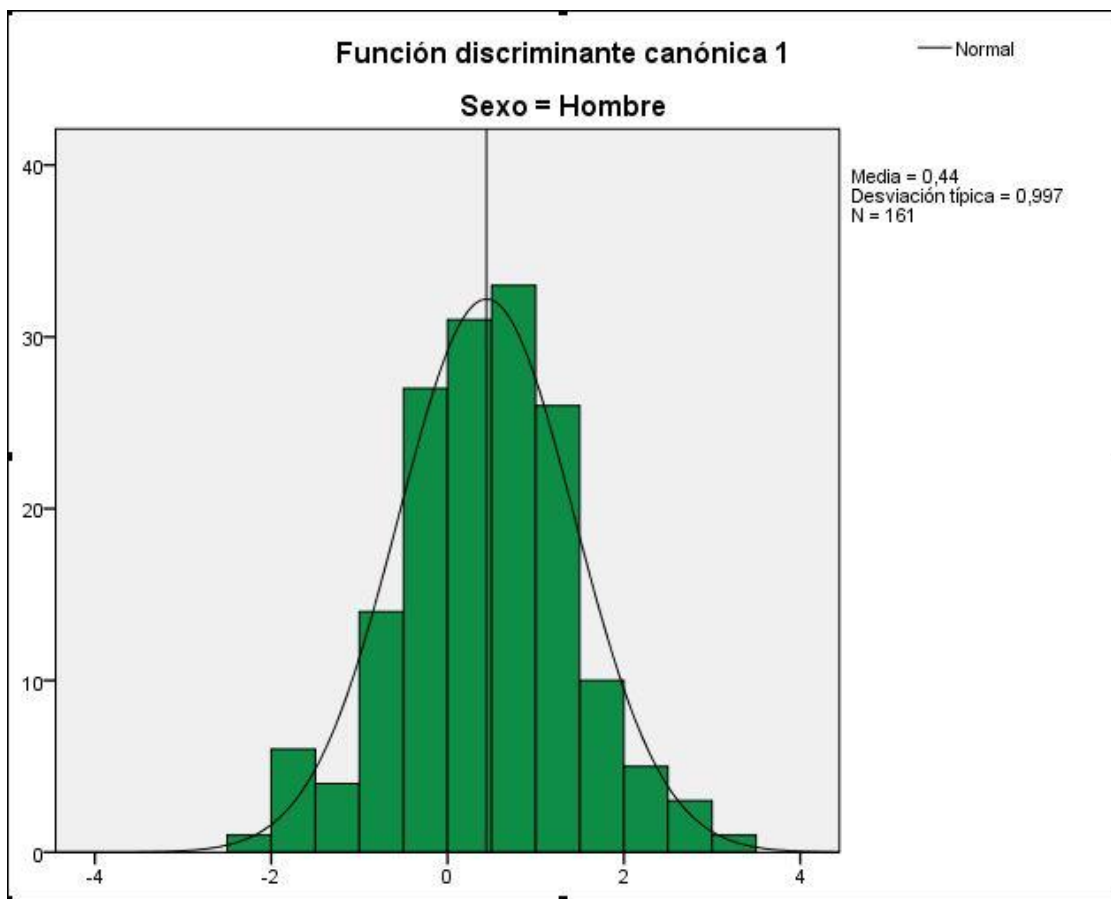


Gráfico 4: comportamiento del grupo pronosticado de hombres.

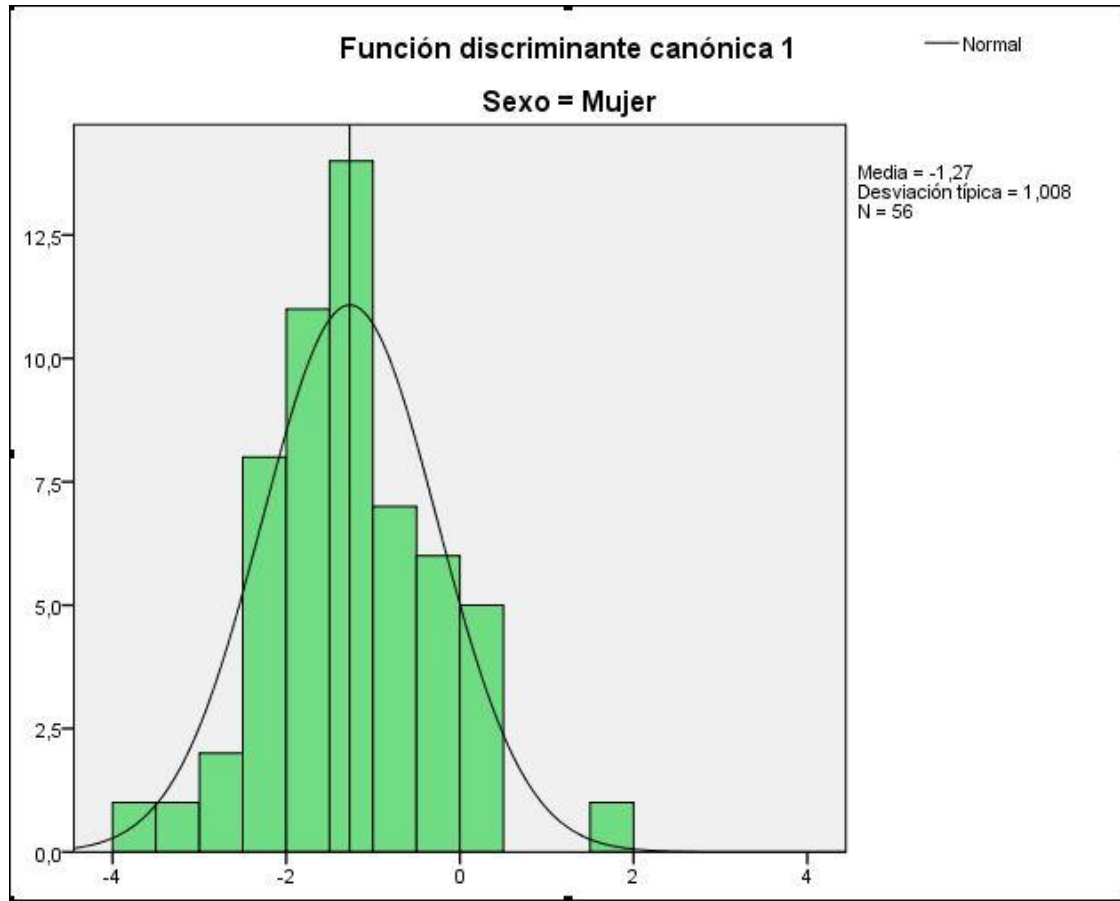


Gráfico 5: comportamiento del grupo pronosticado de mujeres.

A continuación, se presentan los resultados del análisis mediante un gráfico en el que se expresan las cifras y porcentajes por grupos y en total.

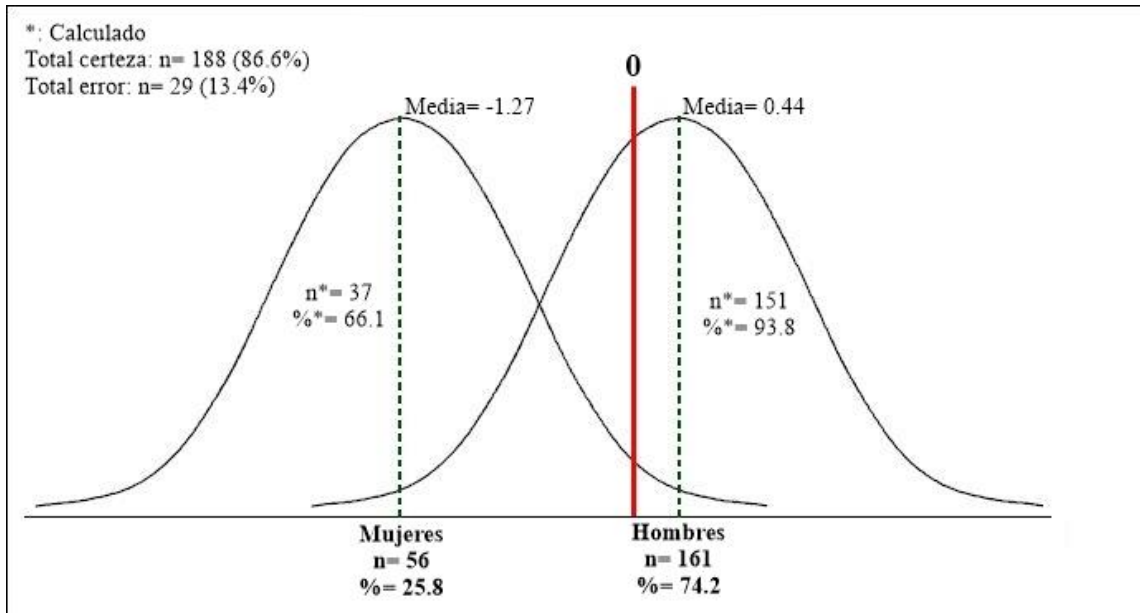


Gráfico 6: resultados del análisis discriminante.

Según los coeficientes estandarizados, las variables que más poder discriminante tienen son la altura máxima de la rama y la anchura bigoníaca. Como se observa en el gráfico 7, existe en los individuos clasificados como mujeres por el modelo, una tendencia a que la poca anchura bigoníaca esté relacionada con una rama ascendente corta; en los que fueron clasificados como hombres existe una tendencia a que la anchura bigoníaca posea una longitud promedio, similar a la de las mujeres, pero su rama ascendente tiende a ser más alta en proporción.

El análisis discriminante muestra que la altura de la rama presenta una correlación con la anchura bigoníaca y ambas juntas pueden mostrar patrones de expresión del dimorfismo sexual.

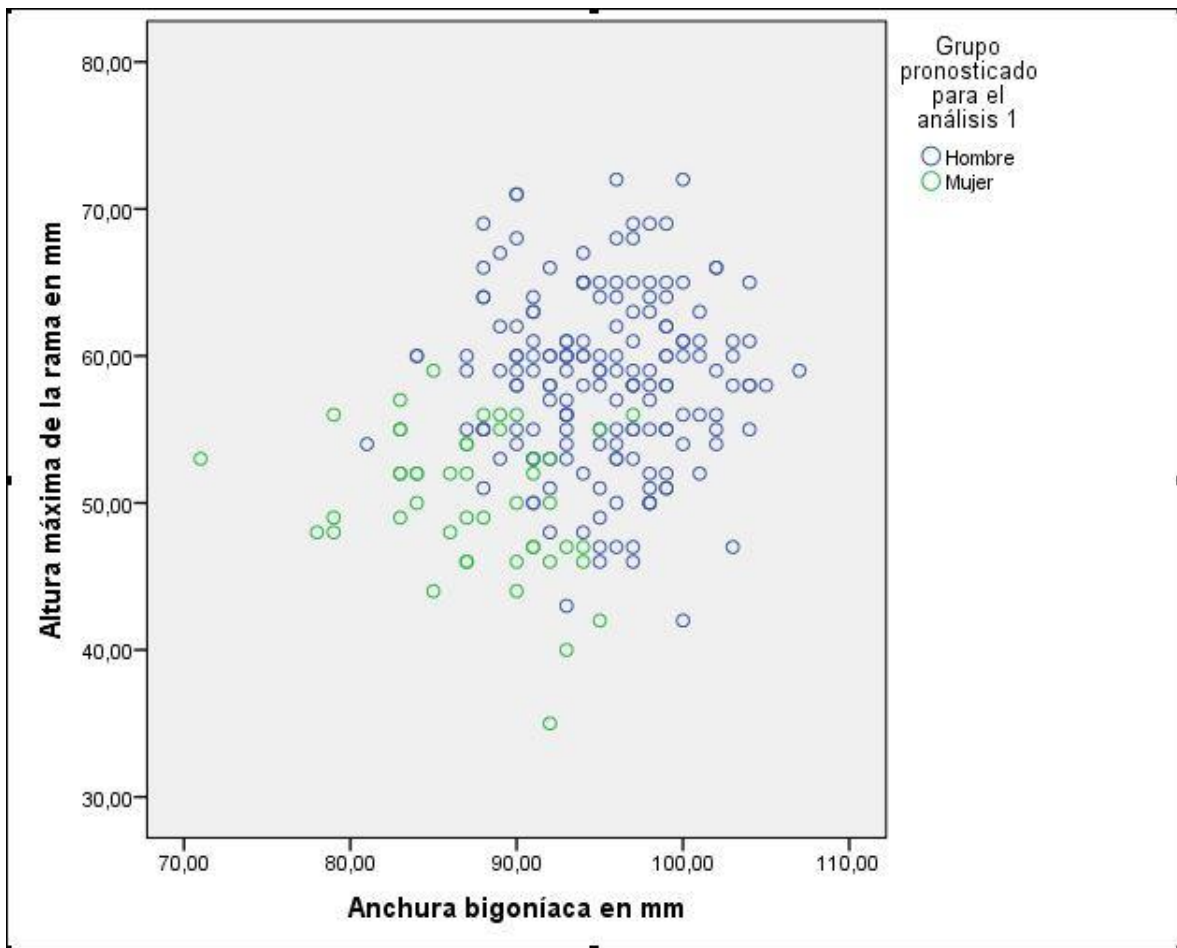


Gráfico 7: dispersión de las variables con mayor poder discriminante del sexo.

CONCLUSIONES

En la construcción de las funciones discriminantes se optó por introducir las variables juntas al modelo puesto que la inclusión por pasos se reducía en cinco puntos porcentuales la predicción del modelo discriminante. No se usó la variable edad porque su inclusión reducía 1.3% la capacidad de predicción del modelo usando el método de inclusión de las variables juntas, y en 3.2% usando la inclusión por pasos, el poder de predicción del modelo definitivo fue de 86.6%. En contextos forenses la edad del individuo o de los individuos implicados es incierta, lo que obliga a que este y otros aspectos de la osteobiografía sean estimados en laboratorios; el hecho de que la edad sea un valor estimado y no un valor preciso, hace que se convierta en un factor que puede confundir la estimación del sexo con métodos tanto morfológicos como morfométricos, debido a lo variable que puede ser la población.

Los sexos y las edades de los individuos se registraron posteriormente a la toma de las diez medidas mandibulares empleadas en el trabajo, por tal razón se tiene un rango de edad tan amplio. Al momento del examen visual, teniendo presentes los criterios de inclusión y exclusión durante la selección de la muestra, se pudo observar que la resorción ósea, producto de la avanzada edad no presentó niveles críticos y además se pudo observar que las mandíbulas de individuos jóvenes, a partir de los 14 años, presentaban ya características como la eminencia mentoniana y la proyección lateral de

los ángulos goniales; lo que hizo concluir en el momento de su análisis y medición que ya se presentaban accidentes óseos dimórficos.

La gran cantidad de hombres en la muestra, respecto a la cantidad de mujeres, es un fenómeno que pudo influir en los resultados del análisis discriminante; por esta razón se condicionó el modelo para que el tamaño de los grupos no influyera en el resultado final. La diferencia de cantidad entre los grupos de sexo se presenta debido a factores de carácter social, que dejan como resultado una mortalidad mayor en hombres que en mujeres, debido a situaciones como la violencia producto de delincuencia común o grupos armados organizados al margen de la ley que están conformados en gran mayoría por hombres en edad reproductiva; otros factores de importancia son la exposición a riesgos laborales, los accidentes de tránsito y la propensión a determinadas enfermedades.

Las medias de edad de cada grupo (48,86 años para los hombres y 58,43 años para las mujeres) dan a entender que las muertes mayoritariamente se presentan en la adultez media, lo que puede significar que en la muestra prevalecen las muertes naturales y que las mujeres tienen una esperanza de vida diez años mayor a la de los hombres.

Las investigaciones sobre el dimorfismo sexual y demás aspectos del perfil biológico en poblaciones contemporáneas, tanto en contextos arqueológicos, deben seguirse desarrollando con el fin de mostrar los patrones de expresión ósea de estos aspectos en

cada grupo humano y su cambio a través del tiempo, esto debido a que la pérdida de dimorfismo sexual es un fenómeno evidente y debe abordarse desde la academia.

En este caso, queda demostrado que es posible conseguir un alto grado de confiabilidad en la estimación del sexo a partir de las medidas mandibulares y las funciones discriminantes resultantes de este trabajo pueden ser empleadas en otras colecciones osteológicas, en el departamento y el país, para intentar mostrar las constantes y cambiantes que puedan modificar el poder de discriminación de las funciones.

Las variables con mayor poder discriminante fueron la altura máxima de la rama (0,710), la anchura bigoníaca (0,603), la altura mentoniana (0,307); mientras que las de menor poder discriminante fueron la anchura del cuerpo mandibular (-0.366), la anchura mínima de la rama (-0.115) y la anchura máxima de la rama (-0.019). Las tres variables con mayor capacidad de discriminar el sexo, juntas en un análisis de función discriminante, predicen el sexo con una confiabilidad del 83.4% usando ambos métodos (inclusión por pasos y variables juntas). Las variables con menor poder discriminante aciertan en la clasificación en un 74,2% usando igualmente los dos métodos. Estas seis variables, empleando ambos métodos de la función, discriminan el sexo con una certeza del 83.4%, lo que permite concluir que el poder discriminante de las tres medidas con menor capacidad predictiva, es totalmente nulo y que la estimación del sexo depende del resto de variables. Las demás medidas (altura del cuerpo mandibular, anchura bicondílea,

longitud de la mandíbula y ángulo mandibular) tuvieron un aporte considerable al poder de la función y pueden ayudar en la robustez frente a la mala clasificación del modelo.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, José Antonio *et al.* (2015). *Variation of mandibular sexual dimorphism across human facial patterns*. *HOMO – Journal of Comparative Human Biology* Volume 67, Issue 3, pp. 188 – 202.

ASALA, S.A. *et al.* (2004). *Discriminant function sexing of fragmentary femur of South African blacks*. *Forensic Science International* 145 (1), 25 - 29.

BARRIO, P.A. *et al.* (2006). *Metacarpal sexual determination in a Spanish population*. *Journal of Forensic Sciences* 51 (5), 990 - 995.

BASS, W. M. (1987). *Human osteology: a laboratory and field manual*. Missouri Archaeological Society, Columbia, MO.

BAUGHAN, B. & DEMIRJIAN, A. (1978). *Sexual dimorphism in the growth of the cranium*. En: *American Journal of Physical Anthropology*; 49: 383-390.

BEHRENTS, R.G. and HARRIS, E.F. (1991). *The premaxillary - maxillary suture and orthodontic mecanootherapy*. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 99: 1 - 6.

BERRIZBEITIA, E.L. (1989). *Sex determination with the head of the radius*. Journal of Forensic Sciences 34 (5), 1206 - 1213.

BHASKAR, S.N. (1953). *Growth pattern of the rat mandible from 13 days insemination age to 30 days after birth*. En: American Journal of Anatomy; 92: 1-53.

BHASKAR, S.N. *et al.* (1953). *Role of Meckel's cartilage in the development of the rat mandible*. En: Journal of Dental Research; 32: 398-410.

BIDMOS, M.A. *et al.* (2005). *Patella measurements of South African whites as sex assessors*. Homo 56(1): 69 - 74.

BIDMOS, M.A. y DAYAL, M.R. (2004). *Further evidence to show population specificity of discriminant function equations for sex determination using the talus of South African blacks*. Journal of Forensic Sciences 49 (6), 1165 - 1170.

BLACKWOOD, H.J. (1965). *The vascularization of the condylar cartilage of the human mandible*. Journal of Anatomy 99: 551 - 563.

BOGIN, B. (1999). *Patterns of Human Growth*. Cambridge University Press, Cambridge.

BOSSY, J. y GAILLARD, L. (1963). *Les vestiges ligamentaires du cartilage de Meckel*.

Acta Anatomica; 52: 282 - 290.

BREIS, Francisco Del Baño (1982). *Diccionario de ciencias naturales*. Consejería de

Cultura y Educación. Murcia.

BROTHWELL, D.R. (1963). *Digging up Bones: The Excavation, Treatment and Study of*

Human Skeletal Remains. British Museum, London.

BRUZEK, J. (2002). *A method for visual determination of sex, using the human hip bone*.

American Journal of Physical Anthropology 117, 157 - 168.

BULYGINA, Ekaterina *et al.* (2006). *Ontogeny of facial dimorphism and patterns of*

individual development within one human population. American Journal of Physical

Anthropology 131: 432 – 443.

BUIKSTRA, J.E. y UBELAKER, D.H. (1994). *Standards for data collection from human*

skeletal remains. Arkansas Archeological Survey, Fayetteville, AR.

CANAVOS, G. (1990). *Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos*. McGraw-Hill, México.

COQUEUGNIOT, H. *et al.* (2002). *L'utilisation de caracteres morphologiques dans la diagnose sexuelle des mandibules d'enfants: application à la collection ostéologique de Turín (italie)*. En: *Bulletins Mémoires Société d'Anthropologie Paris* 14: 131 - 139.

DARWIN, Charles (1871). *The descent of man and selection in relation to sex*. John Murray, London.

Del RÍO MUÑOZ, Pablo *et al.* (2001): *Estimación del sexo en la mandíbula mediante funciones discriminantes*. *Cuadernos de Medicina Forense* N° 26, pp. 21 – 28.

DIGANGI, E y MOORE, M. (2013). *Research Methods in Human Skeletal Biology*. Academic Press (hardcover) – *American Journal of Physical Anthropology* (serial online) 152 4): 569.

DONG, Hongmei *et al.* (2015). *Sexual dimorphism of the mandible in a contemporary Chinese Han population*. En: *Forensic Science International*, 255, pp. 9 - 15.

FRANKLIN, Daniel *et al.* (2006). *A geometric morphometric study of sexual dimorphism in the crania of indigenous southern Africans*. South African Journal of Science 102: 229 – 238.

FRANKLIN, Daniel *et al.* (2007). *Sexual dimorphism in the subadult mandible: quantification using geometric morphometrics*. Journal of Forensic Sciences 52(1): 6 – 10.

FRANKLIN, Daniel (2010). *Forensic age estimation in human skeletal remains: current concepts and future directions*. En: Legal Medicine, vol. 12, pp. 1-7.

FRAYER, David; WOLPOFF, Milford (1985). *Sexual dimorphism*. En: Annual review of Anthropology, vol. 14, pp. 429 - 473.

FROMMER, J. y MARGOLIES, M.R. (1971). *Contribution of Meckel's cartilage to the ossification of the mandible in mice*. En: Journal of Dental Research 50: 1260 - 1267.

FRIANT, M. (1960). *L'évolution du cartilage de Meckel humain, jusqu'à la fin du sixième mois de la vie foetale*. En: Acta Anatomica; 41: 228-239.

FRUTOS, L.R. (2005). *Metric determination of sex from the humerus in a Guatemalan forensic sample*. Forensic Science International 147 (2 - 3), 153 - 157.

GILSANZ, V. *et al.* (1997). *Differential effect of gender on the sizes of the bones in the axial and appendicular skeletons*. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 82 (5), 1603 - 1607.

GORET-NICAISE, M. y DHEM, A. (1984). *The mandibular body of the human fetus*. *Anatomy and Embryology* 169: 231 - 236.

GUALDI-RUSSO, E. (2007). *Sex determination from the talus and calcaneus measurements*. *Forensic Science International* 171 (2 - 3), 151 - 156.

HALL, Rogers (1982). *Sexual dimorphism in Homo sapiens, A question of size*. Praeger, New York.

HEFNER, J. T. (2009). *Cranial Nonmetric Variation and Estimating Ancestry*. *Journal of Forensic Sciences* 54(5): 985 - 995.

HENNEBERG, M. *et al.* (1978). *Natural Selection and Morphological Variability: The Case of Europe from Neolithic to Modern Times*. *Current Anthropology*, 19(1), 67-82.

HOLCOMB, S. M. y KONIGSBERG, L. W. (1995). *Statistical study of sexual dimorphism in the human fetal sciatic notch*. En: American Journal of Physical Anthropology; 97: 113-125.

HUNTER, Stuart; GARN, Stanley (1972). *Disproportionate sexual dimorphism in the human face*. American Journal of Physical Anthropology, vol. 36, pp. 133 – 138.

INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES (2013), *Comportamiento del fenómeno de la desaparición*. Colombia, 2013.

INTRONA, JR. *et al.* (1998). *Sex determination by discriminant analysis of patella measurements*. Forensic Science International 95 (1), 39 - 45.

ISAZA, Juliana (2015). *La antropología Física y el diagnóstico de sexo en el esqueleto a partir del cráneo: métodos actuales y futuras perspectivas*. En: Boletín de Antropología. Universidad de Antioquia, Medellín, vol. 30, N.º 50, pp. 94-126.

ISCAN, M. y DERRICK K. (1984). *Determination of sex from the sacroiliac joint: A visual assessment technique*. En: Florida scientist, vol. 47, pp. 94-98.

ISCAN, M. y LOTH, S. (1986). *Estimation of age and determination of sex from the sternal rib*. In: Reichs, K. (Ed.), *Forensic Osteology: Advances in the Identification of Human Remains*. Thomas, Springfield, IL, pp. 68 - 89.

JACOBSEN, J. *et al.* (1991). *Tooth and bone development in a Danish medieval mandible with unilateral absence of the mandibular canal*. En: *American Journal of Physical Anthropology*; 85: 15-23.

JENSEN, E. y PALLING, M. (1954). *The gonial angle - a survey*. *American Journal of Orthodontics* 40: 120 - 133.

JOY, O. *et al.* (2009). *Anthropometric study of the facial and nasal length of adult Igbo ethnic group in Nigeria*. *The Internet Journal Biological Anthropology*; 2(2).

JUÁREZ, F. *et al.* (2002). *Apuntes de Estadística Inferencial*. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente, México D. F.

JURMAIN, Robert *et al.* (2014). *Introduction to physical anthropology*. Wadsworth, California, Estados Unidos.

KEMKES-GROTTENTHALER, A. (2005). *Sex determination by discriminant analysis: an evaluation of the reliability of patella measurements*. *Forensic Science International* 147(2 - 3), 129 - 133.

KJÆR, I. (1975). *Histochemical investigations on the symphysis menti in the human fetus related to skeletal maturation in the hand and foot*. En: *Acta Anatomica*; 93: 606-633.

KJÆR I. (1997). *Mandibular movements during elevation and fusion of the palatal shelves evaluated from the course of Meckel's cartilage*. En: *Journal of Craniofacial Genetics and Developmental Biology*; 17: 80-85.

KRENZ-NIEDBALA, Marta (2001). *Biological and cultural consequences of the transition to agriculture in human populations on polish territories*. *Variability and Evolution* 9: 89 - 99.

KROGMAN, W.M. e ISCAN, M.Y. (1986). *The Human Skeleton in Forensic Medicine*. Charles C. Thomas, Springfield, IL.

LAGUNAS R., Zaíd (2000). *Manual de osteología antropológica*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

LANGLEY, Natalie R. *et al.* (2016). *Data collection procedures for forensic skeletal material 2.0*. Forensic Anthropology Center, the University of Tennessee. Tennessee.

LOTH, Susan; HENNEBERG, Maciej (2001). *Sexually dimorphic mandibular morphology in the first few years of life*. En: *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 115, pp. 179-186.

LOVEJOY, C.O. (1985): *Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: a new method for the determination of adult skeletal age at death*. *American Journal of Physical Anthropology*. 68, 15-28.

MAHFOUZ, M. *et al.* (2007a). *Patella sex determination by 3D statistical shape models and nonlinear classifiers*. *Forensic Science International* 173 (2 - 3), 161 - 170.

MAJÓ ORTIN, T. (1996). *Réflexions méthodologiques liées à la diagnose sexuelle des esquelettes non-adultes*. En: *Bulletins Mémoires Société d'Anthropologie Paris* 8(3/4): 481 - 490.

MANN, R.W. *et al.* (1987). *Maxillary suture obliteration: aging the human skeleton based on intact or fragmentary maxilla*. *Journal of Forensic Sciences* 32: 148-157.

MARINI, Elisabetha *et al.* (1999). *Univariate estimates of sexual dimorphism: the effects of intrasexual variability*. American Journal of Physical Anthropology 109: 501 – 508.

MARINO, E.A. (1995). *Sex estimation using the first cervical vertebra*. American Journal of Physical Anthropology 97 (2), 127 - 133.

MARTIN R. y SALLER K. (1957). *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*. Vol 1. 3^a ed. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

MEIKLE, M.C. (2002). *Craniofacial Development, Growth and Evolution*. Second edition. Diss, Norfolk: Bateson Publishing.

MENDONÇA, M.C. (2000). *Estimation of height from the length of long bones in a portuguese adult population*. American Journal of Physical Anthropology, 112: 39-48.

MERROT, T. (2001). *Expression of sexual dimorphism in the fetal pelvic girdle*. En: Comptes Rendus de l'Académie des Sciences; 324: 137-141.

MILELLA, Marco (2014). *The influence of Life History and sexual dimorphism on enthesal changes in modern humans and African great Apes*. En: PLoS ONE, Vol. 9, Issue 9.

MITANI, J.C. *et al.* (1996). *Sexual Dimorphism, the Operational Sex Ratio, and the Intensity of Male Competition in Polygynous Primates*. En: *The American Naturalist*, Vol. 147, N° 6, pp. 966-980. University of Chicago Press.

MOLLESON, T. *et al.* (1998). *Some sexually dimorphic features of the human juvenile skull and their value in sex determination in immature juvenile remains*. *Journal of Archaeological Science* 25: 719-728.

MOORE-JANSEN P.M., *et al.* (1994): *Data collection procedures for forensic skeletal material*. Forensic Anthropology Center, the University of Tennessee. Tennessee.

O'HIGGINS, P. y JONES, N. (1998). *Facial growth in *Cercocebus torquatus*: an application of three-dimensional geometric morphometric techniques to the study of morphological variation*. *Journal of Anatomy* 193: 251 – 272.

ORBAN, Rosine y POLET, Caroline (2005). *Diagnóstico de la edad de muerte y determinación del sexo*. En: Rebato, Ester, Susanne, Charles y Chiarelli, Brunetto (eds.), *Para comprender la Antropología Biológica*. Verbo divino, Navarra, pp. 131-136.

PHENICE, T.W. (1969). *A newly developed visual method of sexing the os pubis.*

American Journal of Physical Anthropology 30 (2), 297 – 301.

PURKAIT, R. (2005). *Triangle identified at the proximal end of femur: a new sex*

determinant. Forensic Science International 147 (2 - 3), 135 - 139.

RANIERI, José *et al.* (1999): *Influencia de la nutrición sobre la diferenciación sexual.*

En: Revista argentina de antropología biológica, vol. 2, N° 1, pp. 123-134.

REYNOLDS, EL. (1945). *The bony pelvic girdle in early infancy.* En: American Journal

of Physical Anthropology; 3(4): 321-354.

REYNOLDS, EL. (1947). *The bony pelvis in prepuberal childhood.* En: American

Journal of Physical Anthropology; 5: 165-200.

RENO, Philip *et al* (2003). *Sexual dimorphism in Australopithecus afarensis was similar*

to that of modern Humans. Proceedings of the National Academy of Sciences of the

United States of America 100(16): 9094 - 9409.

RODRÍGUEZ, José Vicente (2004): *La antropología forense en la identificación*

humana. Guadalupe, Bogotá.

ROGERS, Alan; MUKHERJEE, Arindam (1992). *Quantitative genetics of sexual dimorphism in human body size*. En: *Evolution*. Vol. 46, N° 1, pp. 226-234.

ROGERS, S. 1987. *Personal Identification from Human Remains*. Charles C. Thomas, Springfield, IL.

ROGERS, T. L. (2005). *Determining the sex of human remains through cranial morphology*. En: *Journal of Forensic Sciences*; 50: 493-500.

ROSAS, Antonio *et al.* (2002). *Sexual dimorphism in the Atapuerca-SH hominids: the evidence from the mandibles*. En: *Journal of human evolution*, vol. 42, N. ° 4, pp. 451-475.

ROSING, F. W. (1993). *Sexing immature human skeletons*. En: *Journal of Human Evolution*; 12: 149-155.

ROSIQUE GRACIA, Javier, *et al.* (2004). *Estudio cuantitativo del dimorfismo sexual en restos óseos de la población de Medellín*. *Actualidades Biológicas* 26(80): 50 – 59.

RUSHTON, M.A. (1944). *Growth at the mandibular condyle in relation to some deformities*. British Dental Journal 76: 57 - 68.

SADLER, TW. (1990). *Langman's medical embryology*. Baltimore: Williams and Wilkins.

SAINI, V. *et al.* (2011). *An Osteometric study of northern Indian populations for sexual dimorphism in craniofacial region*. Journal of Forensic Sciences 56 (3): 700 – 705.

SALKIND, N. (1997). *Métodos de investigación*. Edición Prentice Hall, México.

SCHEUER, LOUISE; BLACK, SUE (2004): *The Juvenile Skeleton*. Elsevier Academic Press, San Diego.

SCOTT, J.H. (1967). *Dento-facial Development and Growth*. London: Pergamon Press.

SCHUTKOUSKI, H. (1993). *Sex determination of infant and juvenil skeletons: I. Morphognostic features*. En: American Journal of Physical Anthropology; 90: 199-205.

SPERBER, G.H. (1989). *Craniofacial Embryology*, fourth edition, Wright Butterworths, London.

SPRADLEY, M.K. y JANTZ, R.L. (2011). *Sex estimation in forensic anthropology: skull versus postcranial elements*. Journal of Forensic Sciences 56 (2), 289 - 296.

SPYROPOULOS, M.N. (1977). *The morphogenetic relationship of the temporal muscle to the coronoid process in human embryos and fetuses*. American Journal of Anatomy 150: 395-410.

STEYN, M. e ISCAN, MY. (1997). *Sex determination from the femur and tibia in South African whites*. Forensic Science International 90: 111 - 9.

STEWART, T.D. (1979). *Essentials of Forensic Anthropology, Especially as Developed in the United States*. Charles C. Thomas, Springfield, IL.

SUAZO, G. I. (2008d). *Ortopantomographic blind test mandibular ramus flexure as a morphological indicator of sex in Chilean young adults*. En: International Journal of Morphology; 26(1): 89-92.

SUAZO, G. I. *et al.* (2009). *Sex determination in mandibles in the first year of life by a quantitative approach*. En: International Journal of Morphology; 27(1): 113-116.

SUAZO, G. I. *et al.* (2009c). *Performance Evaluation as a Diagnostic Test for Traditional Methods for Forensic Identification of Sex*. En: International Journal of Morphology; 27(2): 381-386.

SUAZO, G. I. y ZAVANDO, D. (2012). *Age effect in the morphological traits performance for determination in human skulls and mandibles*. En: International Journal of Morphology; 30(1): 296-301.

SYMONS, N.B. (1952). *The development of the human mandibular joint*. Journal of Anatomy 86: 326 - 332.

TANNER, James Mourilyan (1962). *Growth at the adolescence*. Blackwell, Oxford.

VILLADÓNIGA GARCÍA, MAITE (2005): *El conocimiento de las poblaciones del pasado a través de los restos óseos: determinación del sexo en individuos subadultos a partir de los caracteres morfológicos de la mandíbula en la población de San Nicolás*. Facultad de Ciencias - UAM. Madrid.

WALKER, Phillip (2008). *Sexing skulls using discriminant function analysis of visually assessed traits*. American Journal of Physical Anthropology 136: 39 – 50.

WECKERLY, E. (1998). *Sexual-size dimorphism: influence of body mass and mating systems in the most dimorphic mammals*. *Journal of Mammalogy* 79: 33 - 52.

WHITE, Tim y FOLKENS, Pieter (2000). *Human Osteology*. Second edition. Academic Press, California.

ZAVANDO, M. *et al* (2009). *Sexual dimorphism determination from the lineal dimensions of skulls*. *International Journal of Morphology* 27(1): 133 – 137.