



Universidad de Concepción

Facultad de Ciencias Sociales

**REVISIÓN DEL MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE
SEXO DE ROGERS EN HÚMERO EN LA
POBLACIÓN DEL CEMENTERIO MUNICIPAL
N°2 DE TALCAHUANO**

**Tesis para presentar a la Facultad de Antropología de la Universidad de
Concepción para optar al grado académico de antropología**

POR: LUIS HENRÍQUEZ GARRIDO

FELIPE TRONCOSO TAPIA

Profesora Guía: Ivanna Toyo Semeco

Profesor Co-guía: Cristian Baeza Torres

marzo 2026

Concepción, Chile

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

AGRADECIMIENTOS

De Luis:

Quiero agradecer a mis padres, Tania Garrido Roa y Luis Henríquez Ávila, por aparte de haberme dado la crianza para surgir y por, aparte de haber estado conmigo durante mi vida entera, siempre atentos a mi bienestar como persona y como hijo, haberme apoyado en mi trayectoria académica desde el principio, tanto de forma económica como afectiva, a mi padre por haberme dado el ejemplo de lo que es un hombre trabajador y esforzado, y por enseñarme a ser una persona recta, firme, luchadora y trabajadora, y a mi madre, por guiar mi camino para ser una persona empática, consciente, creativa y bondadosa, así como a mis familiares cercanos, a mis tías Gloria Aravena Roa y Yolanda Garrido Roa, por apoyarme de varias formas en mi transcurso académico y a mi abuela Ana Garrido Roa, por su apoyo y enseñanza.

También quiero agradecer a las personas que estuvieron conmigo en el apartado académico, tanto dentro del campus como fuera, quiero agradecer a mi grupo principal de compañeros y amigos que estuvieron conmigo dentro de todos estos años, con quienes compartí alegrías, penas, dificultades y logros. A la Feña, por ser una amiga considerada, con quienes siempre puedo contar para cualquier cosa, a la Cardo, por haber estado con nosotros desde el principio y habernos compartido su amistad y su forma única de ser, y al Pipe, por, aparte de estar aquí conmigo haciendo este proyecto final, ser un amigo confiable, esforzado y dedicado, y una persona trabajadora en general. A Benjamín, por ser de las primeras personas con quien tuve amistad, y a su grupo de amigas, Carla, Escarlet, Ange y Mochi, por su camaradería y por los buenos ratos. A Nin, porque a pesar de nuestra complicada historia siempre será un gran amigo con que sé que puedo contar. Y a aquellos amigos que, por razones de la vida, nos hemos alejado, pero que siempre recordaré los buenos momentos que pasamos, y que, si algún día leen esto, espero que sepan que estoy hablando de ustedes.

También quiero agradecer a todos los profesores de la facultad por su trabajo y dedicación tanto como profesionales de su disciplina como por su trabajo académico y docente, especiales agradecimientos a la profesora Ivanna Toyo, por su admirable dedicación como profesional y como profesora, y su destacable etiqueta tanto como persona como docente, así como su guía durante el proceso de la realización de este proyecto. Al profesor Cristian Baeza, por su ayuda durante varias dificultades durante el procedimiento, y su destacado trabajo como profesional.

A personas fuera de la universidad, gente que siempre me apoyó en mi vida, a aquellas personas que día a día me recuerdan porqué sigo acá, que me han acompañado en la vida, que me dan la razón y motivación para seguir adelante, con quienes puedo contar y saber que estarán conmigo, como la Yami, que desde el liceo ha estado conmigo en las buenas y en las malas. A aquellas personas que no están en mi vida actualmente, por una razón u otra, que me dieron la fuerza, el apoyo, la enseñanza y la motivación para seguir no solo para este proyecto, ni para la universidad, sino en la vida, que me ayudaron a crecer y que siempre tendré en mi corazón y mente, con un sentimiento de amor, de cariño, y de nostalgia, personas que saben quiénes son, este mensaje de agradecimiento y de humildad va hacia ellos.

Y a mí, por haber creído en mí y haber poder dicho, si quiero, y si puedo.

De Felipe:

Quiero comenzar este apartado agradeciendo principalmente a mis padres, Luis y Verónica quienes siempre han sido una fuente de inspiración, por demostrarme que siempre puedo superar mis límites, por enseñarme valores tan fundamentales como el respeto, la empatía, el amor y la responsabilidad. Por darme un techo, comida y lujos que, aunque no siempre se lo podían permitir, me los daban. Son grandes personas y excelentes padres, no siempre se los digo, pero los amo infinitamente. Gracias por ser los pilares fundamentales en mi vida.

A mis hermanas: Carla, por creer siempre en mí, por darme su apoyo incondicional en cada situación y por demostrarme que puedo superar cada situación por muy difícil que sea. Eres una gran persona y te admiro por ello. Y a Fernanda, por su amor,

comprensión y apoyo incondicional. Por siempre ofrecerme un espacio en su casa durante las largas ventanas de la u, por ser la pareja de mi querido cuñado Mauricio y madre de Fidel que, aunque sea muy joven, ya logró dejar una marca en mi corazón.

Mis abuelas Ilda y Chepa, grandes mujeres con las que siempre he podido contar para todo, gracias por su amor, apoyo y consejos. Son una familia excepcional, jamás podré enmendar lo que cada uno ha hecho por mí. Los amo con cada parte de mi ser.

A mi pareja Romina, quien siempre me ha dado su amor de forma incondicional. Por siempre apoyarme, aconsejarme y compartir tu tiempo conmigo. Eres una persona muy importante en mi vida, gracias por permitirme estar a tu lado. Te amo eternamente.

A Fernanda, Valentina y Luis que a pesar de no compartir tanto como me hubiese gustado, lograron dejar una marca en mí, hicieron de esta etapa una experiencia más amena con nuestras conversaciones absurdas y estúpidos chistes. Son unos grandes amigos y antropólogos. Gracias por su amistad.

A Franco, Jorge, Benjamín, Andy, Tomas y Martin. Amigos de la infancia que siempre han estado en todo momento, gracias de verdad por su hermandad, cariño, risas y por su eterna compañía. Puedo decir con total franqueza que son los mejores amigos que alguien como yo podría tener.

Y a mis profesores, por ser excelentes docentes y guías en este largo y al mismo tiempo breve etapa. En especial a nuestra profesora guía Ivanna, por tenernos la paciencia de guiarnos de forma correcta en este proceso y al profesor Cristian por darnos su total apoyo desde un principio.

Finalmente, me gustaría agradecer a todas las personas que han estado en mi vida y no he nombrado expresamente, quienes gracias a ellos soy la persona que soy actualmente. Su compañía, cariño y apoyo han sido fundamentales, les estaré eternamente agradecido.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
3. JUSTIFICACIÓN	13
4. VIABILIDAD	16
5. HIPOTESIS	18

6. OBJETIVOS	18
6.1 Objetivo general	18
6.2 Objetivos específicos.....	19
7. ANTECEDENTES.....	19
7.1 Métodos de estimación de sexo morfométricos y morfognosticos	20
7.2 Métodos morfológicos de estimación de sexo	20
7.3 Métodos de estimación de sexo con húmero.....	21
7.4 Método de Rogers (1999) y Falys et al. (2005).....	26
7.4.1 <i>Revisiones del método de Rogers en distintas poblaciones</i>	29
8. CONTEXTO.....	32
8.1 Contexto histórico de Talcahuano	32
8.1.1 <i>Población de Talcahuano</i>	35
8.2 Cementerio de Talcahuano	40
8.3 Contexto de las muestras	42
8.4 Origen de los restos óseos.....	42
8.5 Tipo de población.....	43
9. MARCO TEÓRICO	44
9.1 Métodos de estimación de perfil biológico y su uso en Antropología Física	44
9.2 Tipos de métodos para estimación de sexo.....	45
9.3 Dimorfismo Sexual.....	46
9.4 Estimación de Sexo	49
9.4.1 <i>Cráneo</i>	50
9.4.2 <i>Pelvis</i>	51
9.4.3 <i>Huesos Largos</i>	53
9.5 Anatomía del húmero.....	54
9.5.1 <i>Epífisis distal del húmero</i>	55
9.5.2 <i>Tróclea humeral</i>	56
9.5.3 <i>Capítulo humeral</i>	56
9.5.4 <i>Fosa olecraneana</i>	56
9.5.5 <i>Fosa coronoidea</i>	57
9.5.6 <i>Epicóndilo medial</i>	57
9.5.7 <i>Epicóndilo lateral</i>	57
9.6 El húmero y su potencialidad en la estimación de sexo	57
9.7 Importancia de la estimación de sexo en contextos bioantropológicos, forenses y arqueológicos.	59

9.8 Limitaciones y problemas de conservación y fragmentación.....	61
10. METODOLOGÍA.....	62
10.1 El método de Rogers (1999).....	62
10.2 Tipo de investigación.....	65
10.3 Alcance de la investigación.....	65
10.4 Procesamiento de los datos.....	65
10.5 Validación de los datos.....	66
10.6 Muestra.....	69
10.6.1 <i>Temporalidad de las muestras</i>	70
10.6.2 <i>Criterio de selección de muestras</i>	71
10.7 Herramientas y materiales.....	71
10.8 Procedimientos.....	72
10.9 Análisis de datos.....	73
11. RESULTADOS.....	75
11.1 Hitos anatómicos.....	75
11.1.1 <i>Ángulo del epicóndilo</i>	76
11.1.2 <i>Constricción troclear</i>	79
11.1.3 <i>Forma de la fosa olecraneana</i>	82
11.1.4 <i>Simetría de la tróclea</i>	85
12. ANÁLISIS.....	88
12.1 Eficacia global del método por lateralidad.....	88
12.2 Poder discriminante por hito anatómico.....	90
12.3 Análisis por lateralidad de cada hito.....	95
12.3.1 <i>Ángulo del epicóndilo</i>	95
12.3.2 <i>Constricción de la tróclea</i>	97
12.3.3 <i>Forma de la fosa olecraneana</i>	99
12.3.4 <i>Simetría de la tróclea</i>	101
12.4 Confiabilidad del método en población chilena.....	104
12.5 Contraste con aplicaciones previas en otras poblaciones.....	105
12.5.1 <i>Comparación del ángulo del epicóndilo</i>	105
12.5.2 <i>Comparación de la constricción troclear</i>	106
12.5.3 <i>Comparación de la fosa olecraneana</i>	107
12.5.4 <i>Comparación de la simetría troclear</i>	107
12.6 Posibles diferencias poblacionales que inciden en el desempeño del método.....	109
13. CONCLUSIÓN.....	113
14. BIBLIOGRAFÍA.....	118

15. ANEXOS	133
Anexo 1	133
Anexo 2	134
Anexo 3	136
Anexo 4	137
Anexo 5	138
Anexo 6	139

Índice de tablas

Tabla 1	75
Tabla 2	76
Tabla 3	77
Tabla 4	78
Tabla 5	79
Tabla 6	80
Tabla 7	81
Tabla 8	82
Tabla 9	83
Tabla 10	84
Tabla 11	85
Tabla 12	86
Tabla 13	87
Tabla 14	88
Tabla 15	88
Tabla 16	89
Tabla 17	89
Tabla 18	90
Tabla 19	90
Tabla 20	91
Tabla 21	91
Tabla 22	92
Tabla 23	92
Tabla 24	93
Tabla 25	93
Tabla 26	94
Tabla 27	94
Tabla 28	95
Tabla 29	95
Tabla 30	96
Tabla 31	96

Tabla 32	97
Tabla 33	97
Tabla 34	98
Tabla 35	98
Tabla 36	99
Tabla 37	99
Tabla 38	100
Tabla 39	100
Tabla 40	101
Tabla 41	101

Índice de figuras

Figura 1	36
Figura 2	39
Figura 3	40
Figura 4	55
Figura 5	63
Figura 6	63
Figura 7	64
Figura 8	71
Figura 9	72

Resumen

La antropología física desempeña un rol fundamental en Chile en la construcción del perfil biológico a partir del análisis de restos óseos humanos. Si bien existe una amplia variedad de métodos de estimación, gran parte de estos han sido estandarizados en poblaciones morfológicamente distintas a la población chilena contemporánea. En este contexto, la presente investigación se centra en la revisión teórica y práctica del método de estimación sexual en húmeros propuesto por Tracy Rogers, aplicándolo a una muestra proveniente del Cementerio Municipal N.º 2 de Talcahuano.

Para ello, se replicó el estudio original en una muestra compuesta por 114 húmeros (58 correspondientes a individuos masculinos y 56 a individuos femeninos), recuperados desde una fosa común. Posteriormente, los restos fueron sometidos al método propuesto por Rogers y los datos obtenidos fueron sistematizados en una base de datos, con el propósito de establecer una comparación entre la población analizada y la muestra original utilizada por la autora.

Los resultados evidenciaron que el método presenta una viabilidad significativa para la estimación sexual en la muestra estudiada, alcanzando un 84 % de precisión en individuos masculinos y un 73 % en individuos femeninos. No obstante, los porcentajes obtenidos difieren levemente de aquellos reportados por Rogers en su investigación original.

1. INTRODUCCIÓN

La bioantropología constituye una disciplina esencial dentro de las ciencias sociales y forenses, cuyo objetivo central radica en la reconstrucción del perfil biológico de individuos a partir de restos óseos. Este perfil incluye la estimación de variables clave como el sexo, la edad, la estatura y la ancestría, mediante métodos tanto morfognósticos como morfométricos (Buikstra & Ubelaker, 1994). Estos enfoques permiten no solo la identificación individual en contextos forenses, sino también la comprensión de dinámicas poblacionales, patrones de salud, migración y división sexual del trabajo en poblaciones del pasado y del presente.

En el ámbito forense, la estimación del perfil biológico adquiere una relevancia crítica en escenarios de desastres naturales, violaciones a los derechos humanos o fragmentación tafonómica avanzada, donde los restos óseos representan la única fuente de información disponible. Chile, por su ubicación geográfica en el Cinturón de Fuego del Pacífico, enfrenta recurrentemente sismos y tsunamis de gran magnitud (Fujii & Satake, 2012) (Leyton et al., 2009), además de un histórico de desapariciones forzadas durante el régimen militar (1973-1990), lo que ha impulsado la necesidad de herramientas antropológicas precisas y validadas localmente (Cáceres Roque, 2004). En el contexto bioarqueológico, estos métodos facilitan la reconstrucción de perfiles demográficos, condiciones de vida y adaptaciones culturales, contribuyendo al conocimiento histórico de las poblaciones que habitaron el territorio nacional.

Sin embargo, la mayoría de los estándares de estimación fueron desarrollados a partir de colecciones osteológicas documentadas de Europa y Norteamérica, lo que introduce sesgos significativos al aplicarse en poblaciones con distinta expresión de dimorfismo sexual y variabilidad morfológica. Esta limitación ha generado un consenso académico sobre la imperiosa necesidad de validar y, cuando corresponda,

recalibrar los métodos en muestras locales, con el fin de reducir márgenes de error y garantizar su aplicabilidad transcultural (Klales et al., 2012).

Este trabajo de memoria de título se centra en la revisión del método de estimación de sexo propuesto por Rogers (1999), el cual utiliza la observación morfológica no métrica de cuatro rasgos del extremo distal del húmero: la forma de la fosa olecraneana, el ángulo del epicóndilo medial, la simetría troclear y la constricción troclear. Este procedimiento, de fácil aplicación y alta accesibilidad, reportó en su muestra original norteamericana de 133 individuos con una precisión global del 92%, siendo particularmente efectivo cuando la pelvis o el cráneo no se encuentran disponibles o presentan deterioro (Falys et. Al., 2005) (Rogers. 1999). Revisiones posteriores en poblaciones británicas, sudafricanas y tailandesas han evidenciado variaciones en su desempeño (Falys et. al., 2005) (Tallman, Blanton, 2020) (Vance, Steyn, 2013), subrayando la importancia de evaluaciones poblacionales específicas.

La muestra que se analizara proviene del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano (Región del Biobío), conformada por 62 individuos adultos contemporáneos (1983-2011), con sexo y edad conocidos, representativa de una población chilena mestiza moderna. Mediante la aplicación ciega del método y el análisis estadístico de su precisión, este estudio busca determinar su eficacia en contexto local, identificar los rasgos con mayor poder discriminante y contrastar los resultados con los obtenidos en otras poblaciones. De este modo, se pretende contribuir al desarrollo y aplicación de estándares antropológicos propios en Chile, fortaleciendo tanto la práctica forense nacional como la investigación bioarqueológica en la Región del Biobío.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los métodos de estimación en la antropología física consisten en como su nombre lo indica, estimar un perfil biológico a partir de restos óseos, enfocándose en el sexo, edad, estatura y ancestría de un individuo. Estos resultados se obtienen por medio de métodos bioantropológicos de estimación. Por un lado, se emplean los métodos morfognósticos, los cuales consisten en la evaluación macroscópica y cualitativa de los rasgos anatómicos (Miller, M. 2023). Por otro lado, se aplican los métodos morfométricos, que utilizan técnicas cuantitativas, tales como mediciones estandarizadas y modelos matemáticos, para cuantificar y analizar dimensiones específicas del esqueleto (Krenzer, 2006). Estos métodos de estimación tienen usos tanto en contextos bioarqueológicos y forenses, como académicos.

Los métodos de estimación del perfil biológico pueden ser aplicados en diversos contextos, entre los cuales destacan, por su relevancia y relevancia en el contexto medicolegal y bioarqueológico. En el ámbito medicolegal, estos métodos constituyen una herramienta fundamental para el reconocimiento e identificación de personas cuyos restos humanos no se encuentran en un estado reconocible, ya sea, como consecuencia de procesos tafonómicos avanzados, traumatismos severos o eventos de carácter masivo. En estos escenarios, la estimación del sexo, la edad, la estatura y la ancestría resulta esencial para la construcción del perfil biológico y su posterior comparación con registros antemortem, contribuyendo directamente a los procesos de identificación humana y a la administración de justicia (Buikstra y Ubelaker, 1994) (Işcan y Steyn, 2013).

En el contexto bioarqueológico, la aplicación de estos métodos permite reconstruir el perfil biológico de individuos pertenecientes a poblaciones del pasado, con el objetivo

de comprender dinámicas demográficas, sociales, ambientales y culturales. A partir del análisis osteológico es posible inferir patrones de comportamiento, condiciones de vida, estados de salud, adaptaciones biológicas y relaciones poblacionales, así como caracterizar morfológicamente a los grupos humanos representados en un sitio arqueológico determinado (Larsen, 2015) (Mays, 2010).

Históricamente, una parte considerable de los métodos empleados para la estimación del perfil biológico ha sido desarrollada a partir de colecciones osteológicas documentadas provenientes principalmente de Europa y Norteamérica. Estas colecciones, ampliamente utilizadas como muestras de referencia a nivel mundial, han servido de base para la formulación de estándares morfométricos y morfognósticos, lo que implica que muchos de estos métodos reflejan características biológicas propias de poblaciones específicas de esas regiones (Buikstra y Beck, 2006) (Ousley, Jantz y Freid, 2009). Diversos autores han señalado que la aplicación directa de estas metodologías a poblaciones distintas puede introducir sesgos significativos, particularmente en variables como el dimorfismo sexual, la robustez ósea y los patrones de crecimiento y envejecimiento (Spradley y Jantz, 2011) (Stull et al., 2014).

Debido a la naturaleza sensible de la información obtenida mediante estos métodos, especialmente en contextos medicolegales, donde los resultados pueden tener implicancias éticas, legales y humanas. Resulta fundamental evaluar cuidadosamente su precisión y confiabilidad (Dirkmaat et al., 2008). En este sentido, se vuelve imprescindible la validación de las metodologías de estimación del perfil biológico en poblaciones diferentes a aquellas en las que fueron originalmente desarrolladas, con el fin de comprobar que mantienen niveles adecuados de efectividad, reducir el margen de error y asegurar su aplicabilidad en contextos diversos (Garvin y Passalacqua, 2011) (Klales, Ousley y Vollner, 2012).

En el caso específico del método de Rogers (1999) el estudio original de Rogers fue realizado utilizando muestras de colecciones de la Universidad de Toronto y 35 individuos de la colección esquelética de la Universidad de Nuevo México, también con muestras de la colección donada por William M. Bass (Rogers, 1999) esto abarcando el nicho de poblaciones norteamericanas.

Para ampliar el conocimiento sobre la efectividad de los distintos métodos de estimación de sexo en diversas poblaciones, se realizan evaluaciones y validaciones en contextos geográficos específicos. Cuando un método demuestra resultados consistentes en poblaciones distintas a aquella en la que fue desarrollado originalmente, se realiza una extensa revisión de dicho método para adaptarlo a la población deseada. Estas revisiones son importantes en el campo bioantropológico para comprobar que este método tiene una efectividad considerable en poblaciones distintas a la muestra del método original, esto debido a las posibles diferencias morfológicas y dimórficas que pueden existir en individuos de otras poblaciones, causadas por factores tanto ambientales como genéticos, causando irregularidades en la precisión de la aplicación del método en estas poblaciones (Ubelaker D.H & DeGaglia C.M. 2017). La verificación en muestras de individuos de poblaciones distintas permite a los antropólogos aplicar estos procedimientos con mayor confianza al contar con evidencia de su desempeño en individuos de la misma población o de contextos comparables, lo que contribuye a obtener resultados con menos sesgos de población por muestras originales (Carvalho et al., 2013).

3. JUSTIFICACIÓN

Las validaciones de métodos son necesarias para mantener un perfil preciso y confiable dentro del contexto antropológico. La antropología física se destaca porque los métodos más utilizados son relativamente modernos, debido a la escasa antigüedad de la disciplina en comparación a otras (Klales et al., 2012) (Lagunas Rodríguez, 2002).

La revisión de metodologías a nivel local no solo garantiza una aplicación más precisa y confiable en contextos prácticos, sino que también facilita el reajuste de los parámetros originales desde una nueva perspectiva académica cuando se detectan carencias técnicas (González Rojas et al., 2024). Independientemente de los resultados y la efectividad obtenida, este proceso genera datos de alto valor para la estimación bioarqueológica en áreas geográficas específicas. El propósito fundamental de evaluar estos métodos en grupos diversos es verificar su fiabilidad

transcultural: si los resultados son favorables, la técnica se considera efectiva para dicha población, de lo contrario, la discrepancia aporta información crítica sobre las limitaciones del método, sugiriendo que factores geográficos o una excesiva especificidad original impiden su aplicación en ciertas poblaciones específicas (Ubelaker & DeGaglia, 2017).

A nivel global, la disponibilidad de colecciones osteológicas accesibles en museos o archivos es limitada. Esta escasez de recursos, sumada a la falta de registros oficiales, dificulta la obtención de un tamaño de muestra óptimo para la investigación y creación de nuevos métodos de estimación (Campanacho et al., 2021). A esta problemática se añade la homogeneidad de las colecciones existentes, las cuales suelen representar a una sola población, restringiendo así el estudio de la variabilidad interpoblacional (Buikstra & Ubelaker, 1994). Por consiguiente, resulta fundamental realizar revisiones en poblaciones diversas. La aplicación de métodos validados en un único grupo demográfico puede derivar en errores técnicos que, dada la naturaleza crítica de su uso, conllevan repercusiones graves tanto en el ámbito legal como en el bioarqueológico (Carvalho et al., 2013).

La revisión de metodologías a nivel local no solo garantiza una aplicación más precisa y confiable en contextos prácticos, sino que también facilita el reajuste de los parámetros originales desde una nueva perspectiva académica cuando se detectan carencias técnicas. Independientemente de los resultados y la efectividad obtenida, este proceso genera datos de alto valor para la estimación bioarqueológica en áreas geográficas específicas. El propósito fundamental de evaluar estos métodos en grupos diversos es verificar su fiabilidad transcultural: si los resultados son favorables, la técnica se válida para dicha población, de lo contrario, la discrepancia aporta información crítica sobre las limitaciones del método, sugiriendo que factores geográficos o una excesiva especificidad original impiden su aplicación en ciertas poblaciones específicas.

La aplicación del método de Rogers (1999) ha sido revisada en pocas poblaciones aparte de la original. La muestra original de Rogers se basó en individuos de Estados Unidos, sin embargo, estudios posteriores han revisado este método en poblaciones distintas, entre ellas, se han comprobado este método en muestras de individuos blancos y negros estadounidenses, nativos americanos, esquimales, aleutianos,

chinos, japoneses e ingleses (Wanek V.L. 2002) (Simpson R. 2018) (Falys et al. 2005) (Watkinson L. 2012).

En el contexto chileno, más allá de las aplicaciones forenses y bioarqueológicas convencionales, la identificación de individuos tras desastres naturales adquiere una relevancia crítica debido a las particularidades geográficas y medioambientales del territorio. En razón de su ubicación tectónica, Chile presenta una de las actividades sísmicas más elevadas a nivel mundial (Leyton, Ruiz y Sepúlveda, 2009). Asimismo, su extensa costa sobre el océano Pacífico lo convierte en un país especialmente vulnerable a maremotos y tsunamis de alcance transoceánico (Fujii y Satake, 2012).

Debido a esto, Chile posee una relevancia singular dentro de Sudamérica, a raíz de la amplitud cronológica, ambiental y cultural de sus contextos funerarios y de sus colecciones osteológicas. En el norte del país se han registrado enterramientos arcaicos tempranos asociados a la cultura Huentelauquén, fechados entre 9.700 y 8.100 años AP, mientras que en la región de Arica y Parinacota la tradición Chinchorro constituye uno de los referentes más sobresalientes del registro mortuario mundial, al presentar la evidencia más antigua conocida de momificación artificial y cuerpos conservados en estados excepcionales gracias a las condiciones hiperáridas del desierto de Atacama (Costa-Junqueira, 2001) (UNESCO World Heritage Centre, 2021).

A ello se suma que, para períodos posteriores, el registro bioarqueológico chileno ha demostrado su utilidad para reconstruir patrones de salud, dieta, ancestría, prácticas funerarias y organización social, como lo evidencia la revisión de contextos coloniales desarrollada por Andrade et al. (2020). En conjunto, estos antecedentes muestran que Chile constituye un territorio privilegiado para la investigación bioarqueológica, no solo por la antigüedad y diversidad de sus contextos, sino también por el valor analítico de los restos humanos conservados.

Dentro de este escenario, el estudio del extremo distal del húmero adquiere especial importancia, ya que la utilidad de un elemento óseo en bioarqueología depende tanto de su potencial diagnóstico como de su supervivencia en contextos de entierro. La conservación de colecciones bioantropológicas en Chile ha puesto de manifiesto la

necesidad de resguardar y estudiar aquellos segmentos anatómicos que mantienen integridad suficiente para aportar información confiable, aun cuando otros huesos vitales se encuentren fragmentados o ausentes (Acevedo, 2013). En este sentido, el extremo distal del húmero resulta especialmente pertinente, porque constituye una región que suele preservarse con frecuencia y que, además, ofrece rasgos morfológicos útiles para la estimación sexual.

En este marco, la realización de una revisión metodológica del método de Rogers (1999) posee un valor académico significativo, dada la ausencia de antecedentes locales debido a la histórica dificultad para acceder a restos óseos aptos para la investigación. Si bien, existen estudios previos sobre métodos de estimación en Chile (González, Rojas, Obertová y Franklin, 2024), estos se han centralizado en la Universidad de Chile, utilizando muestras provistas por dicha institución y entidades externas (Escobar-Meza et al., 2023). En este sentido, el análisis de muestras de individuos en regiones específicas adquiere una importancia intrínseca, debido a que también permite identificar variaciones interpoblacionales críticas para la Región del Biobío, donde se imparte la carrera de Antropología.

4. VIABILIDAD

Este proyecto de memoria de título cuenta con un alto grado de viabilidad gracias a una combinación favorable de factores institucionales, logísticos, metodológicos, éticos y académicos que han permitido su ejecución en condiciones óptimas.

En primer lugar, el acceso a la muestra osteológica fue posible gracias al respaldo formal y la colaboración activa del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano, entidad que autorizó expresamente la revisión y análisis de restos óseos exhumados de fosas comunes y/o sectores de inhumaciones temporales no reclamadas, conforme a lo establecido en el Decreto N°357 de 1970 del Ministerio de Salud (art. 37) y normativas municipales vigentes sobre manejo de osarios y restos no identificados. Esta autorización resultó fundamental, ya que proporcionó la única fuente disponible de restos humanos documentados (sexo y edad conocidos) de carácter contemporáneo en la zona del Gran Concepción con las características requeridas para el estudio.

La coordinación interinstitucional entre la Carrera de Antropología de la Universidad de Concepción y el cementerio facilitó la gestión de permisos, la habilitación de espacios físicos seguros y adecuados para el trabajo osteológico, y la implementación de protocolos de bioseguridad y respeto ético hacia los restos humanos. Se contó con el apoyo directo de la profesora guía (Ivanna Toyo Semeco) y del profesor co-guía (Cristian Baeza Torres), quienes supervisaron la planificación, ejecución y registro fotográfico del trabajo de campo, asegurando el cumplimiento de estándares éticos y científicos internacionales en antropología física.

Desde el punto de vista metodológico, la elección del método de Rogers (1999) resultó altamente viable por tratarse de una técnica morfoscópica, basada exclusivamente en la observación macroscópica directa de cuatro rasgos anatómicos del extremo distal del húmero. Esta característica eliminó la necesidad de instrumental especializado costoso (calibradores, escáneres 3D, tomógrafos, etc.), reduciendo significativamente los requerimientos presupuestarios y logísticos. Los únicos materiales empleados fueron elementos básicos y de bajo costo: guantes, mascarillas, lámparas portátiles de iluminación, cámara fotográfica digital (con registro de IMEI para trazabilidad) y fichas de registro estandarizadas, todos disponibles en el marco de la carrera de Antropología.

Adicionalmente, el tamaño muestral seleccionado (62 individuos adultos, 114 húmeros analizados tras aplicación de criterios de inclusión/exclusión) resultó manejable dentro del período de ejecución de la memoria de título, permitiendo la realización de observaciones independientes por parte de ambos investigadores (evaluación interobservador) y reevaluaciones posteriores (evaluación intraobservador), sin exceder los plazos académicos establecidos por la Universidad de Concepción.

Finalmente, la temporalidad contemporánea de la muestra (período 1983–2011) y la disponibilidad de información documental de sexo y edad (obtenida de registros administrativos del cementerio) constituyeron una ventaja clave para validar estadísticamente los resultados, sin incurrir en los problemas de incertidumbre diagnóstica que suelen afectar estudios en contextos arqueológicos o históricos.

5. HIPOTESIS

El método morfológico de determinación de sexo propuesto por Rogers (1999) para el extremo distal del húmero, que alcanzó una precisión del 92% en muestras norteamericanas, presentará una efectividad significativamente menor (o al menos diferente) cuando se aplique a una población chilena contemporánea, debido a las variaciones geográficas, étnicas y morfológicas entre poblaciones de América del Norte/Europa y América del Sur.

Hipótesis secundarias o complementarias que se derivan del planteamiento:

La aplicación del método de Rogers (1999) en una muestra de 114 humeros pertenecientes a una población del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano permitirá alcanzar una precisión global inferior al 92% reportado originalmente, o bien requerirá ajustes poblacionales para mantener niveles aceptables de exactitud ($\geq 80\%$).

Las características morfológicas del húmero distal (constricción troclear, simetría troclear, forma de la fosa olecraniana y ángulo del epicóndilo medial) mostrarán patrones de dimorfismo sexual distintos o menos marcados en la población chilena en comparación con las colecciones de referencia norteamericanas utilizadas por Rogers (1999) (Universidad de Nuevo México y William M. Bass).

Dado el escaso número de validaciones del método en poblaciones sudamericanas, este estudio podría aportar evidencia empírica que justifique la necesidad de desarrollar o adaptar métodos de estimación sexual específicos para poblaciones chilenas y sudamericanas en contextos académico-forenses.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Evaluar la eficacia del método de estimación de sexo de Rogers (1999) con el extremo distal del húmero aplicado en una muestra poblacional del Cementerio Municipal n°2 de Talcahuano, Región del Biobío, Chile.

6.2 Objetivos específicos

1. Identificar las características morfológicas de los cuatro hitos anatómicos observables del húmero que presenten mayor y menor poder discriminante para la estimación de sexo en población chilena.
2. Determinar el grado de confiabilidad del método de Rogers en población chilena.
3. Contrastar los resultados de aplicación del método en población chilena con aquellos realizados previamente en otras poblaciones.
4. Analizar las posibles diferencias poblacionales que afectan el desempeño del método, considerando la variabilidad morfológica entre las distintas poblaciones y la población chilena.

7. ANTECEDENTES

Para la estimación de sexo en individuos existen diversos métodos disponibles con diversas piezas óseas, así como regiones y zonas del cuerpo humano, usualmente se utilizan los huesos con mayor dimorfismo sexual en el cuerpo, correspondientes al cráneo y a la pelvis, siendo estas las estructuras óseas con un mayor nivel de efectividad al momento de estimar el sexo del individuo. Debido a la naturaleza gestacional de la pelvis, esta posee una morfología que se adapta al embarazo y al parto en individuos femeninos, formando esta una estructura más ancha a comparación de un individuo masculino, pero con una robustez ósea menor a los individuos masculinos. Estos rasgos dimorfistas son visibles principalmente en el pubis. En individuos femeninos, en la forma del arco ventral, tomando este una forma ovalada / circular, una concavidad subpúbica en forma de U y una rama isquiopúbica más delgada y filosa (Joon V. Rohatgi R. 2022) (Phenice, 1969).

Mientras, el cráneo se caracteriza por poseer una estructura más grácil y delgada en individuos femeninos, con inserciones musculares menos prominentes, en individuos masculinos se demuestra lo contrario, con huesos robustos y gruesos, así como inserciones musculares notorias, y presencia de la cresta nugal como hito en el hueso occipital. Cabe destacar que estos cambios son más notorios con la edad, siendo los rasgos masculinos más notorios en individuos mayores a 30 (Houston et. al. 2025). En consonancia con diversos métodos de estimación de rasgos biológicos por medios bioarqueológicos, se distinguen los enfoques morfométricos, los cuales se fundamentan en la aplicación de algoritmos y modelos matemáticos para la obtención de resultados cuantitativos. Si bien, estos métodos suelen reportar una mayor exactitud, exigen una rigurosa pericia técnica y competencias analíticas avanzadas para asegurar la fiabilidad de las inferencias. En contraposición, los métodos morfognósticos se basan en la inspección cualitativa de hitos anatómicos y rasgos óseos específicos. Aunque estos procedimientos destacan por su accesibilidad y celeridad operativa, su carácter inherentemente interpretativo conlleva una mayor vulnerabilidad a sesgos Interobservadores e intraobservadores y a una precisión estadística comparativamente reducida (Nakhaeizadeh et. al. 2014).

7.1 Métodos de estimación de sexo morfométricos y morfognósticos

Los enfoques morfométricos y morfognósticos para la estimación del sexo se fundamentan en la cuantificación de dimensiones específicas en estructuras óseas. La implementación de estos métodos exige un alto rigor técnico para garantizar la precisión de los datos, dado que son intrínsecamente vulnerables al error humano y a la variabilidad estadística. Si bien, su complejidad operativa es significativamente mayor en comparación con los métodos morfoscópicos (cualitativos), ofrecen una mayor objetividad y precisión, priorizando la exactitud de los resultados sobre la simplicidad del procedimiento. En este contexto, resulta imperativo el análisis del error intra e Inter observador para validar la fiabilidad y reproducibilidad de las inferencias obtenidas (Utermohle C.J. Zegura S.L. 1982).

7.2 Métodos morfológicos de estimación de sexo

Por otro lado, los métodos morfológicos para estimar sexo consisten en la observación de hitos anatómicos, de ciertos rasgos específicos localizados en estos hitos, y del

juicio personal del investigador/es, debido a la naturaleza inevitablemente subjetiva del proceso, se añaden medidas alternativas para disminuir el margen de error y el sesgo personal al momento de realizarse, usualmente estos métodos son revisados por dos o más personas a la vez al momento de aplicar el procedimiento, para disminuir la subjetividad al momento de observar los hitos anatómicos requeridos (Nakhaeizadeh S. et. al. 2014)

El método de (Walker L.P. 2008) es ampliamente utilizado por su accesibilidad de uso, al ser este simple de comprender y una fácil aplicación, este consiste en la determinación de varios hitos anatómicos en el cráneo del individuo, y su expresión, es decir, en qué forma o estado se encuentra este. Este método fue realizado con una muestra de 304 individuos de nacionalidad estadounidense, europea y afroamericana. Los hitos por estudiar son la prominencia de la cresta nugal, siendo esta más expresada en individuos masculinos, la prominencia y robustez de la apófisis mastoidea, el grosor del margen supra orbital, siendo este más grácil y delgado en individuos femeninos, la prominencia de la glabella, y la eminencia mental. Estos rasgos son comparados de acuerdo con su nivel, teniendo un rango de 1 a 5 en cuanto a expresión, y cuenta con una efectividad de entre 84% y 88%, un número aceptable para su uso en contextos bio arqueológicos. Estos métodos en general poseen una efectividad menor a los métodos morfométricos debido a su naturaleza subjetiva, por lo que su uso suele ser considerado con discreción, utilizando uno o más métodos junto con estos, u optando por métodos morfométricos en casos donde se requiera una precisión mayor (Walker L.P. 2008).

7.3 Métodos de estimación de sexo con húmero

En el caso de estimación de sexo, los métodos más valorados son aquellos que utilizan principalmente a la pelvis y al cráneo (Phenice T.W. 1969) (Walker L.P. 2008), esto debido al dimorfismo social prevalente en aquellas zonas, sin embargo, existen métodos alternativos con otros huesos cuando estos no están disponibles para su estudio, usualmente por erosión por el terreno o destrucción por factores externos, varias zonas del esqueleto humano presentan estas diferencia de dimorfismo sexual al igual que el cráneo o la pelvis, pero en una expresión disminuida, debido a esta

limitante, estos métodos suelen tener una efectividad menor al 90% obtenido por medio de los métodos utilizando pelvis y cráneo, a pesar de esto, estos métodos mantienen una relevancia e importancia dentro del trabajo bioarqueológico por las razones previamente mencionadas, casos donde métodos con un mayor nivel de efectividad no pueden ser aplicados.

En el caso de los huesos largos, se han demostrado que estos pueden ser usados, aparte de para la estimación de altura, para la estimación de sexo, esto debido a varios factores específicos dependiendo de la localización y factores biomecánicos del hueso. Debido a esto, también existen métodos morfométricos que utilizan huesos largos para estimar el sexo. (Carvallo D. Retamal R. 2020). En el caso del húmero, este posee la característica de marcar y separar los hábitos hábiles y manuales de individuos a través de su vida, esto debido a que al ser un miembro superior, es sometido a un estrés físico considerable a través de los años por medio de las actividades realizadas por trabajo manual, esta característica lo separa de otros huesos y le da un valor arqueológico por su desarrollo a través de los años, especialmente en individuos de tercera edad, donde estos marcadores biológicos son mucho más prevalentes debido al tiempo de realización y al deterioro de los huesos por uso continuo, dejando marcas más notorias, que deben distinguirse del envejecimiento natural (Villote et al., 2009). Esta característica permite, en casos donde la división del trabajo se fundamenta por roles de género, obtener información sobre la vida doméstica de los individuos, como, por ejemplo, la presencia de marcadores característicos por el lanzamiento continuo de armas de rango, como podrían ser lanzas o arpones, que indicarían un estilo de vida dependiente de la caza y/o la pesca (Churchill S.C. Rhodes J.R. 1970).

Para estimar sexo por medio del húmero, existen varios métodos tanto morfométricos como morfognósticos, un ejemplo de método morfométrico es el realizado por (Khan A.M. et. al. 2020), determinando el sexo del individuo por medio de varias medidas del húmero, las medidas utilizadas fueron: el largo máximo del húmero (MLH), el diámetro máximo de la cabeza del húmero (MDH), el diámetro vertical de la cabeza del húmero (VDH), el diámetro transverso de la cabeza del húmero (TDH), el ancho epicondilar (EB) y el ancho condilar (CB), se utilizaron 122 húmeros masculinos y 52 húmeros femeninos, para un total de 174 individuos, la muestra de húmeros fue

obtenida por medio de cadáveres en el Departamento de Anatomía de Hospital y Universidad Médica Nishtar en Pakistán, con un rango de 25 a 75 años de edad, se realizaron fórmulas para obtener un puntaje específico para cada medición, y posteriormente se desarrolló un punto de corte para determinar si el individuo era masculino o femenino, la efectividad total obtenidas por cada una de estas mediciones fueron: 85% MLH, 76% MDH, 85% VDH, 76% TDH, 75% EB y 78% CB. Esto demuestra una efectividad considerable al utilizar métodos morfométricos de estimación con el húmero, sin embargo, sigue siendo poco recomendable si se tienen métodos con una efectividad mayor, por esta razón, se suelen utilizar uno o más métodos a la vez para determinar el sexo en un solo individuo (Khan A.M. et al. 2020).

El artículo de investigación de (Cayabatmaz B. et. al. 2026) investiga la estimación de sexo en contextos forenses donde los restos están fragmentados, utilizando 13 parámetros morfométricos del extremo distal del húmero obtenidos de tomografías computarizadas angiográficas retrospectivas de 310 individuos turcos adultos, 155 hombres y 155 mujeres, edades 18-65 años, excluyendo patologías o fracturas. Los parámetros incluyen distancias como entre epicóndilos lateral y medial (LE-ME), anchos de superficies articulares y fosas (olecraneana, radial, coronoides), profundidades de fosas, anchos del capítulo y tróclea, longitudes de capítulo y tróclea, y distancias específicas como entre puntos distales de la tróclea (DDT) y proximal de fosa olecraneana a distal de tróclea (POF-DTH), midiendo solo el lado derecho para estandarización. Aplicaron algoritmos de machine learning (LDA, QDA, LR, DT, RF, ETC, k-NN, Gaussian NB) con división 80/20 para entrenamiento/prueba, obteniendo precisiones de 0.87 (DT) a 0.97 (ETC), con métricas altas de sensibilidad, especificidad y F1, el análisis ROC mostró AUC de 0.695 (DCF) a 0.965 (DDT), y SHAP reveló que DDT contribuye más al modelo. Los autores concluyen que estos parámetros proporcionan alta precisión en estimación de sexo vía ML, superando métodos tradicionales discriminantes (Del Bove A. et. al. 2023).

La tesis de maestría de (Berthelot C.M. 2014), tiene como objetivo evaluar y validar la utilidad del extremo distal del húmero para la estimación del sexo mediante tres métodos en una muestra mayoritariamente de individuos blancos estadounidenses de la William M. Bass Donated Skeletal Collection. Se analizó la anchura epicondilar por

medio de un método morfométrico, obteniendo una precisión de clasificación del 88.84 %, los rasgos morfognósticos descritos por (Rogers T.L. 1999) y Vance et al. (2011), que alcanzaron un 77 % de precisión combinada con bajo error intraobservador pero alto interobservador, y la morfometría geométrica utilizando un digitalizador Microscribe y el software MorphoJ, con precisiones del 55 % para todos los landmarks, 57 % para los anteriores y 63 % para los posteriores. Berthelot destaca la confiabilidad y repetibilidad de la anchura epicondilar, mientras que la morfometría geométrica muestra potencial, pero necesita mejoras para su aplicación práctica en antropología forense.

El artículo científico de Shim Y.T et al. propone un novedoso método morfométrico para estimar el sexo a partir del húmero mediante imágenes tridimensionales reconstruidas por tomografía computarizada postmortem. Analizaron 600 húmeros derechos e izquierdos de coreanos adultos, 360 individuos masculinos y 240 individuos femeninos, aplicando regresión logística a tres parámetros: longitud máxima (2D), volumen del 20% de la longitud máxima en húmeros intactos (regiones cefálicas, diáfisis media y distal) y volumen de 5 cm en húmeros dañados (regiones cefálica y distal). Los resultados mostraron precisiones del 75-76% con la longitud máxima sola, que aumentaron significativamente a 89-93% con los parámetros volumétricos 3D, hasta 98,81% en regiones específicas según sexo, superando ampliamente los métodos morfométricos bidimensionales tradicionales. Los autores concluyen que el uso de información volumétrica tridimensional del húmero coreano ofrece mayor precisión y fiabilidad en antropología forense, el trabajo incluye ecuaciones de regresión, validación cruzada y discusión comparativa con estudios previos asiáticos y occidentales (Shim Y.T. et. al. 2025).

Por su parte, el artículo científico de Iscan M.Y. et. al (1998) tiene como objetivo establecer estándares morfométricos para la determinación del sexo a partir del húmero y comparar el tamaño y el dimorfismo sexual en tres poblaciones mongoloides asiáticas, utilizando muestras documentadas de 87 individuos chinos, 90 japoneses y 104 tailandeses. Se midieron seis dimensiones estándar del húmero izquierdo (longitud máxima, diámetro vertical de la cabeza, diámetros mínimo y máximo de la diáfisis media, circunferencia de la diáfisis media y anchura epicondilar) y se aplicaron análisis discriminantes paso a paso y directo, seleccionando el diámetro vertical de la cabeza y la anchura epicondilar como variables comunes más discriminantes. Los

resultados mostraron precisiones globales del 86.8% en chinos, 92.4% en japoneses y 97.1% en tailandeses con las fórmulas stepwise. Los chinos presentaron las mayores dimensiones, pero menor dimorfismo sexual, mientras que los tailandeses fueron los más pequeños pero los más dimórficos, y los japoneses ocuparon una posición intermedia. Las pruebas de validación cruzada confirmaron que las fórmulas son específicas de población, ya que su aplicación entre grupos reduce notablemente la precisión. Los autores concluyen que existen diferencias regionales significativas incluso entre poblaciones mongoloides asiáticas, lo que subraya la necesidad de desarrollar estándares morfométricos locales para la identificación forense (Iscan M.Y. et al. 1998).

El artículo publicado en López-Lázaro S. et al. (2020), explora el uso de técnicas de morfometría geométrica para estimar el sexo a partir del húmero en contextos forenses donde pelvis o cráneo están ausentes, analizando 72 húmeros bien preservados de adultos españoles, 40 individuos masculinos y 32 individuos femeninos de la colección del Cementerio Municipal de San José en Granada. Se fotografiaron los huesos en posiciones estandarizadas para cuatro vistas bidimensionales (anterior proximal, y anterior, posterior e inferior distal), digitalizando landmarks y semilandmarks con TPSdig2. Se evaluó error intra e interobservador (ICC 0.876-1.000, excelente), aplicando análisis de Procrustes generalizado, componentes principales (PCA explicando >95% varianza), variables canónicas (CVA) y discriminante con validación cruzada leave-one-out. Los resultados mostraron dimorfismo sexual significativo en forma, pero bajas precisiones (55-78% individuos masculinos, 57-72% en individuos femeninos) con variables de forma sola, al combinar con tamaño (centroid size, significativamente mayor en hombres, $p < 0.05$), las precisiones aumentaron a 82-95% en individuos masculinos y 84-95% en individuos femeninos, con vistas proximal anterior y distal posterior más discriminantes. Los autores concluyen que la forma sola es insuficiente, requiriendo tamaño para alta discriminación.

Finalmente, otro método morfométrico menos ortodoxo es el propuesto por Milner R.G. et al. (2012) que consiste en la medición de la cabeza femoral y humeral. Este presenta mediciones de los diámetros de la cabeza humeral y femoral en 237

esqueletos modernos de blancos estadounidenses de la Colección Donada Bass, con medias de 42,1 mm en individuos femeninos y 49,0 mm en individuos masculinos para el húmero, y 42,2 mm en individuos femeninos y 48,4 mm en individuos masculinos para el fémur. Se presentan tablas de probabilidades (p_f) de que un hueso de diámetro dado (en incrementos de 1 mm) pertenezca a una mujer, calculadas para muestras con proporciones de mujeres desde el 1% hasta el 99%, destacando que la composición sexual de la muestra investigada influye significativamente en las estimaciones, especialmente en contextos forenses donde se conoce el ratio de sexos. El húmero resultó ligeramente más discriminante que el fémur, aunque combinar ambas mediciones no mejoró los resultados. Se discute cómo la composición de la muestra afecta tanto las estimaciones individuales como los estudios de validación de métodos, concluyendo que es esencial ajustar por el ratio sexual conocido para evitar errores de clasificación.

7.4 Método de Rogers (1999) y Falys et al. (2005)

En el caso de métodos morfognóstico para la estimación de sexo que utilizan al húmero como objeto de estudio, el método de Rogers T, desarrollado en 1999, se destaca por su facilidad de aplicación y su alto nivel de efectividad, especialmente considerando que es un método morfognósticos sobrepasando varios métodos de estimación de sexo en efectividad a pesar de su accesibilidad y relativa simpleza, este método fue realizado en con muestras de individuos estadounidenses y canadienses, 49 muestras (25 masculinas, 24 femeninas) fueron recuperadas de la colección en la Universidad de Toronto, 46 muestras (23 masculinas, 23 femeninas) fueron obtenidas desde el Museo Maxwell en Nuevo México y 38 muestras (20 masculinas y 18 femeninas) fueron obtenidas por medio de la colección de Bass en Tennessee, dando un total de 133 individuos para ser estudiados (Rogers, 1999).

El método de Rogers consiste en la observación de cuatro rasgos morfológicos observados en la diáfisis distal de húmero, estos rasgos son: la forma de la fosa olecraneana (Profunda y ovalada en individuos femeninos, superficial, ancha y triangular en masculinos), el ángulo del epicóndilo medial (agudo y sube verticalmente en individuos femeninos, obtuso y sube gradualmente en masculinos), la simetría troclear (simétrica en individuos femeninos, asimétrica en masculinos) y la constricción troclear (muy marcada en individuos femeninos, muy leve o ausente en

masculinos). Una vez estos rasgos son identificados, se determina el sexo del individuo dependiendo de la condición de cada rasgo analizado: si tres o cuatro rasgos son determinados como masculinos / femeninos, el individuo es estimado hacia aquel sexo, si se obtienen dos rasgos femeninos y dos rasgos masculinos, el sexo del individuo es categorizado como indeterminado. El rasgo más discriminante fue la fosa olecraneana, con un rango de acierto de 90%. Este método tiene una efectividad de 95% en individuos femeninos y de 86% en individuos masculinos, con una media de 92% de efectividad total, esta efectividad es bastante alta para ser un método meramente observacional, y añadiendo a esto la rapidez con la que se puede realizar el método, así como la simpleza de este, el método de Rogers es altamente efectivo y recomendado cuando la pelvis o el cráneo no se encuentran disponibles (Rogers, 1999).

El método de Falys (2005) es una revisión del método de Rogers, utilizando el mismo concepto de la observación directa de la epífisis distal húmero, pero con una muestra diferente, mientras que Rogers utilizó una muestra norteamericana, Falys utilizó una muestra británica localizada en St. Bride's Church, situada en Fleet Street, Londres, estas muestras son de entre el siglo XVII y XIX, siendo estas poblaciones antiguas comparadas con las realizadas por Rogers, tomando el dominio de población histórica a comparación de la población moderna de Rogers. A pesar de esta antigüedad, se mantiene el hecho de que es una validación del método de Rogers para la población europea británica (Falys et al., 2005).

Falys utilizó 351 muestras de húmeros izquierdos y derechos, siendo estos de 187 individuos masculinos y 167 femeninos, la prueba de chi-cuadrado realizada para probar el error intra-observador no demostró una diferencia considerable. Se realizó de la misma manera que el método de Rogers, observando los cuatro rasgos previamente mencionados: La forma de la fosa olecraneana, el ángulo del epicóndilo medial, la simetría y la constricción trocleares, todos estos rasgos manteniendo su condición diferencial dependiendo de la forma en que se presentan estos rasgos, y considerando una cantidad 3-4 rasgos masculinos o femeninos como denominantes del sexo del individuo.

En la investigación de Falys, Schutkowski y Weston (2005), el método tuvo una exactitud general del 72.4% al combinar los cuatro rasgos morfológicos, lo que está por debajo del margen del 80% sugerido para la validez de las técnicas de estimación sexual (Rogers T.L., 1999). Este hallazgo demostró que, a pesar de la variación morfológica natural entre sujetos del mismo sexo, el conjunto de características sugeridas conserva una capacidad diagnóstica robusta para ser utilizada en contextos arqueológicos y forenses, particularmente cuando los componentes esqueléticos más dimórficos (la pelvis o el cráneo) no están presentes (Falys et al. 2005).

Se notó que, al examinar los rasgos de forma independiente, algunos presentaron una mayor capacidad discriminante que otros. El indicador más confiable fue el contorno de la fosa del olécranon, con una precisión media del 86.4%, seguido por la simetría de la tróclea (78.8%) y el ángulo del epicóndilo medial (72.3%), según Falys et al. (2005). En contraste, la constricción de la tróclea tuvo la precisión más baja, particularmente en hombres, probablemente a causa de asimetrías funcionales o variaciones laterales vinculadas con la dominancia manual. Los autores sugirieron el empleo de este método con un enfoque flexible, priorizando las características más constantes y teniendo en cuenta la posibilidad de variación bilateral o individual dentro de cada una de las poblaciones estudiadas (Falys et al., 2005).

La revisión de Falys confirma que este método, si bien es utilizable en poblaciones diferentes a la original, existen diferencias considerables entre la efectividad de su uso en otras poblaciones, sin embargo, la causa principal por esta diferencia no es fácilmente identificada por medio de la muestra de Falys, esto debido a la diferencia tanto cronológica como local. Aun así, el método revisado de Rogers (1999) comprueba que este método se puede utilizar en otras poblaciones, siempre y cuando se tenga en consideración que su efectividad varía y, de ser posible, debe comprobarse su efectividad en la zona en la que se va a realizar el método, ya sea, una revisión en el territorio exacto, o en poblaciones lo más cercanas posibles al lugar de estudio (Falys et al., 2005).

No obstante, este método tiene limitaciones. Los autores resaltaron la diversidad morfológica tanto intra como intersexual en la muestra, que hizo difícil una categorización clara entre individuos de sexo masculino y femenino (Falys et al., 2005). Se demostró que las características sugeridas por Rogers (1999) constituyen

los extremos del dimorfismo sexual, aunque no incluyen apropiadamente las formas intermedias presentes en cada uno de los sexos. Esto resultó en que unas tres cuartas partes de los ejemplares no se pudieran clasificar con certeza, lo que llevó a la necesidad de agregar más categorías como "probable masculino" y "probable femenino". Asimismo, se reconoció que ciertos rasgos, como la constricción de la tróclea y el ángulo del epicóndilo medial, pueden presentar expresiones unilaterales, lo que sugiere una posible influencia de la lateralidad funcional o de factores ocupacionales sobre la morfología del húmero.

Otra limitación importante señalada por los autores fue la sensibilidad del método frente a la variación poblacional y temporal. Dado que la muestra utilizada provenía de una población británica histórica específica, su morfología puede no reflejar las características de otras poblaciones con distintos contextos genéticos o ambientales (Falys et al., 2005). Esta restricción implica que la aplicación del método debe realizarse con cautela fuera del contexto europeo y, preferiblemente, acompañada de estudios de validación regionales. Además, los autores advirtieron que la subjetividad inherente al análisis visual puede introducir errores interobservador, especialmente en rasgos de transición o con baja definición. Por ello, recomendaron que el método sea empleado como una herramienta complementaria dentro de un enfoque multifactorial de estimación sexual, en conjunto con otros indicadores morfognósticos o morfométricos que refuercen la fiabilidad del diagnóstico.

7.4.1 Revisiones del método de Rogers en distintas poblaciones

El método de Falys (2005) es la revisión primordial del método de Rogers, esto debido a la profundidad de análisis y crítica que se introdujo al método. Falys utilizó una muestra británica recuperada con una temporalidad del siglo XVII a XIX. Una de las observaciones principales que Falys discutió fue que el método de Rogers (1999) no consideraba suficientemente las diferencias morfológicas presentes en individuos del mismo sexo, debido a esta variabilidad de expresión, al aplicar el método con los cuatro rasgos impuestos por Rogers originalmente, se obtuvo una efectividad considerablemente menor a la muestra original utilizada por Rogers. En conclusión, se afirmó que los parámetros de Rogers si demostraron un dimorfismo sexual

importante, y que las muestras de húmeros utilizada por Falys si era consistente con las hipótesis del método de Rogers, sin embargo, debido a la limitada variación morfológica que el método original consideró relevante para la estimación de sexo, muchos húmeros estudiados por Falys no poseían rasgos equivalentes a los parámetros que propuso Rogers para su estimación, debido a esto, hubo una mayor cantidad de indeterminados en la muestra de Falys, al no ser posible la categorización debido a la falta de información en cuánto a rasgos con una expresión diferente a la muestra original. El rasgo con una mayor efectividad fue la fosa olecraneana, con un 86.4% de precisión, esto es consistente con el estudio original de Rogers, cuyo rasgo también obtuvo la mayor efectividad en comparación al resto.

La colección ósea documentada de St. Bride's Church, situada en Fleet Street, Londres, fue la población de referencia empleada para volver a evaluar el método y abarca individuos con ascendencia británica caucásica que vivieron entre los siglos XVII y XIX (Falys et al., 2005). Esta colección se eligió porque tiene datos biográficos fiables de la edad y el sexo al momento de morir, lo cual posibilitó que la exactitud del método fuera corroborada en una muestra de personas con información conocida. Se examinaron 351 húmeros en total, de los cuales 184 eran de hombres y 167 de mujeres, estos se analizaron de manera separada para evitar la interferencia de otros componentes anatómicos. Esta muestra, representativa de una población histórica europea, permitió evaluar la aplicabilidad del método en contextos arqueológicos y establecer su potencial uso comparativo con colecciones modernas (Falys et al., 2005).

La tesis de maestría de Wanek V.L. (2002) evalúa el método visual de Rogers (1999) proponiendo seis rasgos morfognósticos del aspecto posterior y medial del húmero distal (constricción troclear, simetría troclear, forma de la fosa olecraneana, ángulo del epicóndilo medial, simetría del epicóndilo medial y curvatura del carrete distal) para determinar el sexo. Realizó un estudio ciego en 649 húmeros izquierdos de poblaciones muy diversas (blancos y negros americanos, nativos americanos, esquimales de Alaska, aleutianos, chinos, japoneses y otros) provenientes de las colecciones Hamann-Todd y Terry, complementado con cuatro mediciones métricas para comparación: Pruebas no paramétricas, como chi-cuadrado, Spearman, Kendall, y asignó sexo por mayoría de rasgos, ambiguo solo en empate 3-3. Todos los rasgos

mostraron fuerte asociación estadística con el sexo conocido, la precisión global combinada alcanzó el 84% independientemente de la población las poblaciones con un mayor nivel de precisión fueron las poblaciones de individuos aleutianos, con una muestra de 40 individuos, y chinos, con una muestra de 41 individuos, ambas poblaciones compartiendo una precisión del 94%, mientras que la población con la menor efectividad fueron los individuos estadounidenses negros, con una población de 234 y una precisión de 78%. Este nivel de efectividad iguala, y en muchos casos supera a los métodos métricos, concluyendo que las características morfológicas visuales del húmero distal son confiables, no específicas de población y constituyen una alternativa rápida y efectiva para bioarqueología y antropología forense cuando los elementos diagnósticos clásicos están ausentes.

Otra revisión es la tesis de honores de Simpson R. (2018), titulada *Population-Specific Variation in the Accuracy of Rogers' Method of Sex Estimation*, evalúa la precisión del método visual propuesto por Rogers (1999) para estimar el sexo mediante cuatro rasgos morfológicos del extremo distal posterior del húmero (constricción troclear, simetría troclear, tamaño/forma de la fosa olecraneana y ángulo del epicóndilo medial). Aunque Rogers reportó inicialmente un 92% de precisión en colecciones predominantemente blancas, estudios posteriores no lograron replicar esos resultados de manera consistente. Realizando una prueba ciega en 199 húmeros izquierdos de 85 individuos americanos negros y 114 blancos de la Colección Osteológica Hamann-Todd con una temporalidad de 1910 a 1940, Simpson aplicó seriación independiente de cada rasgo y análisis con regresión logística, obteniendo una precisión del 58% en individuos negros, 73% en individuos blancos, con una precisión global del 67%, la fosa olecraneana resultó ser el rasgo más preciso, acorde con otras revisiones. El estudio concluye que el método no es universalmente aplicable, discute las limitaciones bioculturales y problemáticas de las categorías raciales en colecciones esqueléticas documentadas y concluye que el método no es igualmente efectivo en todas las poblaciones (Simpson R. 2018).

La tesis de pregrado de Watkinson L. (2012), evalúa la viabilidad y precisión del método visual propuesto por Rogers (1999) mediante un estudio ciego en 80 húmeros aislados de 46 individuos anglosajones de siglos V-VII del cementerio Bowl Hole de

Bamburgh, cuyo sexo había sido previamente determinado por métodos tradicionales (pelvis, cráneo y morfométricos). Tras una prueba preliminar en una pequeña muestra de Hereford para familiarizarse con los rasgos y refinar la puntuación (definitivo/probable/indeterminado), aplicó sistemas de puntuación por mayoría de rasgos y por puntos, comparando resultados con el sexo asignado, logró una precisión global superior al 80% al combinar los cuatro rasgos, aunque ninguno individual fue lo suficientemente confiable por separado, con variabilidad en la expresión de rasgos y mayor indeterminación que en muestras modernas. Compara sus resultados con estudios previos (Falys et. al., 2005) (Rogers, 1999) (Vance et. Al., 2011) (anek, 2002), discute limitaciones metodológicas en poblaciones arqueológicas y concluye que el método es aplicable con éxito en contextos medievales tempranos ingleses, complementando técnicas métricas o tradicionales.

8. CONTEXTO

8.1 Contexto histórico de Talcahuano

El origen histórico de la ciudad de Talcahuano se encuentra estrechamente ligado a la Gran Bahía de Concepción cuyo proceso de ocupación se inicia en el año 1550 con la fundación de la ciudad de Concepción, la cual fue ubicada en la costa debido a razones estratégicas de seguridad y suministro, en el marco inicial de la Guerra de Arauco (Cartes y Luppi, 2013).

Si bien para ese entonces, el territorio actual de Talcahuano presentaba las mejores condiciones portuarias de la bahía, debido a los fondos y vientos del terreno, la falta de caminos terrestres hacía difícil e innecesario habilitar otros asentamientos urbanos más allá de la antigua ciudad de Concepción ubicada en Penco (Cartes y Luppi, 2013).

Por consiguiente, es recién a partir del siglo XVIII, en el marco de un intenso ciclo comercial entre España y Francia a través de la Ruta del Estrecho, que Talcahuano comienza a consolidarse como una villa poblada, inicialmente gracias a la presencia de marinos y comerciantes franceses que se establecen de manera estacional en la

zona para comercializar sus mercancías. No obstante, este ciclo comercial de origen francés fue breve, interrumpiéndose hacia el año 1725 (Cartes y Luppi, 2013).

Paralelamente, durante los siglos XVII y XVIII, el Concepción de Penco sufrió una serie de grandes terremotos y maremotos, entre ellos los ocurridos en los años 1657, 1730 y 1751, los cuales obligaron a las autoridades a trasladar la ciudad de Concepción hacia el interior. Este proceso dio paso a una nueva localización urbana alejada de la costa, que, a su vez, hizo necesaria la designación de un nuevo puerto, configurando así la “necesidad histórica de fundar Talcahuano” (Cartes y Luppi, 2013, p. 10).

De dicho modo, según mencionan Cartes y Luppi (2013), “El 5 de noviembre de 1764, mismo año en que se concreta finalmente el traslado de la Concepción, surge el puerto de Talcahuano en función complementaria a la capital del sur y La Frontera” (p. 10).

En el contexto del proceso de Independencia de Chile, Talcahuano adquirió un rol estratégico y simbólico relevante. En 1817 Bernardo O'Higgins estableció un campamento en el Morrillo de Perales, frente a las defensas de Talcahuano, con el objetivo de enfrentar a las tropas realistas. Si bien esta acción militar no logró el resultado esperado, “la estadía del Libertador en Concepción y en Perales, no obstante, es muy significativa para la República. Desde su campamento proclama la Independencia y arroja en desafío el documento (...) sobre la empalizada de El Morro” (Cartes y Luppi, 2013, p. 10).

Tras dejar atrás las consecuencias del proceso independentista, el puerto de Talcahuano volvió a posicionarse como un eje relevante del comercio marítimo, respaldado por el Decreto de Libertad de Comercio promulgado en 1811. Este contexto permitió la reanudación del tráfico marítimo, con la llegada sostenida de embarcaciones principalmente inglesas, francesas y norteamericanas, dedicadas a la caza de ballenas y a la explotación de pieles de lobos marinos, lo que permitió que hacia 1830 Talcahuano se consolidara como el principal puerto ballenero del Pacífico Sur (Cartes y Luppi, 2013).

Paralelamente, durante este período arribaron a Talcahuano diversas expediciones científicas, que actuaron como parte del avance del imperialismo europeo en la región. Este proceso de desarrollo se vio abruptamente interrumpido por el terremoto y maremoto del 20 de febrero de 1835, evento que provocó una devastación generalizada y dejó a la ciudad en un estado de profunda ruina (Cartes y Luppi, 2013).

Hacia mediados del siglo XIX, impulsado por el auge de la producción triguera y de la actividad ballenera, Talcahuano retomó su crecimiento, permitiendo que numerosas familias extranjeras se establecieran en la zona (Cartes y Luppi, 2013).

En este contexto de expansión económica, hacia fines del siglo XIX se concretaron importantes obras de infraestructura portuaria que marcaron un punto de inflexión en el desarrollo de Talcahuano. Al respecto, Cartes y Luppi (2013) señalan que “En 1890 la construcción del dique seco número 1 en Talcahuano, por ingenieros franceses, y del Apostadero Naval, consagran a Talcahuano como el gran astillero y puerto comercial y militar del Pacífico Sur” (p. 11). Estas transformaciones permitieron el posterior desarrollo y consolidación de la industria pesquera, al mismo tiempo que impulsaron el crecimiento urbano y la configuración de Talcahuano como ciudad.

A partir de este proceso, Talcahuano comenzó a conformar instituciones propias, como el Cuerpo de Bomberos, el Club Social, escuelas e industrias. No obstante, el mayor impulso se dio con la instalación de la siderúrgica Huachipato en la década de 1940, cuya construcción significó la expropiación de fundos y la construcción de poblaciones obreras que “cambió para siempre la fisonomía del puerto” (Cartes y Luppi, 2013, p. 12).

Durante las siguientes décadas Talcahuano mantuvo un desarrollo relativamente estable. Sin embargo, en 2010 la ciudad enfrenta uno de los episodios más críticos de su historia reciente, siendo afectada por el terremoto y maremoto del 27 de febrero, siendo considerada la “zona cero” del desastre. Como consecuencia numerosas poblaciones resultaron inundadas, provocando la pérdida de viviendas y de edificios públicos. No obstante, gracias a un esfuerzo conjunto del sector público, privado y de la propia comunidad, la ciudad logró iniciar un amplio proceso de reconstrucción, permitiendo su continuidad como centro urbano y portuario (Cartes y Luppi, 2013).

8.1.1 Población de Talcahuano

En la historia de Talcahuano, el concepto de población comienza a perfilarse en el siglo XVIII con la llegada de marinos y comerciantes franceses que permanecían de manera estacional en la zona para comercializar sus productos. Este primer asentamiento fue dando forma a una comunidad incipiente, que levantó viviendas, huertas e iglesias, y desarrolló oficios como la herrería y la tonelería. Con el paso del tiempo, estos grupos se integraron a la sociedad penquista principalmente a través de vínculos matrimoniales, dando origen a numerosas familias cuyos apellidos quedaron registrados en la historia local, como los “Morandé (Morigandais) Letelier, Pinochet, Coó (Caux), Pradel, etc.” (Cartes y Luppi, 2013, p. 9). Sin embargo, es a partir del traslado de Concepción desde Penco en 1764 y, por consiguiente, del surgimiento del puerto de Talcahuano cuando comienza a registrarse un poblamiento más sistemático del plano ubicado frente a la bahía (Cartes y Luppi, 2013).

Figura 1

Mapa del pueblo y puerto de Talcahuano de 1863.



Nota. Mapa que muestra el pueblo de Talcahuano y sus delimitaciones, fue creado con la finalidad de establecer ferrocarriles en la zona. Creado por Benimelis y Pascual, 1869. Rescatado de Tantaku. <https://tantaku.cl/plano-del-pueblo-y-puerto-de-talcahuano-en-la-republica-de-chile/>

No obstante, pocas décadas después, la zona comenzó a enfrentar también algunas de las consecuencias propias de su condición portuaria. La constante circulación de embarcaciones implicaba igualmente la llegada de enfermedades provenientes de otros territorios. En este contexto, según señala Cavieres (1990), cronistas de la época registraron la aparición de una epidemia que pudo haber sido introducida por un escuadrón naval español que arribó al puerto en 1780, la cual, de acuerdo con dichos testimonios, “mataba a muchos apenas en tres días” (Cavieres, 1990, p. 89).

Durante el período de la Independencia se produjo una escasez generalizada de alimentos. En el caso de la población de Talcahuano, “el hambre también dejó una enseñanza, ya que el mar se convirtió en la principal fuente de abastecimiento”

(Moreno, 1964, p. 87). De este modo, la comunidad comenzó a incorporar en su dieta productos marinos, recursos que hasta entonces eran desaprovechados (Moreno, 1964).

A mediados del siglo XIX, con la recuperación del crecimiento, familias extranjeras comenzaron a asentarse en la zona, atraídas por la cercanía al puerto y por los paisajes de la bahía. Como resultado, la población inició un proceso de aumento y expansión territorial hacia los cerros (Cartes y Luppi, 2013).

Para ese entonces, Moreno (1964) explica que “la pésima fama que tenía Talcahuano, lo marcaba en los mapas de las rutas de las naves, con rojo, que indicaba precauciones por ser lugar de contagio de enfermedades” (p 263.)

De acuerdo con el censo de 1835, Talcahuano mantenía un tamaño poblacional de 2.220 habitantes. No obstante, tanto las epidemias, como el terremoto y tsunami que afectaron a la bahía de Concepción en 1835, conocido como “La Ruina”, provocaron un fuerte impacto en la población que alteró su dinámica demográfica y presentó un lento crecimiento poblacional durante los años siguientes (Lermanda y Ramírez, 2023).

Sin embargo, hacia 1872 la ciudad aún no se encontraba preparada para enfrentar nuevas crisis sanitarias. En ese año se registró la llegada de una epidemia de cólera al puerto, aparentemente introducida nuevamente por embarcaciones extranjeras. La propagación de la enfermedad tuvo como “inmediata consecuencia una de las más grandes series de fallecimientos” (Moreno, 1964, p. 262), evidenciando la precariedad de las condiciones sanitarias y de atención médica disponibles en la localidad.

Un avance significativo en materia de salubridad pública se produjo hacia fines del siglo XIX, cuando comenzaron a instalarse cañerías de agua potable y pilones que funcionaban como surtidores para la población. Este proceso culminó en 1897 con la inauguración formal del servicio de agua potable en Talcahuano (Moreno, 1964).

Durante el siglo XX, especialmente a partir de la instalación de la siderúrgica Huachipato y de otras empresas industriales, se produjo la conformación de poblaciones obreras y un acelerado proceso de urbanización en sectores como

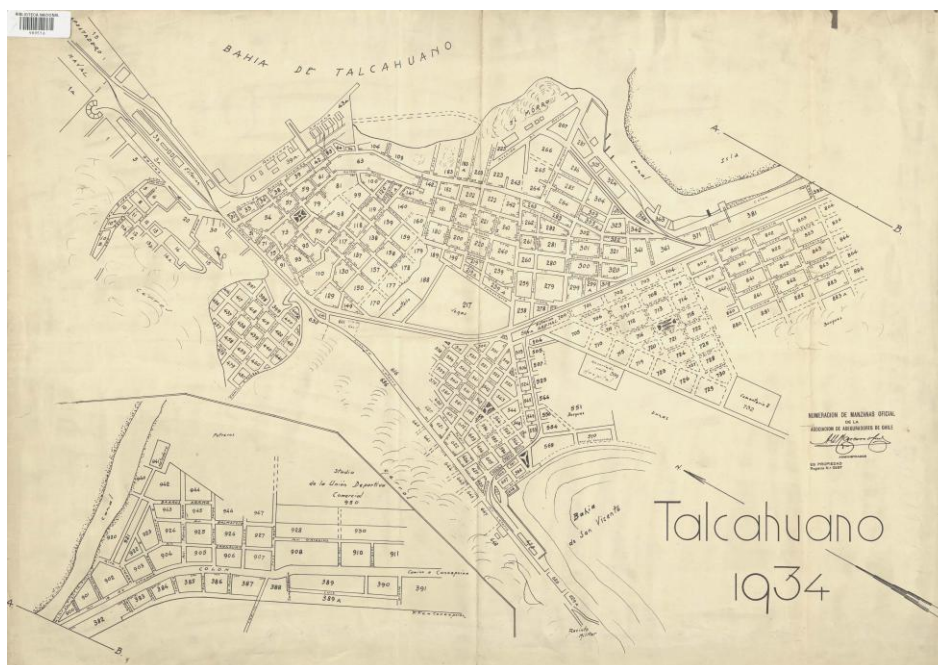
Talcahuano, Las Higueras y Medio Camino. En este contexto, Cartes y Luppi (2013) señalan que “Talcahuano fue una de las ciudades de más rápido crecimiento en los años 60 en América Latina, cuadruplicando su población” (p. 12).

Sin embargo, Lermenda y Ramírez (2023) advierten que “desde 1854 hasta 1875, la población porteña tuvo un lento pero progresivo descenso, explicado por el proceso de migración interna hacia zonas agrícolas y de explotación carbonífera del Golfo de Arauco” (p. 167). Este fenómeno provocó que, entre los años 1865 y 1875, la población de Talcahuano disminuyera en un 2,9%, manteniéndose nuevamente en una posición numéricamente inferior en comparación con otras ciudades de la provincia de Concepción

Fue finalmente entre los años 1885 y 1907 cuando Talcahuano experimentó un crecimiento demográfico significativo, llegando a prácticamente duplicar su población cada diez años. Este proceso se enmarca en una noción de progreso que, según Lermenda y Ramírez (2023), “se materializó con la construcción y establecimiento de una serie de obras públicas e instituciones que dinamizaron a la sociedad porteña en términos socioculturales” (p. 168). Dicho desarrollo se expresó en la edificación de diversos equipamientos públicos, tales como el Juzgado de Letras, la Gobernación, el cuartel de policía, la Aduana, el Telégrafo, el Hospital y la estación de ferrocarriles, entre otros.

Figura 2

Mapa de la comuna de Talcahuano en 1934.

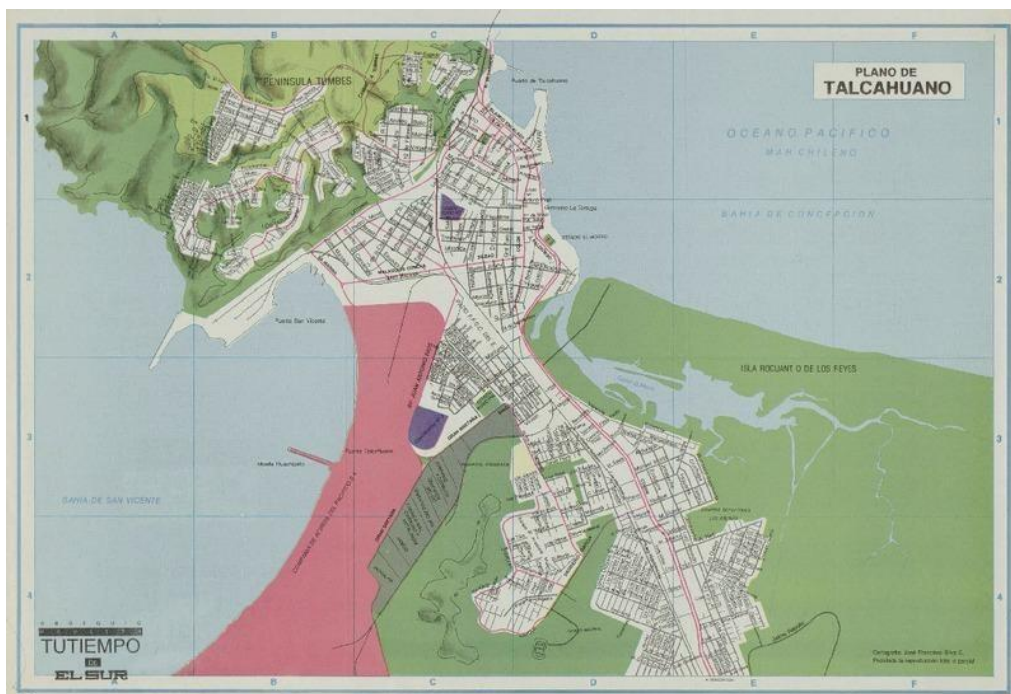


Nota. En el mapa se puede apreciar el exponente crecimiento de la población respecto a 1863. Realizado por la asociación de aseguradores de Chile, 1934. Rescatado de Biblioteca Nacional digital. <https://www.bibliotecanacionaldigital.gob.cl/visor/BND:311804>

Actualmente, según los datos oficiales del censo realizado en el año 2024 por el Instituto Nacional de Estadísticas, la comuna de Talcahuano registra una población total de 147.322 habitantes. De este total, 70.548 corresponden a individuos de sexo masculino, mientras que 76.774 corresponden a individuos de sexo femenino, evidenciándose una ligera predominancia del sexo femenino en la composición demográfica local (INE, 2024).

Figura 3

Mapa moderno de Talcahuano.



Nota. Mapa moderno que muestra los límites de la comuna de Talcahuano perteneciente al año 1993. Realizado por José Francisco Silva C., publicado por Diario El sur, 1993, rescatado de Biblioteca Nacional. <https://www.bibliotecanacionaldigital.gob.cl/bnd/631/w3-article346700.html>

8.2 Cementerio de Talcahuano

La ciudad de Talcahuano cuenta con dos cementerios municipales principales: el Cementerio Municipal N°1 y el Cementerio Municipal N°2. El primero tiene su origen en el año 1840, bajo la premisa de que “no había un lugar para sepultar dignamente a quienes no profesaban la religión católica” (Municipalidad de Talcahuano, s. f.). Esta situación motivó a un grupo de marinos ingleses, probablemente vinculados a la industria ballenera, a impulsar la creación de un cementerio destinado a disidentes religiosos, dando origen al actual Cementerio Municipal N°1 (Municipalidad de Talcahuano, s. f.).

De acuerdo con Rodríguez (comunicación personal, 10 de diciembre de 2025), este cementerio fue consolidándose como el espacio de sepultación de los sectores más acomodados de la ciudad. En él se encuentran enterrados veteranos de la Guerra del Pacífico oriundos de Talcahuano, así como miembros de instituciones como la Armada y Carabineros de Chile, además de asociaciones paritarias vinculadas a organizaciones obreras. En términos generales, correspondía a agrupaciones y

personas que contaban con los recursos económicos necesarios para la construcción de mausoleos y sepulturas formales.

Así, desde una perspectiva popular, el Cementerio Municipal n°1 comenzó a ser reconocido como “el cementerio de la clase más pudiente de Talcahuano” (Rodríguez F., comunicación personal, 10 de diciembre de 2025), situación que derivó en la creación de un segundo recinto funerario. El Cementerio Municipal n°2 surgió así poco antes de 1920 (Vías de la memoria, 2025, 5m15s), como respuesta a la necesidad de sepultar a aquellas personas que no podían acceder al Cementerio n°1 por carecer de los medios económicos necesarios. En este espacio, los fallecidos eran enterrados directamente en tierra, sin construcciones permanentes (Rodríguez F., comunicación personal, 10 de diciembre de 2025).

Debido al carácter más rudimentario de estas sepultaciones, en sus inicios los entierros se realizaban sin un orden espacial definido. Según señala Rodríguez (comunicación personal, 10 de diciembre de 2025), fue aproximadamente durante la década de 1970 cuando el Estado asumió formalmente la administración del Cementerio Municipal n°2, iniciándose un proceso de normalización en su organización interna. A partir de entonces, comenzaron a venderse terrenos para la construcción de sepulturas y a delimitarse patios exclusivos destinados al arriendo de sepulturas en tierra.

En la actualidad, el funcionamiento del cementerio se encuentra regulado, estableciéndose normativas para las sepultaciones y las construcciones permitidas, respondiendo a la intención de “mantener una estética y una urbanización que indiquen la existencia de un orden preestablecido” (Rodríguez F., comunicación personal, 10 de diciembre de 2025).

En relación con el sistema de sepultación en tierra, Rodríguez (comunicación personal, 10 de diciembre de 2025), explica que estas corresponden a patios de arriendo por un período de hasta 15 años, los cuales pueden renovarse. En muchos casos, una vez transcurrido dicho plazo, las familias optan por adquirir un terreno, nicho o propiedad definitiva dentro del cementerio. Posteriormente, se realiza el

proceso de reducción de restos, los cuales son trasladados a la nueva sepultura, liberando el espacio para un nuevo entierro.

Este procedimiento implica que el cementerio notifique a las familias para que cumplan con el marco legal vigente en cuanto al traslado de los restos de sus familiares. En aquellos casos en que este proceso no se realiza de manera efectiva, el Reglamento General de Cementerios faculta a los Cementerios Municipales para efectuar reducciones forzadas una vez cumplidos los plazos establecidos, destinando los restos a la fosa común (Rodríguez F., comunicación personal, 10 de diciembre de 2025).

8.3 Contexto de las muestras

El ingreso de restos humanos a la fosa común se produce, principalmente, una vez vencido el plazo legal de ocupación de las sepulturas temporales, cuando estos no son reclamados por familiares o terceros responsables. En este sentido, el artículo 38 del mismo reglamento establece que: “Vencido el plazo de ocupación de una sepultura temporal, el cementerio, si nadie reclama los restos existentes en ella, podrá retirarlos para trasladarlos a la fosa común o para proceder a su incineración (...) sin responsabilidad alguna para la Dirección del cementerio” (Decreto N°357 de 1970 (Ministerio de salud), Reglamento General de Cementerios, artículo 38).

8.4 Origen de los restos óseos

Durante los dos meses de trabajo práctico en el cementerio se obtuvieron muestras de 62 individuos, estos individuos se encontraban depositados en las hueseras del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano, la fecha de defunción y el contexto de estos individuos varía en gran manera, esto es tanto una consecuencia de la metodología de trabajo, en dónde se elegían 5 a 10 individuos al azar, cuyo estado se desconocía hasta el momento de la apertura de las bolsas de reducción.

La huesera A presenta individuos de una mayor antigüedad, estos siendo del siglo 20, los individuos que fueron considerados para este estudio que pertenecían a la huesera A fueron un total de 4 de 62, formando un 2.48% del total de estudio, estas muestras pertenecieron principalmente a la década de los 90, con la más antigua

perteneciendo al año 1987, por lo que su fecha de entierro, al no tener una diferencia considerable con los individuos de la huesera B, la diferencia entre fechas con la huesera B no es un factor a considerar, pues forman parte de un grupo relativamente cercano en cuanto a cronología.

Los individuos provenientes de la huesera B corresponden a fallecimientos ocurridos entre los años 2000 y 2011, constituyendo los casos más recientes dentro de las muestras analizadas. En total, se estudiaron 58 individuos extraídos de esta huesera. Debido a su relativa proximidad temporal, siendo el individuo más reciente de aproximadamente 14 años desde su fecha de defunción, esta muestra se considera representativa de una población moderna, entendida como aquella que corresponde a individuos pertenecientes a contextos demográficos recientes y comparables con poblaciones actuales utilizadas en estudios forenses y bioantropológicos (Christensen, Passalacqua & Bartelink, 2019).

8.5 Tipo de población

La población utilizada en una investigación bioantropológica puede clasificarse, según su antigüedad y contexto cronológico, en tres grandes categorías: poblaciones contemporáneas, históricas y arqueológicas. Esta clasificación permite contextualizar adecuadamente las muestras analizadas y comprender los factores biológicos y culturales que pueden influir en la morfología ósea observada. En términos generales, las poblaciones contemporáneas corresponden a individuos fallecidos en un período relativamente reciente, usualmente comprendido entre el siglo XX y la actualidad. Este tipo de muestras se caracteriza por reflejar de manera directa las condiciones biológicas, sociales y ambientales propias de las poblaciones modernas, incluyendo factores como mejoras en la nutrición, acceso a servicios de salud, cambios en el estilo de vida y transformaciones demográficas que han ocurrido durante los últimos siglos (Larsen, 2015 y White, Black & Folkens, 2012).

El estudio de poblaciones contemporáneas resulta particularmente relevante dentro de la antropología física y forense, ya que permite desarrollar y validar métodos de estimación biológica en contextos que guardan una mayor similitud con las poblaciones actuales. De esta forma, los métodos osteológicos pueden ser evaluados

con mayor precisión en muestras que presentan características biológicas comparables con individuos modernos, lo que contribuye a mejorar su aplicabilidad en investigaciones forenses y bioantropológicas actuales (Christensen, Passalacqua & Bartelink, 2019). Además, este tipo de muestras suele encontrarse en contextos relativamente bien documentados, como cementerios contemporáneos, colecciones osteológicas identificadas o instalaciones médico-legales, lo que facilita la obtención de información biográfica confiable para la validación de métodos antropológicos (Ubelaker, 2018).

En este contexto, la muestra analizada en la presente investigación corresponde a una población contemporánea, compuesta por individuos relativamente recientes provenientes del Cementerio Municipal N.º 2 de Talcahuano. Las muestras examinadas presentan fechas de defunción comprendidas entre los años 1983 y 2011, lo que sitúa cronológicamente a estos individuos dentro de un período moderno reciente. Debido a esta temporalidad, la colección analizada puede considerarse representativa de una población moderna local, permitiendo evaluar el desempeño del método osteológico en un contexto biológico cercano al de las poblaciones actuales. Asimismo, el estudio de esta muestra contribuye a ampliar el conocimiento sobre la variabilidad morfológica presente en poblaciones chilenas contemporáneas, aspecto fundamental para la validación regional de métodos de estimación biológica.

9. MARCO TEÓRICO

9.1 Métodos de estimación de perfil biológico y su uso en Antropología Física

La antropología física es la rama de antropología que basa su estudio en los ámbitos biológicos, el origen, la evolución y la diversidad humana. En términos generales, esta disciplina se basa en tres ramas principales de estudio: La evolución primate humana y no humana, la diversidad humana y las bases biológicas del ser humano, estos temas forman parte de distintas subdisciplinas como la primatología, antropología ecológica, entre otras (Tuttle, 2018). Además, debido a la naturaleza holística de la antropología física, otras ciencias utilizan sus conocimientos y procedimientos, como la antropometría, ampliamente usada en el área de la salud o la bioarqueología, cuyos

métodos de excavación son utilizados en ámbitos de la criminología como en el peritaje forense (Rodríguez, 2006).

En este marco, uno de los aportes más relevantes para la identificación humana corresponde a los métodos de estimación del perfil biológico, entendido como la reconstrucción de características fundamentales para orientar un proceso de identificación. Este perfil se compone de la denominada cuarteta básica (sexo, edad, estatura y ancestría). Sin embargo, aunque no forman parte estricta de esta cuarteta, también se consideran factores individualizantes que diferencian a la persona por rasgos no inherentes a su fisiología, pero que impactan el sistema esquelético, como paleopatologías, procedimientos médicos, deformidades óseas, entre otros (Austin y King, 2016). En conjunto, estos indicadores permiten construir una aproximación al perfil biológico de una persona cuando los únicos restos disponibles corresponden a osamentas (Cecilia y Vargas, 2015). En este punto, conviene enfatizar que la utilidad de estos métodos se incrementa cuando se aplican con estándares comparables de registro y observación, especialmente en contextos forenses y bioarqueológicos donde la reproducibilidad y la comunicación de resultados son críticas (Buikstra y Ubelaker, 1994).

9.2 Tipos de métodos para estimación de sexo

Si bien existen distintos tipos de métodos para la estimación del perfil biológico, cada uno requiere la aplicación de técnicas específicas que aseguren la precisión de los resultados. En consecuencia, la selección del procedimiento no depende únicamente del objetivo, sino también del grado de preservación, integridad y características morfológicas del material óseo, lo que resulta particularmente relevante en contextos bioantropológicos y forenses, donde las condiciones de conservación pueden variar de manera considerable (Klales, 2020) (Krishan, 2016).

Dentro de estos distintos tipos de métodos de medición, la presente investigación se centra en explicar los métodos morfognósticos, morfométricos y multivariados. Dichos métodos se explican a continuación:

1. Métodos morfognósticos: Este método se centra en la observación de rasgos sexualmente dimórficos presentes en los restos óseos. A partir de dichas observaciones, es posible estimar el sexo del individuo. Si bien su aplicación es rápida y puede ofrecer un nivel de precisión relativamente alto, no está exenta de errores, especialmente por la subjetividad del observador. A esto se suma que la edad del individuo es un factor clave, dado que los rasgos dimórficos no se expresan con la misma intensidad en adolescentes y adultos (Krishan, 2016).
2. Métodos morfométricos: Estos métodos se basan en la obtención de mediciones en zonas específicas de los huesos, las cuales se analizan mediante procedimientos estadísticos para estimar variables biológicas como sexo, edad, estatura o ancestría. En el caso del sexo, la precisión varía según el enfoque estadístico y la adecuación del método a la población de referencia, por lo que no se trata de un enfoque “universal” aplicable sin evaluación previa (Krishan et al., 2016).

9.3 Dimorfismo Sexual

El dimorfismo sexual se define como el conjunto de diferencias fisiológicas, genéticas y, en algunos casos, conductuales presentes en especies con reproducción sexual, lo que permite diferenciar a machos y hembras (Lande, 1980). Estas diferencias pueden expresarse más allá de los órganos reproductores, a través de características sexuales secundarias que cumplen funciones diversas según la especie. Por ejemplo, en algunas aves, la selección sexual favorece rasgos atractivos para el sexo opuesto, como plumajes más llamativos en los machos, mientras que, en otros grupos, las diferencias se manifiestan como variaciones de tamaño corporal. En síntesis, el dimorfismo sexual describe características distintivas que se expresan en individuos adultos de una especie (Lande, 1980).

En el ser humano, aunque estos rasgos son más evidentes en la morfología externa, también se observan diferencias internas significativas. Más allá del aparato genital, los individuos masculinos presentan, en general, un desarrollo muscular más marcado, un esqueleto de mayor tamaño y diferencias en la distribución del tejido adiposo. En términos amplios, en mujeres predomina el tejido adiposo subcutáneo, mientras que en hombres suele observarse mayor adiposidad visceral (Arrighi, 2012) (Fuente-Martín et al., 2013). No obstante, en antropología física el dimorfismo sexual

de mayor relevancia es el que se expresa en el sistema esquelético, debido a su utilidad en investigación arqueológica y forense.

El dimorfismo óseo en los seres humanos se encuentra determinado, en primer lugar, por factores genéticos que regulan el desarrollo, la densidad y la morfología de los huesos. La dotación cromosómica, particularmente la presencia o ausencia del cromosoma Y, condiciona la diferenciación gonadal y, con ello, la expresión de genes que influyen en la masa ósea y la configuración esquelética (Benhaim, 2021). Asimismo, diversos loci genéticos (como WNT16, LRP5 y RSPO3) han sido identificados como determinantes en la adquisición de masa ósea y en la fortaleza estructural del esqueleto (Correa, 2017). Estas variaciones inciden en la actividad de osteoblastos y osteoclastos, estableciendo una base hereditaria para diferencias morfológicas entre hombres y mujeres.

A nivel molecular, estos factores actúan en interacción con señales epigenéticas que pueden modificar la expresión de genes implicados en la osteogénesis. En consecuencia, el dimorfismo óseo no se explica únicamente por la dotación genética, sino también por mecanismos dinámicos que responden a condiciones del entorno y a la historia biológica individual (Benhaim, 2021).

A su vez, los factores hormonales desempeñan un papel esencial en la diferenciación sexual del esqueleto. En los hombres, la testosterona estimula el crecimiento perióstico y la síntesis proteica, contribuyendo a mayor masa muscular y ósea, mientras que, en mujeres, los estrógenos regulan la maduración de cartílagos epifisarios y promueven un cierre más temprano de las placas de crecimiento (Arrighi, 2012). Además, los estrógenos ejercen un efecto protector al modular la resorción ósea mediante el sistema RANK/RANKL/OPG, lo cual contribuye a mantener el equilibrio entre osteoclastos y osteoblastos (De la Rosa García, 2018). De este modo, la pérdida de estrógenos tras la menopausia se asocia con una disminución acelerada de densidad ósea y mayor riesgo de fracturas.

Otro factor hormonal relevante es la hormona del crecimiento (GH), que estimula la proliferación de osteoblastos y la producción de colágeno tipo I, esencial para la matriz ósea. En interacción con IGF-I y II, favorece el mantenimiento del remodelado óseo y

la regeneración del tejido tras desgaste o lesión (De la Rosa García, 2018). Esta acción combinada con estrógenos resulta especialmente significativa durante adolescencia y adultez temprana, periodos en los que se alcanza el pico de masa ósea.

Finalmente, los factores ambientales también influyen en la expresión del dimorfismo óseo. Variables como nutrición, actividad física y exposición solar inciden en mineralización y densidad ósea (Correa, 2017). En conjunto, la interacción entre factores genéticos, hormonales y ambientales configura la diversidad morfológica del esqueleto humano, permitiendo comprender el dimorfismo como un fenómeno complejo y multifactorial.

El cráneo, los coxales y el sacro son los que presentan las diferencias morfológicas más notorias entre sexos, siendo estructuras clave para la estimación del sexo en contextos bioantropológicos. El cráneo masculino suele mostrar una forma orbitaria más rectangular, un hueso nasal más prominente, un foramen magnum de mayor tamaño, un arco superciliar y una cresta nugal más desarrollados. En contraste, los cráneos femeninos tienden a tener órbitas más redondeadas, bajas y estrechas, con escasa o nula proyección de la cresta nugal. Estas diferencias también se observan en la mandíbula: los individuos masculinos presentan un arco dental en forma de “U”, un ángulo gonial evertido y un mentón cuadrado y prominente, mientras que las mujeres muestran un arco dental más parabólico, una eversión gonial leve y dientes de menor tamaño (Krenzer, 2006). Algunos autores atribuyen estas variaciones a trayectorias de desarrollo específicas de cada sexo, influencias hormonales y factores ambientales, así como a la plasticidad derivada de la división sexual del trabajo y los roles de género (Milella et al., 2021).

En cuanto a la zona de la pelvis, es la estructura ósea que ofrece mayor precisión para la estimación del sexo, alcanzando hasta un 96% de exactitud mediante métodos observacionales. Esta diferencia se relaciona con la función reproductiva y gestacional de las mujeres, ya que la pelvis debe adaptarse para facilitar el parto. Por ello, en las mujeres es más ligera, delgada, ancha y de menor altura vertical (Genovés, 1964). Entre los cambios específicos destacan el crecimiento adicional de la superficie medial de la sínfisis púbica debido al ensanchamiento del canal del parto y un arco subpúbico más abierto en comparación con el de los hombres (Krenzer, 2006).

Además, existen métodos morfométricos que emplean el hueso coxal mediante cálculos específicos. Uno de ellos es el índice de Kelley, que utiliza el ancho de la escotadura ciática (AB) y la altura acetabular (CD) aplicando la fórmula: $SAI = (AB/CD) \times 100$, cuyo resultado permite estimar el sexo del individuo (Muskhopadhyay, 2012). Otro procedimiento es el índice isquiopúbico, que relaciona la longitud del pubis con la altura del isquion mediante una fórmula similar (Sachdeva, Kumar Singla y Kalsey, 2014). Estos métodos son especialmente útiles en casos donde los métodos observacionales no pueden aplicarse o se emplean como complemento para aumentar la precisión del diagnóstico.

Otros métodos emplean huesos como el fémur, el húmero o el calcáneo. Sin embargo, por su alta fiabilidad y disponibilidad, el cráneo y la pelvis continúan siendo los elementos más utilizados en antropología física. Aun así, es fundamental considerar que en muchos contextos bioarqueológicos y forenses, estos huesos pueden encontrarse ausentes o fragmentados, por lo que resulta necesario disponer de metodologías alternativas que permitan la estimación del sexo a partir de cualquier resto óseo disponible.

Cabe destacar que, debido a la naturaleza del dimorfismo sexual humano, estas diferencias no se hacen evidentes hasta la pubertad media o tardía. Por ello, la estimación del sexo no es recomendable en individuos sub adultos, ya que las características sexuales secundarias aún no se encuentran completamente desarrolladas.

9.4 Estimación de Sexo

En el caso de la estimación de sexo, esta utiliza el concepto de dimorfismo sexual presente en especies cuya reproducción es de naturaleza sexual, en el caso del ser humano, existen varios cambios que ocurren durante el desarrollo de las características sexuales secundarias en la pubertad y su manifestación en individuos adultos (Bailey y Harvey, s.f.). Estas características se desarrollan internamente y se manifiestan en los cambios morfológicos externos de los individuos, estos cambios dependen del sexo del individuo, entre otros factores externos e internos (Almeida et. al., 2017). Debido a la incompleta madurez sexual durante la niñez y la adolescencia,

estos métodos no suelen ser usados en subadultos (Rajindran et. al., 2025). Al igual que en estimación de ancestría, existen métodos morfométricos y morfognósticos para estimar la edad, en general, los métodos morfométricos suelen tener un mayor nivel de efectividad debido a su objetividad (Spradley, 2016).

Debido a que las características sexuales secundarias influyen de manera significativa en la morfología esquelética, generando diferencias sistemáticas entre individuos masculinos y femeninos, existen determinadas estructuras óseas que presentan un mayor grado de efectividad en la estimación del sexo biológico. Esto permite la aplicación de diversos métodos, tanto morfométricos como morfognósticos, orientados a la identificación sexual en contextos forenses y bioarqueológicos (Falys et al., 2005). Entre las estructuras más destacadas se encuentran:

9.4.1 Cráneo

El cráneo corresponde a la estructura ósea encefálica del esqueleto axial, consistente de 22 huesos craneales y faciales, estos huesos son unidos entre sí por suturas craneales. Su función es protectora y estructural, protegiendo al cerebelo (Anderson et al., 2023). En antropología física, además, el cráneo posee cualidades individualizantes únicas, ya que, forma el rostro humano y, por lo mismo, tiene valor en identificación en contextos forenses y bioarqueológicos. Por medio de distintas técnicas tanto prácticas como digitales, es posible reconstruir el rostro de una persona en vida a partir del cráneo, lo cual le otorga un rol fundamental en casos forenses (Gupta et al., 2015). En este contexto, el cráneo puede ser utilizado para estimar sexo, edad, ancestría y estatura, aun así, su uso principal suele centrarse en la estimación de sexo y ancestría.

En términos generales, la estimación de sexo a partir del cráneo se ha sustentado principalmente en métodos morfognósticos, es decir, en la observación cualitativa de rasgos dimórficos presentes en el calvario y en la región craneofacial (Krenzer, 2006). Este enfoque parte del supuesto de que los cráneos masculinos tienden a presentar mayor tamaño, peso y robusticidad, con inserciones musculares y relieves óseos más marcados, mientras que los femeninos suelen conservar una morfología más grácil y menos prominente (Brothwell, 1987 como se citó en Krenzer, 2006). Dentro de esta tradición se han desarrollado distintos esquemas de evaluación que consideran

rasgos como la glabella, el arco superciliar, el proceso mastoideo, la cresta supramastoidea, la protuberancia occipital externa, el margen supraorbital, la forma de la órbita y diversos caracteres mandibulares, todos ellos utilizados para distinguir entre patrones femeninos y masculinos (Herrmann et al., 1990 como se citó en Krenzer, 2006).

Si bien estos métodos comparten la misma base biológica, no todos valoran los mismos rasgos ni los registran de la misma forma. Algunos consisten en descripciones generales del dimorfismo sexual craneal, mientras que otros procuran una mayor estandarización mediante escalas ordinales o sistemas de ponderación. Buikstra y Ubelaker (1994), por ejemplo, propusieron esquemas comparativos para registrar gradualmente la expresión de rasgos como la cresta nugal, el proceso mastoideo, el borde supraorbital, el arco supraorbital y la prominencia del mentón, organizándolos en un continuo entre formas más gráciles y más robustas. Por su parte, Ferembach et al. (1980) desarrollaron un método que asigna distintos pesos a varios caracteres del cráneo con el objetivo de establecer un grado global de sexualización. Posteriormente, diversos análisis indicaron que algunos rasgos presentan una mayor capacidad discriminante que otros, destacando especialmente la glabella, el arco superciliar, el proceso mastoideo y la cresta supramastoidea, así como la impresión general de la mandíbula (Ferembach et al., 1980).

En consecuencia, aunque existen diferencias en la selección, jerarquización y registro de los rasgos, la mayor parte de las estimaciones sexuales basadas en el cráneo continúa dependiendo de la apreciación morfológica del observador, por lo que su rendimiento puede variar de acuerdo con la población estudiada, la edad del individuo y la experiencia del especialista (Krenzer, 2006).

9.4.2 Pelvis

La pelvis es caracterizada por ser la región ósea con mayor dimorfismo sexual presente en el ser humano, debido a la diferencia de capacidades reproductivas y gestacionales entre individuos de sexo masculino y femenino. Mientras individuos masculinos tienen una pelvis más estrecha y robusta, la pelvis femenina es mucho más grácil y ancha para facilitar el parto, por estas razones, la pelvis es considerada

la mejor estructura para estimar sexo, con varios métodos incorporando el coxal como hueso clave para la identificación sexual (Klales, 2020).

Dentro de esta región, también se suele utilizar el sacro, que se caracteriza por su tardía fusión de vértebras sacrales, permitiendo la estimación de edad de acuerdo con el nivel de fusión total (Passalacqua, 2009). Asimismo, se puede estimar edad observando el nivel de deterioro del acetábulo, y calibrando áreas específicas según niveles de destrucción (Rougé-Maillart et al., 2004). En paralelo, estas estructuras también presentan diferencias notorias entre sexos, razón por la cual suelen emplearse como apoyo junto con los coxales.

En términos generales, la estimación de sexo a partir de la pelvis se ha sustentado principalmente en dos grandes enfoques: los métodos morfognósticos y los métodos morfométricos. Los primeros se basan en la observación cualitativa de rasgos dimórficos del innominado y del sacro, mientras que los segundos recurren a mediciones y valores umbral para discriminar entre individuos femeninos y masculinos (Krenzer, 2006). Dentro del enfoque morfognóstico, la pelvis destaca por entregar la información más fiable para la determinación sexual, alcanzando niveles de exactitud que pueden llegar hasta 96% cuando se preserva adecuadamente, lo que refuerza su valor diagnóstico por sobre otros elementos del esqueleto (Krenzer, 2006).

De manera general, los rasgos más observados incluyen la escotadura ciática mayor, el arco compuesto, el surco preauricular, el ángulo subpúbico, la forma del pubis, la morfología del foramen obturador, la amplitud de la pelvis mayor, la configuración del isquion y diversos caracteres del sacro, todos los cuales expresan el dimorfismo sexual asociado a la adaptación funcional de la pelvis femenina al parto y de la pelvis masculina al soporte visceral y locomotor (Buikstra y Ubelaker, 1994 y Ferembach et al., 1980 como se citó en Krenzer, 2006).

A partir de esta base, se han desarrollado distintos procedimientos morfognósticos que difieren en la selección y jerarquización de los rasgos observados. Algunos consisten en descripciones comparativas amplias del coxal y del sacro, mientras que otros buscan una mayor estandarización. En esta línea, Buikstra y Ubelaker (1994) propusieron esquemas visuales para registrar la expresión de rasgos pélvicos específicos, y Ferembach et al. (1980) elaboraron un método de valoración ponderada

que asigna distinta importancia a cada característica con el fin de establecer un grado global de sexualización del innominado.

Por su parte, el método de Phenice (1969) se concentró específicamente en el pubis y en la observación conjunta del arco ventral, la concavidad subpúbica y el aspecto medial de la rama isquiopúbica, reportando altos niveles de clasificación correcta. No obstante, Krenzer (2006) advierte que, aun cuando estos métodos presentan una alta utilidad, su rendimiento puede variar según la población analizada y según la expresión local de los rasgos, por lo que su aplicación debe realizarse con cautela y con conocimiento del contexto biológico de la muestra.

Junto con ello, la estimación sexual pélvica también ha sido abordada desde métodos morfométricos, los cuales buscan reducir la subjetividad del observador mediante la cuantificación de dimensiones óseas e índices de discriminación. En el caso del coxal, uno de los indicadores más destacados es la medición relativa de la escotadura ciática mayor, cuya utilidad ha sido señalada en análisis morfométricos para la discriminación sexual (Novotny et al., 1993 como se citó en Krenzer, 2006). En este sentido, los métodos morfométricos no reemplazan completamente a los morfognósticos, sino que más bien los complementan, ya que permiten reforzar la asignación sexual cuando la morfología resulta ambigua o cuando se requiere una evaluación más estandarizada.

Por tanto, la estimación de sexo con pelvis se caracteriza por la coexistencia de aproximaciones cualitativas y cuantitativas: las primeras enfatizan la forma y expresión de rasgos anatómicos, mientras que las segundas se apoyan en mediciones específicas y puntos de corte, variando ambas en función de la población de referencia, la conservación del material y la experiencia del observador (Krenzer, 2006).

9.4.3 Huesos Largos

Los huesos largos corresponden a aquellos huesos cuyo grosor es menor a su longitud, y que poseen tanto un extremo (epífisis) distal como proximal, además de una diáfisis. Estos huesos corresponden a extremidades superiores e inferiores, así como metacarpos/metatarsos, falanges y clavícula. En antropología física, los huesos

largos son clave para estimar estatura, en general, la estimación de estatura requiere métodos morfométricos y se basa en fórmulas específicas, siendo clásicos los modelos propuestos por Trotter y Gleser (1958).

Además, es posible estimar sexo por medio de ciertos huesos largos, como el húmero y el fémur, a partir de métodos morfométricos y observacionales (Carvallo y Retamal, 2020) (Falys, et al. 2005).

Cabe destacar que las características sexuales secundarias pueden manifestarse de forma diferente entre individuos, además, factores genéticos y ambientales pueden alterar el desarrollo o la morfología de los huesos, causando discrepancias en varios métodos. Por ello, la estimación de sexo presenta un margen de error que debe tenerse en cuenta al momento de aplicar cualquier técnica, incluyendo escenarios en los que los restos óseos podrían sugerir un sexo no consistente con el sexo real en cuestión. En este sentido, la literatura enfatiza que la validez y el rendimiento de los métodos pueden variar entre poblaciones y que es necesario evaluar su aplicabilidad antes de extrapolar resultados (Krishan et al. 2016).

9.5 Anatomía del húmero

El humero (Figura 4) es un hueso largo perteneciente al esqueleto apendicular y constituyente, el principal elemento óseo del brazo, extendiéndose entre la cintura escapular y el antebrazo. Desde un punto de vista anatómico general, se compone de una diáfisis y dos epífisis (proximal y distal) y cumple un rol estructural fundamental en la movilidad del miembro superior, además de servir como punto de inserción para numerosos músculos (Moore et al., 2018) (tandring, 2021).

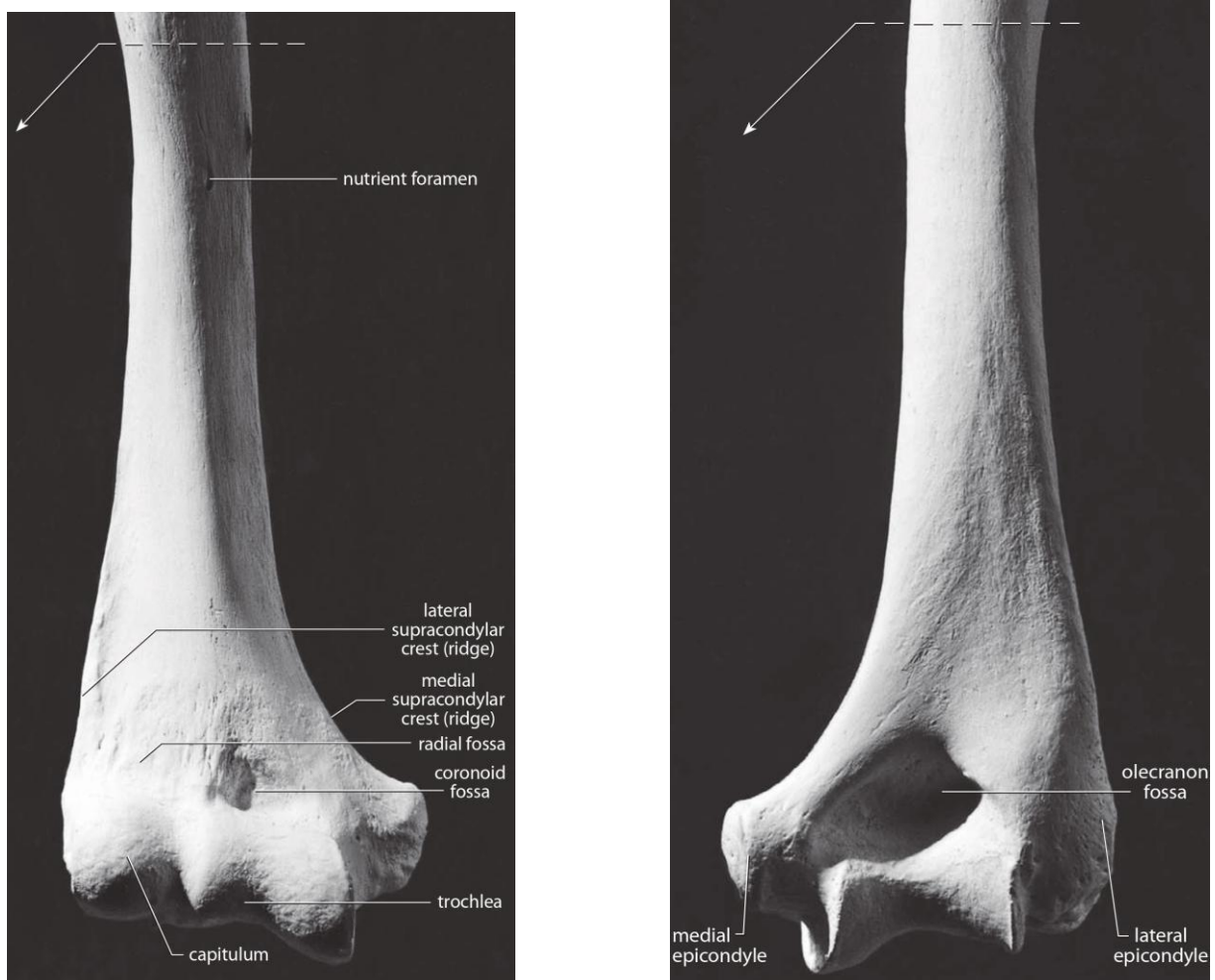
Como hueso largo, el húmero presenta una organización típica caracterizada por una porción central alargada y extremos ensanchados que permiten la articulación con otros huesos. Esta disposición facilita la transmisión de fuerzas y la ejecución de movimientos complejos asociados a las articulaciones del hombro y del codo (White y Folkens, 2005).

No obstante, considerando la naturaleza y los objetivos de la presente investigación, no se desarrollará la descripción anatómica de la epífisis proximal, ya que, no resulta relevante para el análisis planteado. En consecuencia, este apartado se enfoca

exclusivamente en la epífisis distal del húmero, región que concentra una serie de hitos anatómicos claramente definidos y de particular interés desde una perspectiva osteológica.

Figura 4

Ilustración anatómica de la epífisis distal de un húmero derecho, tanto la vista anterior como posterior, indica sus hitos anatómicos.



Nota. Adaptado de The human bone manual (p. 205 - 207), por White y Folkers, 2005, International Library of Archeology.

9.5.1 Epífisis distal del húmero

La epífisis distal del húmero (Figura 4) corresponde al extremo inferior del hueso y participa directamente en la confirmación de la articulación del codo. Esta región se

caracteriza por una expansión medio lateral marcada y por la presencia de superficies articulares, depresiones y prominencias óseas bien delimitadas, que permiten la articulación con el radio y el cúbito (Standring, 2021).

En términos generales, la epífisis distal se organiza en torno a dos superficies articulares principales, siendo estos la tróclea y el capítulo acompañadas por fosas y relieves óseos que completan la morfología de esta región. Estas estructuras pueden ser identificadas con claridad en restos óseos secos y constituyen referentes anatómicos fundamentales para el estudio del húmero distal (Moore et al., 2018).

9.5.2 Tróclea humeral

La tróclea humeral se localiza en la porción medial de la epífisis distal y presenta una forma característica de polea (Figura 4), con un surco central flanqueado por dos rebordes asimétricos. Esta superficie articular se continua distalmente y se distingue por su proyección más marcada en el borde medial. En material osteológico, la tróclea se reconoce por su contorno alargado y por su orientación oblicua respecto al eje del hueso (White & Folkens, 2005).

9.5.3 Capítulo humeral

El capítulo se sitúa en la porción lateral de la epífisis distal y constituye una superficie articular de forma redondeada y convexa (Figura 4). A diferencia de la tróclea, presenta un contorno más hemisférico y una extensión principalmente anterior e inferior. En restos óseos, el capítulo puede identificarse fácilmente por su superficie lisa y su delimitación respecto a la tróclea (Moore et al., 2018).

9.5.4 Fosa olecraneana

La fosa olecraneana es una depresión profunda ubicada en la cara posterior de la epífisis distal, inmediatamente por encima de la tróclea (Figura 4). Se caracteriza por una concavidad bien definida y por una superficie interna lisa. En huesos secos, esta fosa constituye uno de los rasgos más evidentes de la cara posterior del húmero distal (Standring, 2021).

9.5.5 Fosa coronoidea

La fosa coronoidea se localiza en la cara anterior de la epífisis distal, superior a la tróclea (Figura 4). Es menos profunda que la fosa olecraneana y presenta una concavidad claramente delimitada. En el análisis osteológico, esta fosa se reconoce como una depresión anterior que forma parte de la configuración general de la región distal del húmero (Moore et al., 2018).

9.5.6 Epicóndilo medial

El epicóndilo medial corresponde a una prominencia ósea situada en el extremo medial de la epífisis distal (Figura 4). Se proyecta inferior y medialmente respecto de la tróclea y presenta una superficie rugosa. Desde una perspectiva osteológica, el epicóndilo medial es un hito anatómico fácilmente identificable debido a su desarrollo y a su clara diferenciación respecto de las superficies articulares (White y Folkens, 2005).

9.5.7 Epicóndilo lateral

El epicóndilo lateral se ubica en la porción lateral de la epífisis distal y, en comparación con el epicóndilo medial, suele presentar un menor desarrollo (Figura 4). Aun así, constituye una prominencia bien delimitada, situada superior y lateralmente al capítulo. En restos óseos, se identifica por su posición y por su relación espacial con la superficie articular lateral del húmero distal (Standring, 2021).

9.6 El húmero y su potencialidad en la estimación de sexo

El húmero representa una alternativa valiosa para la estimación del sexo, especialmente en contextos donde la pelvis y el cráneo se encuentran ausentes o fragmentados. Según Klales (2020), su utilidad radica en la resistencia del hueso a los procesos tafonómicos y en la presencia de rasgos morfológicos distintivos en su extremo distal, como la forma de la fosa olecraneana, la simetría troclear y el ángulo del epicóndilo medial. Además, su accesibilidad y frecuencia de preservación en restos óseos aumentan su relevancia, facilitando la aplicación de métodos tanto

visuales como morfométricos con buenos niveles de reproducibilidad y comparabilidad Inter observadora (Weston, 2005).

En complemento, los estudios morfométricos y morfognósticos del húmero distal, el fémur y otros huesos largos han demostrado su utilidad en la estimación del sexo, especialmente cuando el cráneo y la pelvis se encuentran fragmentados o ausentes.

De esta forma, la técnica visual propuesta por Rogers (1999) y evaluada posteriormente en pruebas ciegas muestra que ciertos rasgos del húmero distal pueden discriminar el sexo con rendimientos útiles, por ejemplo, en una reevaluación con colección documentada, la forma de la fosa olecraneana destaca como uno de los rasgos más consistentes, y la combinación de rasgos ofrece una precisión global funcional para contextos forenses, aunque con variación y necesidad de cautela interpretativa (Falys, Schutkowski y Weston, 2005).

De igual forma, diversos estudios han demostrado que el húmero posee un alto potencial para la estimación del sexo, tanto mediante aproximaciones morfométricas como mediante análisis de rasgos morfológicos. En métodos tradicionales basados en mediciones morfométricas, las dimensiones del húmero muestran niveles de precisión elevados. Por ejemplo, investigaciones realizadas con variables como la longitud máxima del húmero, el diámetro de la cabeza humeral y el ancho epicondilar han alcanzado precisiones entre 75 % y 85 % en la clasificación sexual (Khan et al., 2020). De manera similar, estudios comparativos en poblaciones asiáticas han identificado el diámetro vertical de la cabeza humeral y la anchura epicondilar como variables particularmente discriminantes, obteniendo precisiones que varían entre 86.8 % y 97.1 % dependiendo de la población analizada (Iskan et al., 1998). Asimismo, investigaciones en colecciones osteológicas documentadas han confirmado la confiabilidad del extremo distal del húmero, donde la anchura epicondilar por sí sola puede alcanzar aproximadamente 88.8 % de precisión, evidenciando la utilidad de este hueso cuando elementos más diagnósticos, como la pelvis, no se encuentran disponibles (Berthelot, 2014).

El desarrollo de tecnologías de análisis tridimensional y aprendizaje automático ha incrementado aún más la efectividad de la estimación sexual basada en el húmero. Estudios recientes utilizando tomografías computarizadas y algoritmos de machine

learning aplicados al extremo distal del húmero han reportado precisiones entre 87 % y 97 %, destacando variables anatómicas específicas como la distancia entre puntos distales de la tróclea como altamente predictivas del sexo (Cayabatmaz et al., 2026). Del mismo modo, análisis volumétricos tridimensionales del húmero mediante reconstrucciones postmortem han demostrado precisiones que pueden alcanzar hasta 98.8 %, superando a muchos métodos morfométricos bidimensionales tradicionales (Shim et al., 2025). Incluso enfoques basados en morfometría geométrica han mostrado mejoras significativas cuando se combinan variables de forma y tamaño, alcanzando clasificaciones cercanas al 95 % (López-Lázaro et al., 2020). En conjunto, estos resultados evidencian que el húmero constituye un elemento esquelético altamente informativo para la estimación del sexo, especialmente en contextos forenses o bioarqueológicos donde los huesos pélvicos o craneales no están preservados.

De esta, los métodos disponibles demuestran que el húmero constituye un elemento osteológico altamente útil para la estimación del sexo, especialmente en contextos donde los huesos con mayor dimorfismo sexual no se encuentran disponibles para su uso. La consistencia de los resultados obtenidos mediante diversos enfoques metodológicos y utilizando tanto técnicas morfométricas tradicionales como técnicas morfognósticas y la implementación de herramientas digitales avanzadas, confirma que este hueso presenta un dimorfismo sexual suficientemente marcado para ser utilizado con niveles de precisión elevados. Además, la posibilidad de analizar múltiples regiones anatómicas del húmero amplía las oportunidades de estimación incluso cuando el elemento se encuentra fragmentado.

9.7 Importancia de la estimación de sexo en contextos bioantropológicos, forenses y arqueológicos.

En el caso de la antropología forense, la estimación de sexo es necesario en casos donde ocurra el hallazgo solo de restos óseos de un individuo, dependiendo de la condición y antigüedad de estos, es posible crear un perfil biológico a partir de los huesos encontrados, en el caso del cráneo, si los huesos faciales se encuentran en un estado óptimo, es posible simular una reconstrucción facial, de esta forma

identificando a la persona por medio de su rostro, en el caso de que los huesos faciales estén ausentes o se encuentren en un mal estado de conservación para una reconstrucción facial, es posible utilizar métodos de estimación de sexo, como el del método de Walker (2008), como una técnica de identificación secundaria en la investigación forense (Spradley, 2016). El sexo es un rasgo principal para identificar a una persona en específico, por lo que su estimación en casos forenses particulares es esencial. Al estimar el perfil biológico de una persona, es posible comparar estos datos con otros datos de personas desaparecidas que, junto con otros factores individualizantes, logran disminuir el rango de identificación (Spradley, 2016).

En contextos arqueológicos, la información detrás de los hallazgos es fundamental para comprender el contexto cultural del sitio. Si bien los descubrimientos inorgánicos (cerámica, textiles, estructuras, huellas de agricultura, etc.) entregan información relevante, por sí mismos no permiten reconstruir completamente la historia social del lugar. Para ello, resulta clave analizar a las personas y su vida dentro de ese contexto (Gregoricka, 2021). A partir de descubrimientos bioarqueológicos, de estar estos disponibles, es posible obtener datos sobre los individuos que residían en la zona, siempre teniendo en cuenta factores externos como la inmigración, para entender e interpretar la demografía perteneciente al lugar (Gregoricka, 2021). Para cumplir esta función, es necesario identificar a los individuos presentes y sus rasgos biológicos, de esta forma obteniendo un paralelo a su estado al momento de la muerte, para esto, se utilizan los métodos de estimación, al descubrir coincidencias dentro de ciertos rasgos biológicos, se hace denotar diferencias culturales basadas en el perfil biológico de las personas durante su vida en aquella sociedad (Larsen, 2018).

En el caso de la estimación de sexo, esta provee un rol importante en la arqueología debido a la relevancia de roles de género y su presentación en distintas culturas, al identificar el sexo de un individuo se obtiene información sobre la cultura a partir de coincidencias o rasgos presentes en los restos óseos de la persona, por ejemplo, signos de estrés físico significativo en individuos masculinos en los brazos o piernas podrían indicar un rol trabajador específico masculino en aquella sociedad (Henderson, 2009). mientras que rasgos que denotan desnutrición en individuos femeninos podrían demostrar una inequidad en la distribución de alimentos de la época (Reitsema y Vercellotti, 2012). En la gran mayoría de culturas existe una

diferencia de roles de género en la sociedad, este rol es variable y se remonta tanto a vida doméstica como a prácticas culturales específicas, y, más allá de una perspectiva de sexo, también explora el concepto de género social y su manifestación en distintas culturas tanto del pasado como del presente (Agarwal y Wesp, 2017).

9.8 Limitaciones y problemas de conservación y fragmentación.

La fragmentación de restos óseos constituye un desafío constante en bioarqueología y antropología forense. Existen múltiples causas de fragmentación y deterioro, tanto ante-mortem como post-mortem. En contextos forenses, la violencia y el tratamiento del cuerpo pueden destruir el hueso (fracturas por trauma contundente, lesiones por proyectil, carbonización, etc.), lo cual, además de aportar evidencia sobre la causa de muerte, puede dificultar o incluso impedir el estudio osteológico y la estimación del perfil biológico (Imaizumi, 2015) (Belaker, 2020).

Asimismo, el ambiente y contexto en el que los restos son hallados influye directamente en su preservación. Por ejemplo, suelos húmedos pueden debilitar la integridad del hueso por erosión, provocando colapso estructural, del mismo modo, suelos con alta acidez tienden a acelerar procesos de degradación, afectando la disponibilidad de elementos diagnósticos (Oghenemavwe, Orubapu y Horsfall, 2022).

El estado de la persona al momento de su muerte también puede afectar el estado del hueso, la edad de un individuo influye en la estructura ósea, al desgastar el tejido óseo por las osteoporosis características de la tercera edad, este es más propenso al deterioro y erosión por factores externos (Galassi et al., 2024). También existen huesos más propensos al desgaste por edad, como las vértebras, que usualmente colapsan con el tiempo, causando una disminución de la estatura en individuos mayores (Galassi y Varotto, 2023) o las articulaciones, que a través del tiempo desarrollan artritis por uso continuo, así como osteofitos, crecimiento anormal de hueso causado por fricción, y eburnación, el pulimento doloroso del hueso por artritis, estos rasgos también sirviendo como un indicador de la edad del individuo, aun así, sujeto a factores ambientales (Strasheim, Winburn y Stock, 2023).

De esta forma, el húmero suele presentar una conservación relativamente favorable en comparación con otros elementos más frágiles del esqueleto, sin embargo, su preservación no puede expresarse mediante un porcentaje fijo o universal, ya que, como se ha mencionado antes, esta se encuentra condicionada por múltiples factores tafonómicos, tales como las características fisicoquímicas del suelo, la humedad, la actividad microbiana y las condiciones propias del entierro (Bello et al., 2006). Aun así, diversos estudios han señalado que los huesos largos, entre ellos el húmero, tienden a mostrar una representación relativamente alta en muestras arqueológicas, aunque esta tendencia no se manifiesta de manera uniforme en todos los contextos (Manifold, 2013). En el caso específico del húmero, se ha observado que sus sectores más robustos, particularmente algunas regiones metafisarias, presentan una mayor probabilidad de preservación que otras áreas anatómicas, alcanzando en ciertos puntos osteométricos frecuencias cercanas al 80%, mientras que otras zonas muestran valores más reducidos (Borrini et al., 2023).

10. METODOLOGÍA

10.1 El método de Rogers (1999)

El método que Rogers (1999) se fundamenta en la observación morfológica de la zona distal del húmero. Esto se hace bajo el supuesto de que su forma es un reflejo del ángulo de carga del codo, el cual presenta diferencias entre hombres y mujeres por variaciones en la estructura corporal. Esta teoría sostiene que las mujeres tienen un ángulo de carga más elevado, debido a que sus caderas son más anchas y sus hombros, más estrechos. En cambio, los individuos masculinos tienen una morfología más sólida y compacta (Rogers, 1999 como se citó en Falys et al., 2005). El método se basa en la conexión entre la biomecánica del movimiento de los brazos y la estructura articular del húmero, teniendo en cuenta que estas variaciones funcionales generan características óseas sexualmente dimórficas que podrían ser evaluadas visualmente.

Respecto a las variables analizadas, el método utiliza cuatro características morfológicas del extremo distal del húmero: la simetría de la tróclea, la forma de la

fosa del olécranon, la constricción de la tróclea y el ángulo del epicóndilo medial (Rogers, 1999). Cada uno de estos rasgos tiene una manifestación típica en individuos masculinos y femeninos: los húmeros masculinos son menos constrictos, asimétricos, con epicóndilos rectos o ligeramente elevados y fosas triangulares, mientras que los femeninos suelen ser más constrictos, simétricos, con epicóndilos más prominentes junto con un ángulo más elevado y fosas ovaladas. La categorización sexual se lleva a cabo al asignar cada característica a las categorías de "femenino", "masculino" o "ambiguo", y el diagnóstico final se determina por la combinación de los rasgos observados, otorgando mayor peso diagnóstico a la forma de la fosa del olécranon, por ser el indicador más preciso. (Rogers, 1999).

Figura 5

Vista posterior del húmero distal, remarcando la fosa olecraneana y la diferencia entre individuos masculinos y femeninos.



Nota. Adaptado de "A visual method of determining the sex of skeletal remains using the distal humerus" (p. 58) por T.L. Rogers, 1999, *Journal of Forensic Sciences*. 44(1).

Figura 6

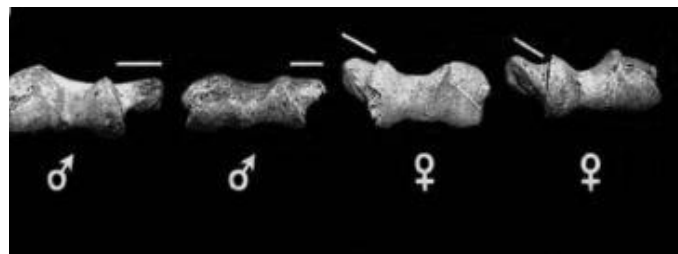
Vista posterior del húmero distal, delineando la tróclea y su constricción en individuos masculinos y femeninos.



Nota. Adaptado de “A visual method of determining the sex of skeletal remains using the distal humerus” (p. 58) por T.L. Rogers, 1999, *Journal of Forensic Sciences*. 44(1).

Figura 7

Vista inferior del húmero distal, marcando el ángulo epicondilar en individuos masculinos y femeninos.



Nota. Adaptado de “A visual method of determining the sex of skeletal remains using the distal humerus” (p. 59) por T.L. Rogers, 1999, *Journal of Forensic Sciences*. 44(1).

La evaluación visual "ciega" es el método que se emplea, lo que significa que solo se examinan y observan los húmeros, sin tener acceso a otros componentes del esqueleto que puedan indicar el sexo de la persona (Falys et al., 2005). Esta perspectiva tiene como objetivo reducir al mínimo el sesgo y examinar la fiabilidad del método en entornos arqueológicos o forenses. A lo largo del análisis, cada característica fue documentada de forma independiente en los húmeros derechos e izquierdos. Después, se realizaron pruebas estadísticas (por ejemplo, Chi-cuadrado) para establecer la consistencia interobservador y las posibles diferencias laterales.

10.2 Tipo de investigación

La investigación actual es un análisis de enfoque cuantitativo, de alcance comparativo y descriptivo evaluativo. El enfoque cuantitativo consiste en la medición y el análisis numérico de datos, debido a la naturaleza estadística de la revisión de un método de estimación, independiente de si este es morfométrico o morfológico, este mantiene su calificación cuantitativa (Zuñiga et al., 2023).

La investigación descriptiva evaluativa se basa en el estudio de ciertas características de cierto concepto y la descripción sistemática de estas. Mientras que la investigación evaluativa consiste en la revisión de ciertos métodos de investigación y su eficiencia en diferentes situaciones (Tamayo y Tamayo, 1999). El objetivo principal siendo evaluar el método macroscópico de estimación sexual sugerido por Rogers (1999).

La investigación comparativa consiste en la comparación sistemática de objetos de estudio, aplicado usualmente para generalizaciones empíricas y la comprobación de ciertas hipótesis. Esta técnica de investigación es utilizada en revisiones debido tanto a la comparación de datos y estadísticas entre distintas poblaciones, como entre el método en sí y su aplicación en individuos diferentes a la muestra original (Nohlen, 2020).

10.3 Alcance de la investigación

En cuanto a su alcance, la investigación se estableció como evaluativa y descriptiva, ya que tuvo como objetivo describir las características morfológicas del húmero distal en el grupo analizado y evaluar su capacidad para discriminar el sexo biológico (Tamayo y Tamayo, 1999).

10.4 Procesamiento de los datos

La información recopilada se organizó en matrices de datos codificadas, lo que permitió un análisis estadístico de la relación entre las características óseas y la estimación sexual sugerida por el método. Este método permitió obtener resultados objetivos que se pueden comparar con los de Falys et al. (2005), utilizando técnicas estadísticas similares para calcular la exactitud y confiabilidad de los diagnósticos.

También se tomó en cuenta un aspecto analítico-comparativo, al comparar los resultados locales con los resultados de poblaciones de otras áreas, sobre todo las de Asia, América del Norte y Gran Bretaña, donde el método ya ha sido examinado.

El objetivo fundamental fue comprobar si los niveles de exactitud logrados en la población estadounidense de Rogers (1999) persisten en los individuos de la fosa común del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano, confirmando así la estabilidad diagnóstica del método en un entorno biológico y geográfico diferente. En esta dirección, la investigación se enmarca en los estudios de verificación metodológica en el campo de la antropología física, cuyo objetivo es comprobar la eficacia de técnicas osteológicas en diversas poblaciones humanas, minimizando sesgos asociados a diferencias morfológicas, genéticas y ambientales.

Luego, se consolidaron los resultados en una base de datos general que incluía la lateralidad, el grado de conservación, el tipo de rasgo y la estimación sexual correspondiente. Con el fin de garantizar la validez del registro y disminuir los eventuales errores sistemáticos que provienen de la subjetividad del observador, cada observación fue comprobada por los dos investigadores posteriormente por un medio digital, esta revisión obtuvo resultados similares a los observados en terreno. Además, se conservó de cada ejemplar una documentación fotográfica exhaustiva, lo que posibilita su examen posterior si hay desacuerdos o reevaluaciones.

10.5 Validación de los datos

Se realizaron evaluaciones inter e intra observador con el fin de determinar posibles errores de sesgo durante la observación y aplicación del método de Rogers (1999). Cabe señalar que dichas observaciones debieron realizarse mediante el análisis de fotografías digitales, ya que al momento de efectuar el registro el cementerio restringió el acceso directo a los restos por motivos administrativos relacionados con la gestión y manejo de los restos óseos. El error intra-observador tuvo que ser calculado por medio de dichas fotos, mientras que la evaluación inter-observadora fue realizada por medio de la aplicación del método por una memorista de la carrera de Antropología de la Universidad de Concepción en varias muestras seleccionadas al azar, con un total de 23 muestras (12 muestras izquierdas y 11 muestras derechas).

Como se mencionó previamente, se realizó una evaluación inter e intraobservadora para corroborar la información, debido a la naturaleza subjetiva de los métodos morfométricos, se obtuvieron resultados diferentes dependiendo del hito estudiado.

Se llevó a cabo la evaluación de la concordancia interobservador para el rasgo del epicóndilo medial. En la lateralidad derecha, el análisis de Cohen's Kappa, utilizado para corregir el acuerdo por azar, arrojó un resultado de 0.035, con un acuerdo de 54.5%. En la lateralidad izquierda, se obtuvo un 0.08, con un acuerdo del 50%. Se evidencia una asociación baja en ambas lateralidades, observándose un nivel de coincidencia ligeramente superior en el lado derecho en comparación con el izquierdo, aunque dicha diferencia resulta estadísticamente no significativa. En consecuencia, puede concluirse que el empleo de este rasgo para la estimación proporciona resultados no reproducibles, debido al inconsistente acuerdo entre el primer y el consiguiente observador.

Durante la aplicación del método al rasgo de constricción troclear, el segundo observador no utilizó la categoría "ambiguo" en sus estimaciones, clasificando las descripciones únicamente en las categorías "constreñido" y "poco constreñido". Los casos catalogados como "ambiguo" fueron excluidos del cálculo del Chi-cuadrado, debe señalarse que estos existen en la muestra original y que la discrepancia en el número de casos analizados, así como en los resultados totales, obedece a esta circunstancia. Los resultados del análisis de Cohen's Kappa fueron los siguientes: 0.54 en la lateralidad izquierda, con un acuerdo del 77.8%, y -0.50 en la lateralidad derecha, con un acuerdo del 25%. En la lateralidad derecha, dada la muy baja cantidad de individuos (N = 4), los resultados son poco fiables y se interpretan como nulos, concordante con el acuerdo del 25% obtenido. Por su parte, en la lateralidad izquierda se aprecia una tendencia a la asociación, aunque no alcanza significancia estadística, el mayor tamaño muestral permitió resultados más coherentes y una interpretación más específica, a pesar de esto, este rasgo tampoco muestra pruebas positivas de acuerdo con la reproducción entre ambas estimaciones.

En el caso del rasgo correspondiente a la forma de la fosa olecraneana, el análisis de Cohen's Kappa arrojó los valores de -0.20 en la lateralidad derecha, con un acuerdo

interobservador del 40.0%, mientras que en la lateralidad izquierda se obtuvo 0.67, con un acuerdo del 83.3%. En el caso de la muestra derecha se observa un resultado negativo y un acuerdo pobre por debajo del 50%, con solo 4 coincidencias en 10 casos. En la lateralidad izquierda se observa un acuerdo considerablemente mayor, bueno y superior al resto de los hitos, demostrando que este rasgo posee una reproducibilidad considerable, pero inconsistente, pues se observa que la lateralidad izquierda tuvo un valor altamente positivo a comparación de la derecha que obtuvo pobres resultados.

Finalmente, en el caso del rasgo de simetría troclear se observaron resultados atípicos. En la lateralidad izquierda, el análisis de Cohen's Kappa dio como resultado un 0.67, con un acuerdo interobservador del 83.3%. En la lateralidad derecha se registró 0.23, con un acuerdo del 60 %, sin alcanzar significancia estadística. En cuanto a la lateralidad izquierda se puede observar un acuerdo bueno, con tan solo dos errores de clasificación entre evaluadores. Mientras que en la muestra derecha existe un acuerdo menos consistente, con cuatro errores de clasificación, nuevamente mostrando cierta dicotomía entre ambas lateralidades, demostrando que, al menos en el caso del interobservador, existen diferencias considerables en la muestra cuando se trata de izquierda y derecha.

En la evaluación intraobservadora, los resultados fueron notablemente más consistentes y directos, con escasas discrepancias entre las dos revisiones realizadas por el mismo observador. Para el rasgo del ángulo del epicóndilo, en la lateralidad izquierda se obtuvo un 0.795 con un porcentaje de acuerdo del 91.3%. Indicando un acuerdo sustancial y altamente positivo, presentando una concordancia casi perfecta con solo 2 estimaciones erróneas de 23 individuos. En la lateralidad derecha, los resultados fueron contundentes, con un Cohen's Kappa de 1.00 y un acuerdo perfecto de 100%

Posteriormente, se evaluó el rasgo de constricción troclear en la evaluación intraobservadora, donde se constató una diferencia crucial con respecto a la evaluación interobservadora. Al igual que ocurrió previamente, en la primera revisión no se empleó la categoría "ambiguo" para clasificar ninguna de las muestras, debido a una confusión sobre las opciones disponibles en el protocolo, lo que generó una inconsistencia fundamental entre la primera y la segunda revisión. Esta circunstancia

debe tenerse en cuenta al interpretar los resultados. A pesar de ello, se obtuvieron niveles de acuerdo perfectos en ambas lateralidades: en la izquierda se obtuvo un Cohen's Kappa de 1.000 con un 100 % de acuerdo, y en la muestra derecha se repite este patrón, con un Cohen's Kappa de 1.000 y un 100% de acuerdo entre la primera y segunda revisión. Estos valores indican una reproducibilidad excelente y una alta consistencia intraobservador para este rasgo, una vez superada la limitación mencionada en la primera revisión.

En la evaluación intraobservadora del rasgo correspondiente a la forma de la fosa olecraneana, se obtuvieron resultados altamente consistentes. En la lateralidad izquierda, el análisis Cohen's Kappa dio como resultado un 0.815, con un porcentaje de acuerdo del 91.3 %, demostrando una reproducibilidad alta, que, si bien no es perfecta, demuestra consistencia entre ambas revisiones. En la lateralidad derecha, los resultados dieron un valor perfecto, con un Cohen's Kappa de 1.00, con un acuerdo perfecto del 100 %. Demostrando que este rasgo es altamente reproducible y consistente en revisiones distintas.

Finalmente, en la evaluación intraobservadora del rasgo de simetría troclear se obtuvieron resultados altamente consistentes. En la lateralidad izquierda, el análisis arrojó un Cohen's Kappa de 1.00, con un porcentaje de acuerdo del 100 %, lo que refleja una coincidencia perfecta entre ambas revisiones. En la lateralidad derecha se registró un Cohen's Kappa de 0.72, con un nivel de acuerdo del 89.5 %. En el caso de la lateralidad izquierda, se mantiene la tendencia vista en el resto de los hitos, donde se encuentra presente un valor perfecto de acuerdo del 100% en al menos una lateralidad, sin embargo, cabe destacar que, en la lateralidad derecha, si bien no es un nivel de acuerdo bajo, es el rasgo con mayor inconsistencia entre revisiones.

10.6 Muestra

Se analizaron 62 adultos que provenían de la fosa común del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano. 32 individuos masculinos y 30 individuos femeninos. La administración del cementerio y las instituciones pertinentes aprobaron la selección de estos restos con el fin de asegurar que se cumplan las regulaciones patrimoniales

y éticas existentes. Los sujetos estaban contenidos en bolsas de conservación en dos bodegas subterráneas llamadas Huesera A y Huesera B.

Los individuos se encuentran reducidos en bolsas de reducción en dos bodegas de almacenamiento, denominadas hueseras, en una profundidad de aproximadamente 3 metros bajo tierra. La huesera A presenta individuos de mayor antigüedad durante su fecha de defunción, mientras que la huesera B presenta individuos cuya fecha de fallecimiento es más reciente, estas hueseras cuentan con un número de aproximadamente 1000 individuos entre ambas hueseras, para este estudio, se utilizaron 61 muestras de individuos, 32 masculinos y 30 femeninos, con un total de 114 húmeros evaluados, con un rango de edad desde los 22 a los 92 años. Para este estudio, se analizaron únicamente individuos adultos, ya que, los individuos subadultos carecen de rasgos dimórficos sexuales en personas que no han completado la pubertad tardía, así como la falta de desarrollo en los huesos, lo que impide realizar el método debido a la carente o leve expresión de hitos anatómicos necesarios para la realización del método. Esta excepción se realiza en la mayoría de las investigaciones y estudios relacionados con la creación y validación de métodos de estimación de sexo, por razones similares (Mello-Gentil T. Souza-Mello V. 2021).

10.6.1 Temporalidad de las muestras

Las muestras analizadas fueron obtenidas a partir de restos óseos humanos provenientes de la fosa común del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano. De acuerdo con la normativa vigente, “la fosa común es un depósito destinado a la inhumación de cadáveres de indigentes, de restos humanos no reclamados” (Decreto N°357 de 1970 (Ministerio de salud), Reglamento General de Cementerios, artículo 37).

Las muestras extraídas corresponden a restos óseos humanos pertenecientes a individuos fallecidos en un rango temporal comprendido entre 1983 y 2011. Asimismo, los individuos analizados presentan un rango etario amplio, que se extiende desde los 22 hasta los 90 años al momento del fallecimiento. Esta delimitación cronológica sitúa el análisis dentro de un contexto contemporáneo reciente, lo que resulta relevante para la interpretación de los rasgos osteológicos observados.

10.6.2 Criterio de selección de muestras

Por medio de factores específicos se fueron descartando individuos y muestras, el primer filtro era determinar si el individuo poseía humeros, debido a que estos estaban reducidos, fue poco común no encontrar húmeros, sin embargo, hubo casos de individuos que no poseían, ya sea por destrucción post mortem, o por motivos ante mortem. Como criterio de inclusión, se incluían a la muestra sí, es un individuo adulto, es decir, que el húmero este totalmente fusionado, también debe poseer al menos un húmero. En cuanto al estado de conservación de estos, se requiere la presencia de la epífisis distal en un estado óptimo para su observación, con ambos epicóndilos presentes, la fosa en un estado visible, y una tróclea no erosionada. Solo se consideraron individuos completamente esqueletizados, y en un estado observable para la realización del método.

Como motivos de exclusión se consideraron aquellos restos óseos que poseían remanentes de tejido orgánico y/o fauna cadavérica presente en su superficie, así como la presencia de hongos debido a la humedad del suelo.

10.7 Herramientas y materiales

La Facultad de Antropología de la Universidad de Concepción proporcionó las herramientas empleadas, que comprendían materiales de protección personal EPP (guantes, mascarillas, etc.), mesa de campo y testigos métricos para la toma fotográfica. El método de Rogers (1999) no es morfométrico sino morfognóstico, por lo que no fue necesario obtener medidas lineales. Sin embargo, se usaron referencias métricas con el fin de garantizar la estandarización de las fotos y como soporte visual. Se tomó una fotografía de cada espécimen desde las vistas posterior (figura 9) e inferior (figura 8), y se le asignó un código de identificación individual. Se utilizó un celular Motorola Moto 5 Edge Fusion, IMEI 354612454208574, para tomar las fotos necesarias.

Figura 8

Foto de la zona distal del húmero, tomada desde un ángulo inferior para la observación del ángulo epicondilar.



Nota. Húmero perteneciente a Individuo N° 5. Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 9

Foto de la zona distal del húmero, tomada desde un ángulo posterior para la observación de la fosa olecraneana, la constricción troclear, y la simetría troclear.



Nota. Húmero perteneciente a Individuo N° 5. Fuente: Elaboración propia (2025).

10.8 Procedimientos

El procedimiento metodológico se basó en la observación ciega e independiente de los rasgos propuestos por Rogers (1999). Para cada húmero se evaluaron cuatro características morfológicas: La constricción troclear, donde los individuos masculinos presentan una tróclea menos constreñida y los femeninos una más marcada, la simetría troclear, en la cual los masculino tienden a mostrar una tróclea asimétrica y los femeninos una tróclea simétrica, la forma de la fosa olecraneana, triangular en masculinos y ovalada en femeninos, y el ángulo del epicóndilo medial, plano o ligeramente elevado en masculino y más prominente en femenino. Cada rasgo se

clasificó según tres categorías: masculino, femenino o, en el caso de la simetría, ambiguo.

Para obtener información histórica del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano, se realizó una entrevista no estructurada, es decir, una entrevista que consiste en el interrogatorio libre sin un orden ni preguntas exactas determinadas previas a la realización de esta (Fuenzalida A. 2024), hacia el jefe de patio del cementerio, Fernando Rodríguez, para obtener información previamente desconocida no disponible en bases de datos digitales. Esta entrevista fue realizada el 10 de diciembre de 2024, y fue grabada en un celular Motorola Moto 5 Edge Fusion, IMEI 354612454208574. Tanto el material auditivo como la transcripción escrita de la entrevista se encuentran registrados en el dispositivo móvil, así como en carpetas con material utilizado durante la memoria de título almacenadas en la nube.

10.9 Análisis de datos

La recolección y análisis de datos se efectuó de acuerdo con un diseño estadístico básico de validación metodológica. Los resultados se analizaron mediante el programa JASP. Se calcularon además los porcentajes de precisión por rasgo, el índice global de acierto y la proporción de casos indeterminados, con el fin de comparar los niveles de efectividad observados con los valores reportados por Rogers (1999), quienes obtuvieron una precisión combinada de 79,1% en ambos sexos y un 84,6% para la forma de la fosa olecraneana como rasgo individual más confiable. De esta manera, los resultados obtenidos en la muestra chilena fueron contrastados con los de la población estadounidense original de Rogers (1999) permitiendo determinar el grado de reproducibilidad y la aplicabilidad intercultural del método.

También se tomó en cuenta la posible incidencia de factores biomecánicos y tafonómicos en la morfología del húmero distal a lo largo de la fase analítica. Se enfocó específicamente en la manifestación unilateral de algunas características, como el ángulo del epicóndilo medial y la constricción troclear. Según el estudio realizado por Rogers (1999), ambos rasgos mostraron variaciones que se debieron a la lateralidad funcional o al uso predominante del brazo dominante. Por lo tanto, se analizaron los húmeros izquierdos y derechos de manera individual para establecer si

las discrepancias detectadas eran fruto de variabilidad intraindividual o de patrones morfológicos poblacionales. Este análisis permitió la contextualización de los resultados en el contexto biológico y funcional de la muestra analizada, evitando así conclusiones simplistas basadas en características unilaterales.

Además, se aplicaron medidas de validez interna destinadas a reforzar la solidez metodológica del estudio. Entre estas se incluyó la replicación independiente de observaciones por parte de ambos investigadores, la comparación de resultados por rasgo y la revisión cruzada de los diagnósticos obtenidos. Para establecer la validez externa, los resultados fueron cotejados con los rangos de error y precisión reportados en investigaciones internacionales como las revisiones realizadas en poblaciones tailandesas (Tallman y Blanton, 2020) e indias (Rajan y Chakraborty, 2020), permitiendo evaluar la homogeneidad de los patrones morfológicos entre regiones. Este proceso comparativo buscó determinar si la morfología distal del húmero chileno se alinea con las tendencias globales o si presenta particularidades anatómicas susceptibles de reflejar adaptaciones ambientales o genéticas específicas.

Todos los procedimientos se realizaron en cumplimiento con las directrices del Consejo Internacional de Museos (ICOM, 2004), asegurando el respeto y la dignidad de los individuos analizados. Los restos fueron manipulados exclusivamente con fines científicos, manteniendo un registro fotográfico restringido y asegurando su conservación en las mismas condiciones de almacenamiento tras la finalización del estudio. Además, la investigación contó con la colaboración del personal administrativo del cementerio y fue supervisada por la profesora guía del proyecto, garantizando la transparencia y trazabilidad de todas las etapas metodológicas.

En síntesis, el diseño metodológico adoptado permitió replicar de manera rigurosa la técnica visual de estimación sexual propuesta por Rogers (1999) adaptándola a un contexto local contemporáneo y a una muestra sin documentación previa. A través del análisis sistemático de los rasgos morfológicos del húmero distal y la aplicación de pruebas de control estadístico, este estudio aspira a aportar nuevos antecedentes sobre la variabilidad poblacional del dimorfismo sexual en Chile, contribuyendo así al fortalecimiento de la antropología física nacional y al desarrollo de herramientas aplicables en contextos forenses, bioarqueológicos y académicos.

11. RESULTADOS

11.1 Hitos anatómicos

La muestra total, contando tanto húmeros izquierdos como derechos, es de 114 húmeros: 58 muestras masculinas y 56 muestras femeninas (Tabla 1). En términos generales, se obtuvo que, de una observación de 58 individuos masculinos, 49 húmeros (84,48%) fueron estimados de forma correcta, mientras que los 9 restantes (15,52%), dieron como resultado una estimación errónea.

En el caso de los individuos femeninos, de las 56 muestras analizadas, 41 húmeros (73,21%) dieron como resultado una estimación correcta. Mientras que, 15 húmeros (26,79%) resultaron en una estimación incorrecta.

Tabla 1

Matriz de confusión de los resultados totales del método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado		Total
Masculino	49	9	58
Femenino	15	41	56
	Masculino	Femenino	114

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en los 114 húmeros observados a lo largo de la investigación, tanto en masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

Si se especifica por lateralidad, se observa que en los individuos masculinos presentan 31 muestras izquierdas y 27 derechas, y los individuos femeninos presentan 30 muestras izquierdas y 26 derechas. A continuación, se presentarán los

resultados obtenidos por cada hito anatómico, especificando los resultados generales y por lateralidad, haciendo hincapié en los porcentajes de asertividad por género.

11.1.1 Ángulo del epicóndilo

En total, al observar el ángulo del epicóndilo se obtuvo un acierto del 76.32% y un fallo del 23.68%. De estos resultados se obtuvo que, en individuos masculinos, considerando tanto las muestras derechas como izquierdas, se demuestra una efectividad de 82.76% al estimar con el ángulo del epicóndilo, mientras que, en individuos femeninos, se obtuvo una efectividad de 69.64%. Los resultados erróneos totales en individuos masculinos son 10 y en individuos femeninos son 17, en total, un 17.24% de muestras masculinas dieron un resultado negativo, y un 30.36% de muestras femeninas son erróneas (Tabla 2).

Tabla 2

Matriz de confusión de la observación del ángulo del epicóndilo con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado ángulo epicóndilo		Total
Masculino	48	10	58
Femenino	17	39	56
	Masculino	Femenino	114

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación del ángulo del epicóndilo tanto en individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

Utilizando el método de Rogers, los resultados obtenidos fueron los siguientes: En la muestra de húmeros izquierdos (Tabla 3), con un total de 31 individuos masculinos y 30 femeninos. 26 individuos masculinos fueron identificados correctamente, con 5 individuos obteniendo un resultado equívoco al sexo original. En total, este método demuestra una efectividad total de 83.87% en individuos masculinos, de acuerdo con la muestra obtenida.

En el caso de los individuos femeninos, 22 individuos fueron identificados correctamente, con 8 individuos obteniendo resultados erróneos respecto al sexo real de individuo, este método obtuvo una efectividad de 73.33% de resultados efectivos, obteniéndose así un resultado menor en respecto a los individuos masculinos. Considerando ambos sexos, en la muestra de húmeros izquierdos se obtiene una efectividad de 78.69%.

Tabla 3

Matriz de confusión de la observación del ángulo del epicóndilo en húmeros izquierdos con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado ángulo epicóndilo izq.		Total
Masculino	26	5	31
Femenino	8	22	30
	Masculino	Femenino	61

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación del ángulo del epicóndilo solamente en los húmeros izquierdos tanto de individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

Por su parte, en la muestra de húmeros derechos (Tabla 4), se tenía un total de 27 individuos masculinos y 26 femeninos, la razón por esta inconsistencia es que varios individuos presentaron húmeros derechos en un estado más deteriorado y erosionado, o directamente se encontraban ausentes dentro de las bolsas de reducción, debido a esto, la muestra de húmeros derechos disminuye considerablemente.

Por consiguiente, se obtuvo que, 22 individuos masculinos fueron identificados correctamente dentro de este hito anatómico, con 5 resultados erróneos, demostrando una efectividad de 81.48% con un fallo del 18,52%, mientras que, en individuos femeninos, 17 individuos fueron identificados correctamente y 9 fueron erróneos, con una efectividad de 65.38% con un fallo de 34,62%. Los resultados de las muestras de húmero derecho presentan una efectividad total de 73.58%.

4

Matriz de confusión de la observación del ángulo del epicóndilo en húmeros derechos con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado ángulo epicóndilo der.		Total
Masculino	22	5	27
Femenino	9	17	26
	Masculino	Femenino	53

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación del ángulo del epicóndilo solamente en los húmeros derechos tanto de individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

11.1.2 Constricción troclear

En lo que respecta a la constricción de la tróclea, ocurre algo en particular, el cual, si bien añade dos valores: (1) Menos constreñido (Masculino), (2) Forma de carrete (Femenino), este añade un tercer valor el cual es “ambiguo” como su nombre lo indica, este valor se les asigna a los individuos cuya construcción troclear no se puede categorizar dentro de algunos de los dos valores mencionados anteriormente. En estos casos se observaron un total de 26 individuos cuya construcción de la simetría se le asignó el valor de ambiguo (Figura), del cual 14 pertenecen a individuos masculinos (7 derechos y 7 izquierdos) y 12 pertenecen a individuos femeninos (6 izquierdos y 6 derechos).

Mediante la aplicación del método de Rogers se logró una asertividad del 64.77% y un fallo del 35.23%. Dentro de esto se observó una correcta estimación en 29 individuos masculinos, teniendo una eficacia del 65,91% y en 28 individuos femeninos, lo que equivale a un total del 63,64%. No obstante, en cuanto a los individuos masculinos respecta, se diagnosticó un fallo del 34,09% siendo esto un

Tabla

total de 15 individuos, mientras que en el sexo femenino hay 16 individuos, lo que indica un margen de error es de un 36.36% (Tabla 5).

Tabla 5

Matriz de confusión de la observación de la constricción de la tróclea con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado constricción de la tróclea		Total
Masculino	29	15	44
Femenino	16	28	44
	Masculino	Femenino	88

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación de la construcción de la tróclea tanto en individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

Si se desglosa la información por lateralidad, en el caso de la lateralidad izquierda, los resultados indican que, en los individuos masculinos, el método presentó un acierto del 66.67%, lo que equivale a 16 individuos, y un fallo del 33.33%, correspondiente a 8 individuos. En el caso del sexo femenino, se obtuvo un acierto del 70.83%, equivalente a 17 individuos, mientras que el porcentaje de fallo fue del 29.17%, correspondiente a un total de 7 individuos (Tabla 6).

Matriz de confusión de la observación de la constricción de la tróclea en húmeros izquierdos con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado constricción de la tróclea izq.		Total
Masculino	16	8	24
Femenino	7	17	24
	Masculino	Femenino	48

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación de la constricción de la tróclea solamente en los húmeros izquierdos tanto de individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

Por otro lado, al analizar la lateralidad derecha, los resultados muestran que, en los individuos masculinos, el método de Rogers alcanzó un acierto del 65%, correspondiente a 13 individuos, con un fallo del 35%, observado en 7 individuos. En cambio, en el sexo femenino se registró un acierto del 55%, equivalente a 11 individuos, mientras que se observó un fallo del 45%, correspondiente a 9 individuos (Tabla 7).

Tabla

7

Matriz de confusión de la observación de la constricción de la tróclea en húmeros derechos con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado constricción de la tróclea der.		Total
Masculino	13	7	20
Femenino	9	11	20
	Masculino	Femenino	40

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación de la constricción de la tróclea solamente en los húmeros derechos tanto de individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

11.1.3 Forma de la fosa olecraneana

En relación con la fosa olecraneana y a partir de la aplicación del método de Rogers, se obtuvo que el porcentaje de acierto fue del 73.68% mientras que el fallo es de un 26.32%. En los individuos masculinos se logró estimar que, de un total de 58 individuos observados, 41 (70,69%) correspondieron efectivamente con su sexo biológico. No obstante, y de manera complementaria, en 17 individuos masculinos (29,31%) la morfología de la fosa fue asignada erróneamente al sexo femenino (Tabla 8).

Por su parte, en individuos femeninos se analizaron 56, 43 (76,79%) fueron correctamente estimados según su sexo, mientras que, de forma paralela, se registraron 13 individuos (23,21%) en los cuales la asignación de la fosa olecraneana no coincidió con el sexo del individuo. En conjunto, estos resultados se presentan de manera detallada en la Tabla correspondiente (Tabla 8).

**Tabla
8**

Matriz de confusión de la observación de la forma de la fosa olecraneana con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado forma de la fosa olecraneana		Total
Masculino	41	17	58
Femenino	13	43	56
	Masculino	Femenino	114

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación de la forma de la fosa olecraneana tanto en individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

En lo que respecta al análisis por lateralidad, y específicamente en los individuos masculinos, en la lateralidad izquierda se observaron un total de 31 húmeros. De este conjunto, 22 elementos (70,98%) fueron estimados correctamente según su sexo, mientras que en 9 individuos (29,03%) se registró una fosa olecraneana de morfología ovalada, lo que condujo a una asignación errónea del sexo (Tabla 9).

Por otra parte, en el caso de los individuos femeninos, se observó un total de 30 húmeros correspondientes a esta lateralidad. De ellos, 23 (76,67%) fueron correctamente estimados, en tanto que 7 húmeros (23,33%) presentaron una estimación errónea. La distribución detallada de estos resultados se expone en la Tabla correspondiente (Tabla 9).

Tabla

Matriz de confusión de la observación de la forma de la fosa olecraneana en húmeros izquierdos con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado forma de la fosa olecraneana izq.		Total
Masculino	22	9	31
Femenino	7	23	30
	Masculino	Femenino	61

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación de la forma de la fosa olecraneana solamente en los húmeros izquierdos tanto de individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

Por lo contrario, en relación con la lateralidad derecha, se analizaron un total de 53 húmeros. De los cuales 27 corresponden a individuos de sexo masculino, obteniendo un total de 19 humeros (70,37%) estimados de forma eficaz. Sin embargo, 8 húmeros (29,63%) fueron clasificados de forma errónea (Tabla 10). Del mismo modo, tras la observación de 26 humeros pertenecientes a individuos femeninos, se logró concluir que 20 humeros (76,92%) fueron clasificados de forma correcta. Por consiguiente, 6 húmeros (23,08%) dieron como resultado una estimación errónea (Tabla 10).

10

Matriz de confusión de la observación de la forma de la fosa olecraneana en húmeros derechos con método de Rogers.

Tabla

Sexo real	Sexo estimado forma de la fosa olecraneana der.		Total
Masculino	19	8	27
Femenino	6	20	26
	Masculino	Femenino	53

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación de la forma de la fosa olecraneana solamente en los húmeros derechos tanto de individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

11.1.4 Simetría de la tróclea

Al aplicar el método de Rogers en la simetría de la tróclea, se obtuvo como resultado un acierto del 66.67% con un fallo estimado del 33.33%. Al considerar los resultados totales de las muestras masculinas, tanto derechas como izquierdas, se obtiene una efectividad de 84.48%. En individuos femeninos, la precisión total es de 63.46% (Tabla 11).

Los resultados erróneos totales presentes en individuos masculinos es de 11, formando estos un porcentaje total de 18.97% de las muestras masculinas. En individuos femeninos, la cantidad total de resultados erróneos fue de 27, con un margen de 48.21% de la muestra total. En total, 38 muestras fueron erróneas al estimar con la simetría troclear, un 33.33% de la muestra total.

Tabla

Sexo real	Sexo estimado simetría de la tróclea		Total
Masculino	47	11	58
Femenino	27	29	56
	Masculino	Femenino	114

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación de la simetría de la tróclea tanto en individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

Considerando la lateralidad izquierda (Tabla 12), en individuos masculinos, 27 individuos obtuvieron un resultado positivo, coincidiendo con el sexo real del individuo en sí, con 4 resultados erróneos, demostrando una efectividad del 87.09%. En el caso de los individuos femeninos, 15 individuos femeninos fueron identificados correctamente, con 15 obteniendo un resultado erróneo, con una efectividad total de 50%, con la efectividad más baja de todos los hitos anatómicos previamente comprobados en la lateralidad izquierda.

12

Matriz de confusión de la observación de la simetría de la tróclea en lateralidad izquierda con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado simetría de la tróclea izq.	Total
------------------	--	--------------

Tabla

Masculino	27	4	31
Femenino	15	15	30
	Masculino	Femenino	61

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación de la simetría de la tróclea solamente en los húmeros izquierdos tanto de individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

En lateralidad derecha (Tabla 13), 22 muestras masculinas obtuvieron resultados correctos de acuerdo con el sexo del individuo, con 5 resultados erróneos, demostrando una efectividad de 81.48%. En las muestras femeninas, 20 demostraron resultados correctos, con 6 resultando en el sexo equivocado, con una efectividad de 76.92%.

13

Matriz de confusión de la observación de la simetría de la tróclea en lateralidad derecha con método de Rogers.

Sexo real	Sexo estimado simetría de la tróclea der.		Total
Masculino	22	5	27

Tabla

Femenino	6	20	26
	Masculino	Femenino	53

Nota. Esta matriz muestra los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers en la observación de la simetría de la tróclea solamente en los húmeros derechos tanto de individuos masculinos como femeninos. Fuente: Elaboración propia (2026).

12. ANÁLISIS

12.1 Eficacia global del método por lateralidad

Al evaluar el desempeño global por lateralidad, se observa que existe una asociación estadísticamente significativa entre sexo real y sexo estimado tanto en húmeros izquierdos como derechos. En el lado izquierdo (Tabla 14), el contraste muestra $\chi^2(1, N = 61) = 18.092$; $p < .001$, con $C = 0.478$ (Tabla 15), lo que indica una asociación de magnitud moderada.

Tabla*Contraste prueba de Chi-***Tabla 14***Contraste prueba de Chi-cuadrado lateralidad izquierda.*

	Valor	gl	p
X²	18.092	1	< .001
N	61		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado únicamente de la lateralidad izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 15*Coefficiente de contingencia lateralidad izquierda.*

Coefficiente de contingencia lateralidad izquierda
0.478

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia exclusivamente de la lateralidad izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

En el lado derecho (Tabla 16), la asociación también es significativa χ^2 (1, N = 53) = 18.130; $p < .001$ y el tamaño de asociación es levemente mayor $C = 0.505$ (Tabla 17), sugiriendo un rendimiento global comparable entre lados.

16

cuadrado lateralidad derecha.

	Valor	gl	p
X²	18.130	1	< .001
N	53		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado únicamente de la lateralidad izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 17

Coefficiente de contingencia lateralidad derecha.

Coefficiente de contingencia lateralidad derecha
0.505

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia exclusivamente de la lateralidad izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

En conjunto, estos valores respaldan que el método capta señal dimórfica en esta muestra, cumpliendo el objetivo general de evaluar su eficacia en población local, no obstante, el tamaño de asociación moderado es consistente con la idea de que el método es útil principalmente como apoyo cuando estructuras altamente dimórficas (p. ej., pelvis) no están disponibles (Rogers, 1999).

12.2 Poder discriminante por hito anatómico

Al comparar los cuatro hitos en la muestra total, los coeficientes de contingencia permiten jerarquizar su poder discriminante. El ángulo del epicóndilo presenta la

Tabla

Contraste prueba de Chi- asociación más alta, siendo esta de $C = 0.468$ (Tabla 19), con una significancia de χ^2 (1, N = 114) = 31.923; $p < .001$ (Tabla 18).

Tabla 18

Contraste prueba de Chi-cuadrado del ángulo del epicóndilo.

	Valor	gl	p
X²	31.923	1	< .001
N	114		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado en el ángulo del epicóndilo tanto izquierdo como derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 19

Coefficiente de contingencia del ángulo del epicóndilo.

Coefficiente de contingencia ángulo del epicóndilo
0.468

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia del ángulo del epicóndilo tanto izquierdo como derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

Seguido por la forma de la fosa olecraniana $C = 0.442$ (Tabla 21); χ^2 (1, N = 114) = 27.620; $p < .001$ (Tabla 20).

20

cuadrado de la forma de la fosa olecraneana.

	Valor	gl	p
X²	27.620	1	< .001
N	114		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado de la forma de la fosa olecraneana tanto izquierdo como derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 21

Coefficiente de contingencia de la forma de la fosa olecraneana.

Coefficiente de contingencia de la forma de la fosa olecraneana
0.442

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia de la forma de la fosa olecraneana tanto izquierdo como derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

En un nivel inferior se ubica la simetría troclear $C = 0.325$ (Tabla 23); $\chi^2 (1, N = 114) = 13.474$; $p < .001$ (Tabla 22).

Tabla

*Contraste prueba de Chi-
22*

cuadrado de la simetría de la tróclea.

	Valor	gl	p
X²	13.474	1	< .001
N	114		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado de la simetría de la tróclea tanto izquierdo como derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 23

Coefficiente de contingencia del ángulo de la simetría de la tróclea.

Coefficiente de contingencia de la simetría de la tróclea
0.325

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia de la simetría de la tróclea tanto izquierdo como derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

Finalmente, la constricción troclear muestra el tamaño de asociación más bajo $C = 0.290$ (Tabla 25); $\chi^2 (1, N = 89) = 8.181$; $p = < 0.004$ (Tabla 24).

24

cuadrado de la constricción de la tróclea.

	Valor	gl	p
X²	8.181	1	< 0.004
N	89		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado de la constricción de la tróclea tanto izquierdo como derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 25

Coefficiente de contingencia de la constricción de la tróclea.

Coefficiente de contingencia de la constricción de la tróclea
0.290

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia de la constricción de la tróclea tanto izquierdo como derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

De esta forma, en esta muestra de población chilena los rasgos con mayor poder discriminante son el epicóndilo y la fosa olecraniana, mientras que los de menor discriminación son simetría troclear especialmente, la constricción troclear. Esta distribución coincide con la lógica del método original (uso conjunto de rasgos) y con evidencia posterior demostrada por Simpon (2018) que advierte que algunos componentes del complejo troclear pueden presentar mayor solapamiento morfológico según población (Rogers, 1999 como se citó en Simpson, 2018).

Tabla

Contraste prueba de Chi-

12.3 Análisis por lateralidad de cada hito

12.3.1 Ángulo del epicóndilo

En el ángulo del epicóndilo, la asociación con el sexo se mantiene significativa en ambos lados, pero con mayor magnitud en el húmero izquierdo $C = 0.499$ (Tabla 27); $\chi^2 (1, N = 61) = 20.222$; $p < .001$ (Tabla 26) que en el derecho con $C = 0.429$ (Tabla 29); $\chi^2 (1, N = 53) = 11.982$; $p < .001$ (Tabla 28). Este patrón sugiere que, en esta muestra, el epicóndilo es un indicador altamente viable, aunque con una ligera ventaja discriminante del lado izquierdo, lo que puede reflejar variación muestral o diferencias en preservación u observabilidad. La estabilidad del epicóndilo como rasgo discriminante es coherente con el fundamento del método, que relaciona parte de la variación distal con el “*carrying angle*” y con diferencias de robusticidad (Rogers, 1999).

Tabla 26

Contraste prueba de Chi-cuadrado del ángulo del epicóndilo izquierdo.

	Valor	gl	p
X²	20.222	1	< .001
N	61		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado del ángulo del epicóndilo izquierdo. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 27

Coefficiente de contingencia del ángulo del epicóndilo izquierdo.

Coeficiente de contingencia del ángulo del epicóndilo izquierdo

0.499

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia del ángulo del epicóndilo izquierdo. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 28

Contraste prueba de Chi-cuadrado del ángulo del epicóndilo derecho.

	Valor	gl	p
X²	11.982	1	< .001
N	53		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado del ángulo del epicóndilo derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 29

Coefficiente de contingencia del ángulo del epicóndilo derecho.

Coefficiente de contingencia del ángulo del epicóndilo derecho
0.429

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia del ángulo del epicóndilo derecho. Fuente: Elaboración propia (2026).

12.3.2 Constricción de la tróclea

La constricción troclear concentra el desempeño más débil y la mayor inestabilidad por lateralidad. En el lado izquierdo existe asociación significativa $C = 0.362$ (Tabla 31); $\chi^2 (1, N = 49) = 7.389$; $p = < 0.007$ (Tabla 30), pero en el lado derecho la relación no es significativa $C = 0.197$ (Tabla 33); $\chi^2 (1, N = 40) = 1.616$; $p = < 0.204$ (Tabla 32),

lo que indica que, para húmero derecho, este rasgo no discrimina sexo consistentemente.

Tabla 30

Contraste prueba de Chi-cuadrado de la constricción de la tróclea izquierda.

	Valor	gl	p
X²	7.389	1	< 0.007
N	49		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado de la constricción de la tróclea izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 31

Coefficiente de contingencia de la constricción de la tróclea izquierda.

Coefficiente de contingencia de la constricción de la tróclea izquierda
0.362

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia del ángulo de la constricción de la tróclea izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla

*Contraste prueba de Chi-
32*

cuadrado de la constricción de la tróclea derecha.

	Valor	gl	p
X²	1.616	1	< 0.204
N	40		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado de la constricción de la tróclea derecha. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 33

Coefficiente de contingencia de la constricción de la tróclea derecha.

Coefficiente de contingencia de la constricción de la tróclea derecha
0.197

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia del ángulo de la constricción de la tróclea derecha. Fuente: Elaboración propia (2026).

12.3.3 Forma de la fosa olecraneana

En la forma de la fosa olecraneana, la asociación es alta y significativa en ambos lados, con magnitudes muy cercanas: lado izquierdo $C = 0.453$ (Tabla 35); $\chi^2 (1, N = 61) = 15.779$; $p < .001$ (Tabla 34) y lado derecho $C = 0.428$ (Tabla 37); $\chi^2 (1, N=53) = 11.888$; $p < .001$ (Tabla 36). En términos aplicados, esto indica que la fosa olecraneana conserva un desempeño consistente por lateralidad y constituye, junto con el epicóndilo, el soporte más sólido del método (Rogers, 1999).

Tabla

*Contraste prueba de Chi-
34*

cuadrado de la forma de la fosa olecraneana izquierda.

	Valor	gl	p
X²	15.779	1	< .001
N	61		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado de la forma de la fosa olecraneana izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 35

Coefficiente de contingencia de la forma de la fosa olecraneana izquierda.

Coefficiente de contingencia de la forma de la fosa olecraneana izquierda
0.453

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia de la forma de la fosa olecraneana izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla*Contraste prueba de Chi-*

36

cuadrado de la forma de la fosa olecraneana derecha.

	Valor	gl	p
X²	11.888	1	< .001
N	53		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado de la forma de la fosa olecraneana derecha. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 37*Coefficiente de contingencia de la forma de la fosa olecraneana derecha.*

Coefficiente de contingencia de la forma de la fosa olecraneana derecha
0.428

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia de la forma de la fosa olecraneana derecha. Fuente: Elaboración propia (2026).

12.3.4 Simetría de la tróclea

La simetría troclear muestra asociaciones significativas en ambos lados, pero de magnitud menor que el ángulo del epicóndilo y la forma de la fosa olecraneana. En el lado izquierdo se observa $C = 0.307$ (Tabla 39); $\chi^2 (1, N = 61) = 6.342$; $p = < 0.012$

Tabla

Contraste prueba de Chi- (Tabla 38), mientras que en el derecho la asociación aumenta levemente $C = 0.346$ (Tabla 41); $\chi^2 (1, N = 53) = 7.188$; $p = < 0.007$ (Tabla 40). Esta diferencia sugiere que, aunque la simetría contribuye a la discriminación, lo hace de manera más modesta y potencialmente más sensible a variación poblacional (Simpson, 2018) (Wanek, 2002). 38

cuadrado de la simetría de la tróclea izquierda.

	Valor	gl	p
X²	6.342	1	< 0.012
N	61		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado de la simetría de la tróclea izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 39

Coefficiente de contingencia de la simetría de la tróclea izquierda.

Coefficiente de contingencia de la simetría de la tróclea izquierda
0.307

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia de la simetría de la tróclea izquierda. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla*Contraste prueba de Chi-*

40

cuadrado de la simetría de la tróclea derecha.

	Valor	gl	p
X²	7.188	1	< 0.007
N	53		

Nota. Esta tabla muestra el contraste obtenido por la prueba de chi-cuadrado de la simetría de la tróclea derecha. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 41*Coefficiente de contingencia de la simetría de la tróclea derecha.*

Coefficiente de contingencia de la simetría de la tróclea derecha
0.346

Nota. Esta tabla muestra el valor del coeficiente de contingencia de la simetría de la tróclea derecha. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla

Contraste prueba de Chi-

12.4 Confiabilidad del método en población chilena

La confiabilidad del método puede abordarse a partir de la consistencia de la relación entre sexo real y sexo estimado, evaluada mediante el contraste chi-cuadrado (χ^2) y la magnitud de la asociación expresada por el coeficiente de contingencia (C). En términos generales, los resultados evidencian asociaciones significativas por lateralidad y tamaños de asociación de magnitud moderada, lo que sugiere que el método capta una señal dimórfica relevante en la muestra analizada, en concordancia con el planteamiento original del enfoque (Rogers T.L. 1999).

No obstante, la confiabilidad no se distribuye de manera uniforme entre los cuatro hitos. Al comparar los tamaños de asociación por rasgo, se observa que epicóndilo medial y forma de la fosa olecraneana concentran asociaciones más altas y relativamente estables por lateralidad, mientras que la simetría troclear y, especialmente, la constricción troclear exhibe asociaciones menores. Este patrón es coherente con la naturaleza cualitativa del método, en tanto la estimación se fortalece cuando existe convergencia entre varios rasgos y cuando se priorizan aquellos con mejor comportamiento estadístico dentro de la población de estudio (Rogers, 1999).

Adicionalmente, la variación por lateralidad observada en ciertos hitos, en particular, la inestabilidad de la constricción tróclear, sugiere que algunos hitos podrían ser más sensibles a variaciones morfológicas y a límites clasificatorios. En consecuencia, la confiabilidad práctica del método en esta muestra se interpreta como moderada, siendo más consistente cuando se sustenta principalmente en los hitos con mayor asociación y se utiliza el resto como evidencia complementaria, de acuerdo con la lógica multirasgo propuesta para este procedimiento (Rogers, 1999) (Wanek, 2002).

12.5 Contraste con aplicaciones previas en otras poblaciones

La comparación con estudios previos respalda que el desempeño del método tiende a variar entre poblaciones. Esto es común en estimaciones de esta naturaleza, y en el caso de la estimación de sexo las diferencias entre poblaciones suelen ser más específicas y localizadas, esto se demuestra en las distintas expresiones de cada hito y como se relaciona con su dimorfismo sexual.

12.5.1 Comparación del ángulo del epicóndilo

En el caso del ángulo del epicóndilo constituye el rasgo más dimórfico y preciso en la presente investigación, con un nivel de acierto total del 76,32%. La muestra masculina alcanzó un nivel de acierto del 73.85%, mientras que la femenina obtuvo un 79.59%, lo que genera una diferencia considerable en la precisión entre ambos sexos. En el análisis de Falys et al., el ángulo del epicóndilo registró una efectividad total del 74,9%, con resultados del 72% en individuos femeninos y del 77% en individuos masculinos, lo que arroja una mayor consistencia entre sexos. De manera similar, la investigación de Watkinson L. (2012), cuya muestra también correspondió

a individuos británicos al igual que la de Falys, reportó valores comparables: una efectividad del 76,9 en individuos masculinos y del 74,2% en femeninos, alineándose plenamente con los hallazgos de Falys.

En cambio, el estudio de Simpson R. (2018) presenta una diferencia, ya que la muestra femenina exhibe una efectividad superior a la masculina, no obstante, la efectividad general de las estimaciones en ese trabajo es extremadamente inferior en comparación con el resto de las investigaciones, alcanzando tan solo un 58,50%. Aun así, este rasgo coincide con la presente investigación en ser el que registra el mayor nivel de efectividad cuando se considera de manera aislada.

12.5.2 Comparación de la constricción troclear

Respecto a la constricción troclear, se observaron diferencias metodológicas relevantes. En la presente investigación se emplearon las categorías de masculino, femenino y ambigua, mientras que, por ejemplo, la revisión de Wanek (2002) clasificó este rasgo únicamente en las categorías de “masculino” y “femenino”. Otras investigaciones, como las de Watkinson L. (2012) y Simpson R. (2018), utilizaron términos análogos tales como indeterminado, probable o ambiguo. Estas variaciones fundamentales en la aplicación del método, junto con las distintas interpretaciones de este hito anatómico en particular, provocan que los resultados varíen de manera drástica.

En la muestra actual se obtuvo una efectividad del 64,77%, valor inferior al registrado en la investigación de Rogers (1999), con un 84 %, un 69,2% en el caso de Falys (2005), y un 74% en el caso de Watkinson L. (2012). No obstante, este porcentaje es superior al obtenido en el estudio de Simpson R. (2018), aunque dicha diferencia se explica por la baja efectividad general registrada en aquel trabajo. Finalmente, en el estudio de Wanek (2002), la población que presentó mayor similitud en los resultados respecto a la constricción troclear fue la población china analizada.

En cuanto a la efectividad por sexo, se observó una diferencia mínima entre ambos grupos: 64.44% en individuos masculinos y 65.12% en individuos femeninos. Esta consistencia contrasta claramente con los resultados de Falys (2005) y Watkinson L. (2012), donde se registraron marcadas discrepancias: en Falys, 52,2 % en

masculinos y 88,0 % en femeninos, y en Watkinson, 81,0 % en masculinos y 65,7 % en femeninos.

12.5.3 Comparación de la fosa olecraneana

En el caso de la fosa olecraneana, estudios previos la identificaron como el rasgo más dimórfico y efectivo cuando se considera de manera aislada. Rogers (1999) reportó una efectividad del 84 %, mientras que Falys (2005) obtuvo un 81,8 %. Esta tendencia se mantiene en la tesis de Watkinson L. (2012), con un 77,1 %, y en Wanek (2002), que registró una efectividad global del 77%, considerando todas las poblaciones analizadas.

Debido a esta alta consistencia a lo largo de diferentes investigaciones, Rogers propuso utilizar la fosa olecraneana como rasgo determinante en aquellos casos en los que un individuo presentara dos rasgos femeninos y dos masculinos, otorgándole prioridad a su resultado como criterio decisivo final. Aunque en la presente investigación se aplicó esta misma metodología, el patrón no se replicó. Aquí, el rasgo más dimórfico resultó ser el epicóndilo medial, mientras que la fosa olecraneana alcanzó una efectividad total del 73,68 %. Además, se observó una inclinación hacia mayor precisión en individuos femeninos (76,79 %) en comparación con los masculinos (70,69 %).

12.5.4 Comparación de la simetría troclear

Finalmente, la simetría troclear se destaca por presentar la mayor diferencia en precisión entre ambos sexos. En la presente investigación, este rasgo alcanzó una efectividad del 63.51 % en individuos masculinos y del 72.50% en individuos femeninos. Aunque no con la misma magnitud extrema, un patrón similar de mayor precisión en el sexo masculino se observa en el trabajo original de Rogers (1999), con un 69 % en masculinos y un 77 % en femeninos, así como en la tesis de Watkinson L. (2012), que reportó un 73,8 % en masculinos y un 52,9 % en femeninos. Estos hallazgos contrastan notablemente con los resultados de Falys (2005), donde la efectividad fue prácticamente idéntica entre ambos sexos: 78,8 % en individuos masculinos y 79,0 % en individuos femeninos. En términos de efectividad total, la presente investigación obtuvo un 66.67 %, valor que se sitúa en línea con los

reportados en la mayoría de los estudios previos. El resultado más próximo a esta cifra corresponde al de Watkinson L. (2012), con una efectividad global del 74,71 %, Rogers obtuvo un 70%

En general se observa que, en poblaciones de origen europeo, el método tiende a presentar niveles de efectividad globales más elevados y consistentes, mientras que en poblaciones estadounidenses se registran mayores rangos de variabilidad y, en general, porcentajes de acierto inferiores. En el presente estudio, realizado sobre la muestra del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano, se obtuvo una efectividad total del 78.95%, un valor que sitúa los resultados por margen de un rango confiable, siendo este un 80% (Rogers, 1999), pero utilizable dentro de la consideración que este método no conserva su efectividad en esta población. Este método resultó menos efectivo que en la muestra original de Rogers (1999), y las revisiones de Falys (2005), Watkinson L. (2012) y Wanek (2002). En conjunto, estos hallazgos confirman la utilidad del método como herramienta complementaria en la estimación del sexo, particularmente en contextos donde los elementos diagnósticos primarios (pelvis y cráneo) no se encuentran disponibles, se subraya la necesidad de considerar las particularidades poblacionales y las limitaciones inherentes a su aplicación en diferentes grupos étnicos y geográficos.

En su formulación, Rogers reporta un rendimiento elevado en la muestra de desarrollo y plantea el húmero distal como alternativa útil cuando no se dispone de pelvis o cráneo, sin embargo, la literatura posterior ha descrito fluctuaciones en precisión y estabilidad por rasgo al aplicar el método en otras series, particularmente cuando se considera la diversidad biológica y biocultural de las muestras (Rogers, 1999).

En esta línea, investigaciones centradas en variación población-específica han documentado diferencias sistemáticas en el rendimiento global y por hito entre grupos, enfatizando la conveniencia de validaciones locales antes de extrapolar parámetros de desempeño (Simpsons, 2018). Por su parte, aplicaciones en contextos históricos y arqueológicos también han señalado que la preservación y la variabilidad morfológica pueden condicionar la clasificación, especialmente cuando aumentan las categorías intermedias o ambiguas (Watkison, 2012). En conjunto, este cuerpo de evidencia permite situar los resultados de la muestra chilena dentro de un escenario

esperado de variación entre poblaciones: utilidad metodológica presente, pero con desempeño dependiente del rasgo y del contexto muestral.

12.6 Posibles diferencias poblacionales que inciden en el desempeño del método

Los resultados obtenidos en la aplicación del método de Rogers (1999) evidencian variaciones en su desempeño al ser aplicado a la muestra analizada. Estas diferencias pueden deberse a diversos factores biológicos, poblacionales y metodológicos que influyen en la expresión del dimorfismo sexual óseo. En antropología forense se reconoce ampliamente que los métodos desarrollados en una población específica pueden experimentar una disminución en su precisión cuando son aplicados a grupos humanos distintos, debido a variaciones biológicas derivadas de la historia genética, el ambiente y las condiciones de vida de cada población (Ubelaker & DeGaglia, 2017). En este contexto, la población chilena contemporánea analizada presenta características biológicas propias que pueden diferir de aquellas presentes en las colecciones osteológicas norteamericanas utilizadas originalmente para desarrollar el método.

Uno de los factores más relevantes corresponde a la variación poblacional en la magnitud del dimorfismo sexual. Diversos estudios han demostrado que la expresión del dimorfismo sexual en los huesos largos puede variar considerablemente entre poblaciones humanas, afectando directamente la capacidad discriminante de los rasgos utilizados en la estimación sexual (Iskan et al., 1998). En el caso del húmero, investigaciones comparativas realizadas en poblaciones asiáticas han demostrado que tanto las dimensiones métricas como las características morfológicas del hueso pueden presentar diferencias sustanciales entre grupos geográficos, reflejando la influencia de factores genéticos y ambientales en su desarrollo (Iskan et al., 1998). Esto implica que rasgos morfológicos que resultan altamente diagnósticos en una población pueden presentar menor diferenciación sexual en otra, reduciendo así la eficacia de los métodos basados en dichos rasgos.

Los resultados estadísticos obtenidos en el presente estudio reflejan esta situación. La aplicación de pruebas de asociación, como el chi cuadrado, permitió evaluar si la distribución de los rasgos morfológicos observados se relaciona significativamente

con el sexo biológico de los individuos. Si bien algunos rasgos muestran asociación estadística con el sexo, los valores obtenidos indican que dicha relación no es igualmente fuerte en todos los casos. Este fenómeno puede interpretarse como evidencia de que ciertos rasgos del húmero distal presentan una menor diferenciación sexual en la población analizada, lo que limita su capacidad para discriminar entre individuos masculinos y femeninos. De manera complementaria, el coeficiente de contingencia permite estimar la intensidad de dicha relación, evidenciando que algunos rasgos poseen un poder discriminante moderado o bajo. Esta variabilidad en la fuerza de asociación sugiere que la expresión del dimorfismo sexual en el húmero distal no es uniforme dentro de la muestra, lo cual coincide con lo observado en estudios comparativos realizados en distintas poblaciones.

Otro factor que puede incidir en estos resultados corresponde a las diferencias biomecánicas asociadas al uso del miembro superior. El modelado óseo está fuertemente influenciado por las cargas mecánicas ejercidas sobre el esqueleto durante la vida del individuo, ya que el tejido óseo responde adaptativamente a las tensiones mecánicas mediante procesos de remodelación estructural (Ruff, Holt & Trinkaus, 2006). En este sentido, actividades físicas, patrones ocupacionales y estilos de vida pueden modificar la robustez ósea y la morfología de determinadas regiones anatómicas, particularmente en huesos largos como el húmero (Ruff et al., 2006 como se citó en Larsen, 2015). En consecuencia, poblaciones con diferentes patrones de actividad pueden presentar configuraciones morfológicas distintas en el extremo distal del húmero, afectando la expresión de rasgos utilizados para la estimación sexual. Estudios realizados en poblaciones contemporáneas han demostrado que la variación morfológica del húmero distal puede reflejar tanto diferencias sexuales como adaptaciones funcionales relacionadas con la actividad física (Tallman & Blanton, 2020).

Un aspecto adicional que puede influir en la morfología del húmero distal corresponde a la lateralidad y dominancia manual. El uso preferencial de una de las extremidades superiores durante la vida cotidiana genera diferencias en las cargas mecánicas aplicadas a cada brazo, lo que puede producir variaciones en la robustez y en la forma de los huesos del miembro superior. En este sentido, diversos estudios bioantropológicos han demostrado que el brazo dominante suele presentar mayor

desarrollo cortical y mayor robustez ósea en comparación con el no dominante, reflejando los efectos acumulativos de la actividad física y las demandas biomecánicas asociadas a la lateralidad funcional (Ruff & Jones, 1981 como se citó en Auerbach & Ruff, 2006). Estas diferencias pueden manifestarse también en la morfología del húmero distal, influyendo en la expresión de algunos rasgos utilizados en métodos morfológicos de estimación sexual. Como consecuencia, la presencia de asimetrías funcionales entre ambos miembros superiores puede generar variabilidad adicional en la observación de los rasgos estudiados, lo que podría contribuir a explicar algunas de las diferencias observadas en el desempeño del método cuando se analizan los húmeros según su lateralidad.

Asimismo, la temporalidad de la muestra constituye un elemento relevante que se debe considerar en la interpretación de los resultados. La muestra analizada corresponde a individuos relativamente recientes, pertenecientes a una población contemporánea. Durante los últimos siglos, las poblaciones humanas han experimentado cambios biológicos asociados a mejoras en la nutrición, la salud pública y las condiciones de vida. Estos procesos, conocidos como cambios seculares, pueden alterar las proporciones corporales y la robustez del esqueleto, influyendo en la forma en que se manifiesta el dimorfismo sexual (Milner et al., 2012 como se citó en Larsen, 2015). En poblaciones modernas, algunos estudios han sugerido que el dimorfismo sexual puede volverse menos marcado en ciertos elementos del esqueleto debido a la reducción de diferencias extremas en actividad física y carga biomecánica entre individuos de sexo masculino y femenino, lo que puede modificar la expresión de algunos rasgos osteológicos tradicionalmente utilizados para la estimación sexual (Larsen, 2015) (Ubelaker & DeGaglia, 2017).

En relación con lo anterior, también es necesario considerar la composición biológica particular de la población chilena. La historia demográfica del país está marcada por procesos de mestizaje entre poblaciones indígenas americanas y colonizadores europeos, generando patrones de variabilidad biológica propios de la región sudamericana (Bengoia, 2014). Esta diversidad genética puede influir en la expresión del dimorfismo sexual esquelético, produciendo configuraciones morfológicas distintas a aquellas presentes en poblaciones norteamericanas o europeas. Por esta razón, diversos autores han destacado la importancia de validar los métodos

osteológicos de estimación sexual en cada población antes de aplicarlos de forma sistemática, ya que la variabilidad poblacional puede afectar significativamente su precisión (Simpson, 2018 como se citó en Ubelaker & DeGaglia, 2017).

Del mismo modo, otro aspecto que podría influir en los resultados corresponde a la distribución demográfica de la muestra, particularmente en relación con la edad de los individuos analizados. El envejecimiento puede producir cambios degenerativos y remodelaciones óseas que alteran la apariencia de algunos rasgos morfológicos utilizados en la estimación sexual. Estos procesos pueden modificar la morfología original de estructuras anatómicas como la fosa olecraneana o la superficie troclear, generando variabilidad adicional en la observación de los rasgos evaluados (Houston et al., 2025). En consecuencia, la presencia de individuos de mayor edad dentro de la muestra podría contribuir a reducir la claridad de algunos indicadores morfológicos utilizados por el método.

Finalmente, también deben considerarse los procesos tafonómicos y de conservación ósea. Alteraciones postdepositacionales pueden afectar la integridad de los puntos anatómicos utilizados para evaluar los rasgos morfológicos del húmero distal, dificultando su correcta observación. La erosión cortical, la pérdida de superficie ósea o las deformaciones producidas durante el enterramiento pueden alterar la apariencia de los rasgos utilizados en métodos morfológicos cualitativos, generando potenciales errores de clasificación (Borrini et al., 2023).

Esto quiere decir que, los resultados obtenidos sugieren que el desempeño del método de Rogers en la población analizada está influido por una combinación de factores biológicos y metodológicos. La variabilidad poblacional del dimorfismo sexual, las diferencias biomecánicas asociadas al uso del miembro superior, los cambios seculares presentes en poblaciones modernas, la composición genética particular de la población chilena y los posibles efectos tafonómicos sobre los restos óseos interactúan para producir los patrones observados en los análisis estadísticos. Estos hallazgos refuerzan la importancia de validar los métodos de estimación sexual en cada población específica y evidencian la necesidad de continuar desarrollando investigaciones que permitan ajustar o recalibrar estos métodos para su aplicación en contextos bioantropológicos sudamericanos.

13. CONCLUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, es posible concluir que el método de Rogers (1999) presenta una utilidad efectiva en la muestra analizada, aunque dicha utilidad no se expresa de manera homogénea en todos los rasgos estudiados ni permite sostener una aplicación irrestricta del procedimiento de forma general. Esta homogeneidad tampoco se encuentra presente en el método original de Rogers, donde la fosa olecraneana tuvo una efectividad mayor al resto de hitos anatómicos, característica que se mostró presente nuevamente en esta investigación, remarcando nuevamente su consistencia (Rogers, 1999). La revisión de Simpson R. (2018) concluyó resultados similares, pues la fosa olecraneana compartía el rasgo de ser el hito anatómico más dimórfico y con una efectividad mayor, característica que se puede observar nuevamente en el análisis de Falys et al. (2005). A pesar de esto, se demuestra también que en revisiones del método en poblaciones distintas el priorizar un solo rasgo llevó a resultados poco precisos a comparación de la utilización de los cuatro rasgos, o una combinación entre ellos, por lo que el método de determinación de sexo indeterminado por medio de la fosa olecraneana no es un rasgo universal (Watkinson, 2012). En términos generales, los análisis mostraron asociaciones significativas entre sexo real y sexo estimado, así como magnitudes de asociación moderadas, lo que indica que el método logra captar una señal dimórfica reconocible en la población examinada.

Sin embargo, esta confiabilidad debe interpretarse con cautela, pues el comportamiento del método varía según el hito anatómico observado y según la lateralidad del húmero. Se observó una diferencia en el desempeño entre lateralidades, con una efectividad global del 72.9 % en el lado izquierdo y del 69.3 % en el lado derecho al considerar el conjunto de todos los rasgos analizados. Esta disparidad podría atribuirse a factores como la dominancia motriz del individuo o a patrones de uso diferencial del miembro superior derivados de roles ocupacionales o actividades cotidianas a lo largo de la vida, sin embargo, al no disponerse de información sobre la lateralidad dominante de los individuos en la muestra, no es posible establecer una correlación directa entre dicha variable y los resultados obtenidos. Asimismo, cabe considerar que la muestra izquierda comprende 61 húmeros, mientras que la derecha incluye 53, lo que representa una ligera asimetría

en el tamaño muestral que podría influir en las diferencias observadas. En conjunto, los hallazgos revelan una ligera tendencia hacia un mayor desempeño en la lateralidad izquierda dentro de la muestra procedente del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano. Por estas razones, más que concebir el método como una técnica autosuficiente para la estimación del sexo, los resultados indican que debe entenderse como un recurso complementario dentro del repertorio de herramientas disponibles en antropología forense, particularmente útil en aquellos casos en los que el hueso coxal y el cráneo no se encuentran preservados o disponibles para su análisis (Falys et al., 2005) (Rogers, 1999).

En relación con el objetivo orientado a identificar los hitos anatómicos con mayor y menor poder discriminante, los resultados permiten afirmar que el epicóndilo medial y la forma de la fosa olecraneana fueron los rasgos de mejor desempeño dentro de la muestra chilena analizada. En el caso del epicóndilo medial, los coeficientes de contingencia registrados para ambos lados evidenciaron una asociación relativamente alta y estable, con una ligera ventaja del lado izquierdo, lo que sugiere que este rasgo mantiene una expresión dimórfica consistente en la población estudiada. De forma similar, la forma de la fosa olecraneana presentó una asociación sólida y uno de los comportamientos más estables del conjunto analizado. Estos resultados son coherentes con la literatura previa, particularmente con Rogers (1999) y Falys et al. (2005), quienes también reconocieron a la fosa olecraneana como uno de los indicadores más útiles del húmero distal para la estimación sexual.

En contraste, la simetría troclear y, de forma más marcada, la constricción troclear, mostraron un comportamiento menos robusto. Si bien la simetría troclear presentó asociación estadísticamente significativa, su magnitud fue menor que la observada en el epicóndilo medial y en la fosa olecraneana, lo que sugiere un poder discriminante más limitado. La constricción troclear, por su parte, concentró el desempeño más débil del conjunto, con una clara inestabilidad por lateralidad: mientras en el lado izquierdo mantuvo una relación significativa con el sexo, en el lado derecho dicha asociación dejó de ser significativa. Este patrón sugiere que ciertos rasgos trocleares pueden ser especialmente sensibles al solapamiento morfológico entre sexos, a la variabilidad funcional o incluso a factores vinculados con la lateralidad y el uso diferencial del miembro superior, cuestión que ya había

sido advertida en la revisión de Falys et al. (2005), donde también se observó que la constricción troclear era uno de los componentes más problemáticos del método. En consecuencia, los datos permiten sostener que no todos los rasgos propuestos por Rogers poseen la misma transferibilidad al contexto chileno, y que su aplicación debe ser necesariamente jerarquizada (Falys et al., 2005) (Simpson, 2018) (Wanek, 2002). En cuanto al grado de confiabilidad del método en población chilena, los resultados permiten proponer que esta es moderada. Tal calificación no implica desestimar el procedimiento, sino reconocer que su rendimiento depende de la convergencia entre rasgos y del peso diferencial que cada uno de ellos posee dentro del análisis. En otras palabras, la estimación mejora cuando se apoya principalmente en los hitos con mejor comportamiento estadístico y cuando los rasgos menos consistentes son utilizados como evidencia secundaria. Esta observación coincide con la lógica multirasgo del método, pero también con la crítica formulada por Falys et al. (2005), quienes señalaron que el uso conjunto de los cuatro rasgos no necesariamente aumenta la precisión de manera lineal y que el húmero distal no debiera constituirse, por sí solo, en el único fundamento de una estimación sexual. Desde esta perspectiva, el método de Rogers puede considerarse útil en la muestra del cementerio N°2 de Talcahuano, pero su aplicación debe ser prudente, contextualizada y articulada con otros indicadores osteológicos cuando ello sea posible (Falys et al., 2005) (Rogers, 1999) (Wanek, 2002).

El contraste con aplicaciones previas en otras poblaciones refuerza esta interpretación. Mientras Rogers (1999) reportó una precisión global cercana al 92% en su muestra original, la revisión de Falys et al. (2005) redujo dicha cifra a 79,1%, manteniendo, no obstante, a la fosa olecraneana como el rasgo individual más confiable, con una precisión de 84,6%. A ello se suman otros estudios que muestran oscilaciones importantes en el rendimiento del método según la población examinada: Simpson (2018), por ejemplo, observó una disminución sustantiva de la precisión en grupos específicos, mientras que Watkinson (2012) reportó resultados satisfactorios en una muestra arqueológica anglosajona, aunque con limitaciones derivadas de la variabilidad morfológica y de la presencia de categorías ambiguas. En conjunto, estos antecedentes demuestran que el método no puede considerarse universal en sentido estricto, sino que su eficacia depende de factores biológicos,

históricos y poblacionales. Los resultados obtenidos permiten concluir que el método visual de Rogers (1999) para el extremo distal del húmero es aplicable en la población chilena contemporánea del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano, aunque con una efectividad total de 78.85%, notablemente inferior a la reportada en su muestra original norteamericana: el método conserva utilidad diagnóstica, pero su rendimiento es claramente población-dependiente, reforzando la necesidad de pruebas de métodos de estimación de sexo en poblaciones latinoamericanas (Falys et al., 2005) (Rogers, 1999) (Simpson, 2018) (Watkinson, 2012).

Desde una perspectiva más amplia, los hallazgos de esta investigación poseen relevancia metodológica y disciplinar para la antropología física chilena. La validación local de procedimientos osteológicos constituye una necesidad fundamental en contextos donde los métodos disponibles han sido formulados en poblaciones distintas y donde los márgenes de error pueden tener consecuencias interpretativas, forenses y éticas significativas. En el caso chileno, esta necesidad adquiere una importancia aún mayor debido tanto a la recurrencia de contextos de identificación compleja como a la escasez histórica de estudios de validación desarrollados sobre muestras regionales. En este marco, el aporte de esta tesis no se limita a confirmar o refutar la eficacia del método de Rogers, sino que contribuye a delimitar con mayor precisión cuáles de sus componentes resultan más pertinentes para una muestra chilena contemporánea y cuáles requieren un uso más cauteloso o futuras recalibraciones interpretativas. En ello radica uno de los principales aportes del estudio: ofrecer evidencia empírica local para reducir la dependencia de estándares extrapolados y fortalecer la construcción de referentes metodológicos propios (Carvalho et al., 2013) (Klales et al., 2012).

En síntesis, esta investigación permite concluir que el método de Rogers (1999) es aplicable de manera parcial y útil en la muestra del Cementerio Municipal N°2 de Talcahuano, pero no con la misma solidez ni uniformidad que la descrita en su formulación original. Los resultados muestran que el dimorfismo sexual del extremo distal del húmero se expresa con mayor claridad en el epicóndilo medial y en la forma de la fosa olecraneana, mientras que la simetría y, especialmente, la constricción troclear presenta mayores limitaciones. Por ello, el método puede recomendarse como una herramienta complementaria para contextos bioarqueológicos y forenses,

sobre todo cuando otros elementos diagnósticos se encuentran ausentes, pero no como un criterio único o autosuficiente para la determinación del sexo. La principal conclusión, por tanto, no es solo que el método “funciona” o “no funciona” en población chilena, sino que su utilidad depende de una lectura crítica, de la priorización de los rasgos más consistentes y de su validación en el contexto poblacional específico donde se pretende aplicar. Esta idea reafirma una premisa central de la antropología física contemporánea: la confiabilidad de los métodos de estimación del perfil biológico no puede asumirse como universal, sino que debe ser siempre contrastada empíricamente en las poblaciones donde serán utilizados (Falys et al., 2005) (Klales et al., 2012) (Rogers, 1999).

Finalmente, los resultados de este estudio abren proyecciones relevantes para investigaciones futuras. Será necesario ampliar el tamaño muestral, profundizar en el efecto de la lateralidad y evaluar de manera más sistemática el impacto de la variabilidad intra e interpoblacional sobre los rasgos del húmero distal.

Del mismo modo, resulta pertinente explorar ajustes cualitativos o categorías intermedias que permitan absorber de mejor manera los casos ambiguos, tal como sugirieron Falys et al. (2005), así como contrastar este método con aproximaciones métricas y morfométricas desarrolladas para otras poblaciones. Así mismo, es necesario abordar las debilidades presentes en la metodología original del método, proponiendo específicamente esquemas estandarizados para la calificación de los diferentes hitos mencionados; de esta forma, se reduciría la variabilidad y subjetividad características de los métodos morfognósticos. Otra debilidad del estudio radica en las discrepancias observadas en los resultados según el sexo del individuo. Aunque esto es prominente en la mayoría de las revisiones del método original, en algunos casos se registra una diferencia extrema por los resultados obtenidos en la muestra de individuos de sexo distinto, lo que genera una inconsistencia considerable. Por ello, se debe comprobar si esta variación se debe a la metodología utilizada, a la naturaleza del dimorfismo sexual del húmero o a un desequilibrio en las muestras empleadas durante la investigación. Estas diferencias también se manifiestan en los errores interobservadores. Si bien existe una notable consistencia en la revisión intraobservadora, las revisiones externas realizadas por otros investigadores revelan diferencias fundamentales en la interpretación de los hitos y sus características

descritas por Rogers (1999) en comparación con los resultados originales de los evaluadores principales. Esto corrobora la necesidad de crear un sistema estandarizado para la observación y categorización al momento de estimar el sexo de los individuos. Solo mediante este tipo de continuidad investigativa será posible avanzar hacia procedimientos de estimación sexual cada vez más precisos, comparables y adecuados a la realidad osteobiológica chilena (Falys et al., 2005) (Simpson, 2018) (Watkinson, 2012).

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo C. N. (2013). Conservación de las colecciones bioantropológicas del Museo Nacional de Historia Natural (Santiago, Chile). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*. 62. 63-73. https://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/articles-39501_archivo_01.pdf
2. Agarwal, S. C., & Wesp, J. K. (2017) Exploring sex and gender in bioarchaeology. University of New Mexico Press.
3. Almeida M. et. al. (2017) Estrogens and Androgens in Skeletal Physiology and Pathophysiology. *Physiological Reviews*. 97(1). 135-187. doi: 10.1152/physrev.00033.2015
4. Anderson W.B et. al. (2023) Anatomy, Head and Neck, Skull. StatPearls Publishing.
5. Andrade, P. M. et al. (2020). Crónica del Reyno: Copiosa relación bioarqueológica del Chile Colonial (siglos XVI al XIX). *Estudios Atacameños*. 65. 173-215. <https://doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2020-0028>
6. Arrighi, A. A. (2012). Dimorfismo sexual humano. *Revista de la Asociación Médica Argentina*, Vol. 125(1), 9-24. <https://doi.org/10.1007/s11213-012-0212-6>
7. Asala S, Bidmos M. (2005) Calcaneal Measurement in Estimation of Stature of

- South African Blacks. *American Journal of Physical Anthropology*. 126. 335342. DOI 10.1002/ajpa.20063
8. Auerbach, B. M., & Ruff, C. B. (2006). Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans. *Journal of Human Evolution*, 50(2), 203–218. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2005.09.004>
 9. Austin D. King E. R. (2016) The Biological Profile of Unidentified Human Remains in a Forensic Context. *Academic Forensic Pathology*. 6(3). 370-390.
doi: 10.23907/2016.039
 10. Bailey L. Harvey S. (s.f.) PPSC ANT 2315 Intro to Forensic Anthropology.
<https://pressbooks.ccconline.org/ppscant2315introtforensicanthropology>
 11. Bello, S. M., Thomann, A., Signoli, M., Dutour, O., & Andrews, P. (2006). Age and sex bias in the reconstruction of past population structures. *American Journal of Physical Anthropology*, 129(1), 24–38. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20243>
 12. Bengoa J. (2014) La trayectoria de la Antropología en Chile. *Revista Antropologías del Sur*. 1. 15-42.
 13. Benhaim, M. (2021). Hombre y mujer: Dimorfismo biológico. *Sit Ecclesia Domus*, Vol.1, 7-24.
 14. Berthelot, C. M. (2014). Metric, nonmetric, and geometric morphometric methods of sex estimation using the distal humerus [Tesis de maestría, Boston University]. OpenBU. <https://hdl.handle.net/2144/15312>
 15. Bethard D. J, DiGangi A.E. (2021) Uncloaking a Lost Cause: Decolonizing ancestry estimation in the United States. *American Journal of Physical Anthropology*. 175(2). 422-436. doi: 10.1002/ajpa.24212.
 16. Blakey M. (2020) Understanding racism in physical (biological) anthropology. *American Journal of Physical Anthropology*.175(18)
 17. Borrini, M., Giannoni, M., & Mazzarelli, D. (2023). Taphonomic processes and their effects on skeletal morphology in forensic

- anthropology. *Forensic Anthropology*, 6(2), 101–115. <https://doi.org/10.5744/fa.2023.0010>
18. Borrini, M., Mannucci, P., Valoriani, S., & Scalia Tomba, G. (2023). The postmortem fate of osteometric measurements: Taphonomic alteration of landmarks and its implication for biological profiling. *Archivio per l'Antropologia e la Etnologia*, 153, 21–30. <https://doi.org/10.36253/aae-2340>
 19. Buikstra, J. E., & Ubelaker, D. H. (1994). *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Arkansas Archeological Survey.
 20. Cáceres Roque I. (2004) *Antropología Forense en Chile*. V Congreso Chileno de Antropología. Colegio de Antropólogos de Chile A. G.
 21. Campanacho V, Alves C. F, Ubelaker H.D. (2021) Documented Skeletal Collections and Their Importance in Forensic Anthropology in the United States. *Forensic Sciences*. 1(3) 228-239. <https://doi.org/10.3390/forensicsci1030021>
 22. Campbell P. Brock F. (2020) The ballistic performance of bone when impacted by fragments. *International Journal of Legal Medicine*. 134(4). 1387-1393. DOI:10.1007/s00414-020-02299-9.
 23. Cartes, A. y Luppi, R. (2013). *Archivos históricos de Talcahuano, Crónica de un rescate*. Universidad San Sebastián.
 24. Caruso V. et. al. (2024) A new laboratory-based method to experimentally induce diagenetic modifications in human bone tissue using archaeological gravesoils. *International Journal of Osteoarchaeology*. 34(4). <https://doi.org/10.1002/oa.3305>
 25. Carvalho S.P.M (2013) Validation of a physical anthropology methodology using mandibles for gender estimation in a Brazilian population. *Journal of Applied Oral Science*. 21(4). 358-362. doi: 10.1590/1679-775720130022
 26. Carvallo D, Retamal R. (2020) Sex estimation using the proximal end of the femur on a modern Chilean sample. *Forensic Science International*. 1-7. <http://doi.org/10.1016/j.fsir.2020.100077>
 27. Cavieres, E. (1990). *Epidemias, medicina y sociedad colonial. La plaga de*

1779-1780 en Chile. Cuadernos de historia.
<https://revistas.uchile.cl/index.php/CDH/article/download/46799/48789>

28. Cayabatmaz B. et. al. (2026) Traditional sex estimation with parameters obtained from the distal end of the humerus: an example of using machine learning algorithms in morphometric studies. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*. 16(5). 1-4. DOI: 10.1186/s41935-025-00504-7
29. Cecilia M. Vargas E. (2015) Evaluación del método de estimación de edad al momento de la muerte en superficie auricular en una muestra de población chilena subactual. Repositorio académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143888>
30. Chaudhari V. et. al. (2020) Estimation of stature from various sternal lengths: An autopsy based study in South Indian population. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine*. 42(2). 80-83. doi: 10.5958/0974-0848.2020.00023.8.
31. Christensen, A. M., Passalacqua, N. V., & Bartelink, E. J. (2019). *Forensic anthropology: Current methods and practice* (2nd ed.). Academic Press.
32. Churchill S.C. Rhodes J.R. (1970) The Evolution of the Human Capacity for "Killing at a Distance": The Human Fossil Evidence for the Evolution of Projectile Weaponry. Jean-Jacques H. Richards M. *The Evolution of Hominin Diets*. 201-210. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9699-0>.
33. Colorado Community Colleges Online. (s.f.). PPSC ANT 2315: Introduction to forensic anthropology (Cap. 11: Estimating stature in human skeletal remains).
 Pressbooks.
<https://pressbooks.ccconline.org/ppscant2315introtoforensicanthropology/chapter/chapter-11-estimating-stature-in-human-skeletal-remains/>
34. Correa Rodríguez, M. (2017). Análisis de la influencia de factores genéticos y ambientales en el nivel de masa ósea en adultos jóvenes. Universidad de Granada. España.

35. Correa-Rodríguez, M. (2017) Análisis de la influencia de factores genéticos y ambientales en el nivel de masa ósea en adultos jóvenes. Granada: Universidad de Granada.
36. Costa-Junquera, M.A (2001) MODALIDADES DE ENTERRAMIENTOS HUMANOS ARCAICOS EN EL NORTE DE CHILE. *Chungará (Arica)*. 33(1).
55-62. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562001000100009>
37. Curate F. (2022) The Estimation of Sex of Human Skeletal Remains in the Portuguese Identified Collections: History and Prospects. *Forensic Sciences*. 2(1). 272-286. <https://doi.org/10.3390/forensicsci2010021>
38. De Boer H.H. et. al. (2018) The Role of Forensic Anthropology in Disaster Victim Identification (DVI): Recent Developments and Future Prospects. *Forensic Sciences Research*. 4(4). 303-315. <https://doi.org/10.1080/20961790.2018.1480460>.
39. Decreto N°357, art.37 de 1970. (1970, 15 de mayo). Ministerio de salud. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=12643&idParte=7145476&idVersion=1992-11-07>
40. De la Rosa García, A. (2018). Efecto de la hormona del crecimiento y los estrógenos en el hueso osteoporótico: Análisis morfométrico en ratas Wistar. Universidad Complutense de Madrid. España.
41. Del Bove, A. et. al. (2023) Mapping sexual dimorphism signal in the human cranium. *Scientific Reports*. 13, 16847.
42. Doric M. Rakocevic Z. Donic D. (2005) The reliability of sex determination of skeletons from forensic context in the Balkans. *Forensic Science International*. 147. 159-164. doi:10.1016/j.forsciint.2004.09.111.
43. Escobar-Meza O. et. al. (2023) The Colección Osteológica Subactual de Santiago: Origin and Current State of a Documented Skeletal Collection from Chile, Latin America. *Forensic Sciences*. 3(1). 80-93. <https://doi.org/10.3390/forensicsci3010008>.

44. Falys G.C, Weston A.D y Schutkowski H. (2005) The Distal Humerus—A Blind Test of Rogers' Sexing Technique Using a Documented Skeletal Collection. *Journal of Forensic Sciences*. 50(6). 1-5.
45. Falys G.C. Prangle D. (2015) Estimating Age of Mature Adults from the Degeneration of the Sternal End of the Clavicle. *American Journal of Physical Anthropology*. 156. 203-214.
46. Ferembach, D., Schwidetzky, I., & Stloukal, M. (1980). Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons. *Journal of Human Evolution*, 9, 517–549.
47. Flouri D.E et. al. (2022) Ancestry Estimation: Advances and Limitations in Forensic Applications. *Research and Reports in Forensic Medical Science*. 2022(12). 13-24. <https://doi.org/10.2147/RRFMS.S272224>.
48. Fuente-Martín, E., et al. (2013). Sex differences in adipose tissue... *Frontiers in Neuroendocrinology*.
49. Fuentes A. et. al (2019) AAPA Statement on Race and Racism. *American Journal of Physical Anthropology*. 169(3). 400-402.
50. Fujii Y. Satake K. (2012) Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data. *Pure and Applied Geophysics*. 170. 1493-1509.
<https://doi.org/10.1007/s00024-012-0524-2>
51. Gaitan Ramos M.A (2003) Estimación de edad a través del grado de obliteración de las suturas craneales: Aplicabilidad del método Meindl y Lovejoy en Bogotá. Repositorio Institucional Séneca. Universidad de los Andes.
52. Galassi F.M. et. al. (2024) Age- and sex-related changes in vertebral trabecular bone architecture in Neolithic and Mediaeval populations from Poland.
Scientific Reports. 14(1). DOI:10.1038/s41598-024-59946-z
53. Galassi M.F, Varotto E. (2023) Osteoporosis and vertebral trabecular bone health: an historico-anthropological perspective. *Anthropological Review*. 86(1). 17-22. <https://doi.org/10.18778/1898-6773.86.1.02>.

54. Galligani P, Sartori J. Barrientos, G. (2019) Bacterial bioerosion in human and animal bones from subtropical environments (Northern Pampa/Middle Paraná River Basin, República Argentina. *Journal of Archaeological Science*. 25. 561574.
55. Garmendia M.A. Mejorada-Sánchez G. Gómez-Valdés A.J. (2018) Stature estimation formulae for Mexican contemporary population: A sample based study of long bones. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 54. 87-90. doi: 10.1016/j.jflm.2017.12.019.
56. Giles. E. (1991) Corrections for Age in Estimating Older Adults' Stature From Long Bones. *Journal of Forensic Sciences*. 36(3). 898-901.
57. Gonzales Rojas N. Obertová Z. Franklin D. (2024) Validation and recalibration of sex estimation methods using pubic nonmetric traits for the Chilean population. *International Journal of Legal Medicine*. 138(5). 2071-2080. doi: 10.1007/s00414-024-03233-z
58. Gordon C.C. Buikstra J.E. (2017) Soil pH, Bone Preservation, and Sampling Bias at Mortuary Sites. *American Antiquity*. 46(3). 566-571. DOI: <https://doi.org/10.2307/280601>.
59. Gregoricka A.L. (2021) Moving Forward: A Bioarchaeology of Mobility and Migration. *Journal of Archaeological Research*. 29. 581-635.
60. Gupta S. et. al. (2015) Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 9(9). 26-28. doi: 10.7860/JCDR/2015/14621.6568
61. Hefner T.J. (2009) Cranial Nonmetric Variation and Estimating Ancestry. *Journal of Forensic Sciences*. 54(5). 985-995.
62. Henderson, C. (2009) Musculo-Skeletal Stress Markers in Bioarchaeology: Indicators of Activity Levels or Human Variation? A re-analysis and Interpretation. Durham E-Theses. Durham University. <https://etheses.dur.ac.uk/1953>
63. Houston, J., Sholts, S. B., & Wärmländer, S. K. T. S. (2025). Age-related skeletal remodeling and its implications for morphological sex estimation.

- Journal of Forensic Sciences, 70(1), 45–56.
<https://doi.org/10.1111/15564029.15000>
64. Houston S-K. et. al. (2025) The impact of age-related changes in the skull on sex estimation using morphoscopic traits. *International Journal of Legal Medicine*. 139(6). 2991-3003. doi: 10.1007/s00414-025-03568-1
 65. Imaizumi K. (2015) Forensic investigation of burnt human remains. *Research and Reports in Forensic Medical Science*. 2015(5). 67-74.
<https://doi.org/10.2147/RRFMS.S75141>
 66. Iscan, M. Y., Yoshino, M., & Kato, S. (1998). Sexual dimorphism in the humerus: A comparative analysis of different populations. *Journal of Forensic Sciences*, 43(3), 622–625. <https://doi.org/10.1520/JFS14333J>
 67. Iscan M. Y. et. al. (1998). Sexual dimorphism in the humerus: A comparative analysis of Chinese, Japanese and Thais. *Forensic Science International*. 98. 17–29. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(98\)00119-4](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(98)00119-4)
 68. Jeong Y. et. al. (2023) Trotter and Gleser’s (1958) equations outperform Trotter and Gleser’s (1952) equations in stature estimation of the US White males. *Forensic Sciences Research*. 8(1). 16-23. <https://doi.org/10.1093/fsr/owad008>.
 69. Joon V. Rohatgi R. (2022) Sex Determination by Pelvis: A Mini Literature Review. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 10(10). 1008-1017. DOI: 10.22214/ijraset.2022.47117
 70. Khan A.M. et. al. (2020) Determination of Gender from Various Measurements of the Humerus. *Cureus*. 12(1). doi: 10.7759/cureus.6598.
 71. Klales A.R. Ousley S.D. Vollner J.M. (2012) A revised method of sexing the Human Innominate using Phenice’s nonmetric traits and statistical methods. *American Journal of Physical Anthropology*. 149(01). 104–114. 10.1002/ajpa.22102 10.1002/ajpa.22102

72. Klales R.A. (2020) Chapter 6 - Sex estimation using pelvis morphology. Sex Estimation of the Human Skeleton: History, Methods, and Emerging Techniques. 75-93. DOI:10.1016/B978-0-12-815767-1.00006-7.
73. Krenzer, U. (2006). Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico. Tomo II: Métodos para la determinación del sexo. Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas.
74. Krishan, K., Chatterjee, P. M., Kanchan, T., Kaur, S., Baryah, N., & Singh, R. K. (2016). A review of sex estimation techniques during examination of skeletal remains in forensic anthropology casework. Forensic science international, vol. 261, 165.e1-165.e8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.02.007>
75. Krotz, E. (2006) La diversificación de la antropología La diversificación de la antropología universal a partir de las antropologías del sur. Boletín Antropológico. 24(66). 7-20.
76. Lagunas Ródriguez Z. (2002) La antropología física: qué es y para qué sirve. Revista Ciencia.53(4).
77. Lande. R. (1980) SEXUAL DIMORPHISM, SEXUAL SELECTION, AND ADAPTATION IN POLYGENIC CHARACTERS. Evolution. 2(1). 292-305. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1980.tb04817.x>
78. Larsen, C. S. (2015). Bioarchaeology: Interpreting behavior from the human skeleton (2nd ed.). Cambridge University Press.
79. Larsen S.C. (2018) Bioarchaeology in perspective: From classifications of the dead to conditions of the living. Forensic investigation of burnt human remains American Journal of Physical Anthropology. 165(4). 865-878.
80. Lermada, W. y Ramírez, M. (2023). De entrepôt a puerto comercial del Pacífico Sur: Talcahuano (Chile), 1872-1914. Revista Austral de Ciencias Sociales, núm. 45, 2023, pp. 157-178. De entrepôt a puerto comercial del Pacífico Sur: Talcahuano (Chile), 1872-1914 - Dialnet
81. Leyton F. Ruiz S. Sepúlveda S.A. (2009) Preliminary re-evaluation of probabilistic seismic hazard assessment in Chile: from Arica to Taitao

- Peninsula. *Advances in Geosciences*. 22. 147-153. <https://doi.org/10.5194/adgeo-22-147-2009>, 2009.
82. López-Lázaro S. et. al. (2020) Sex estimation of the humerus: A geometric morphometric analysis in an adult sample. *Legal Medicine*. 47. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2020.101773>
83. Manifold, B. M. (2013). Differential preservation of children's bones and teeth recovered from early medieval cemeteries: Possible influences for the forensic recovery of non-adult skeletal remains. *Anthropological Review*, 76(1), 23–49. <https://doi.org/10.2478/anre-2013-0007>
84. Mello-Gentil T. Souza-Mello V. (2021) Contributions of anatomy to forensic sex estimation: focus on head and neck bones. *Forensic Sciences Research*. 7(1). 11-23. doi: 10.1080/20961790.2021.1889136
85. Miller, M. (2023). Accuracy of ancestry estimation in forensic anthropology: An examination of select nonmetric methods [Tesis de Maestría, University of Alabama at Birmingham]. UAB Digital Commons. <https://digitalcommons.library.uab.edu/etd-collection/79>
86. Milner, G. R., Boldsen, J. L., & Weise, S. (2012). Sex estimation from human skeletal remains in modern populations: Secular change and its implications. *Journal of Archaeological Science*, 39(3), 729–735. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.10.003>
87. Milner R.G. et. al. (2012) Humeral and Femoral Head Diameters in Recent White American Skeletons. *Journal of Forensic Sciences*. 57(1). 35-40. doi: 10.1111/j.1556-4029.2011.01953.x
88. Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2018). *Clinically oriented anatomy* (8th ed.). Wolters Kluwer.
89. Moreno, E. (1964). *Libro de oro de Talcahuano*. Ilustre Municipalidad de Talcahuano. Instituto Nacional de Estadística (2024). *Resultados Censo población y vivienda Chile 2024*. <https://censo2024.ine.gob.cl/resultados/>
90. Mukhopadhyay P.P. (2012) Determination of Sex by Sciatic Notch/Acetabular Ratio (Kelley's Index) in Indian Bengali Skeletal

- Remains. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine*. 34(1). 27-30.
91. Municipalidad de Talcahuano. (s. f.). Cementerio 1. <https://www.talcahuano.cl/municipio/cementerios/cementerio-1>
92. Nakhaeizadeh S. et. al. (2014) Cognitive bias in forensic anthropology: Visual assessment of skeletal remains is susceptible to confirmation bias. *Science & Justice*. 54(3). 208-214. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2013.11.003>
93. Nohlen D. (2020) El método comparativo. *Ciencia política: Una introducción*. 92-121. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6180/5.pdf>
94. Oghenemavwe L.E, Orubapu C.D, Horsfall T.J. (2022) Soil pH effect on bone degradation Implications in forensic investigation. *Advances in Biomedical and Health Sciences*. 1(3). 156-161. DOI: 10.4103/abhs.abhs_10_22
95. Olave R, D. (2022) Estimación de sexo en población chilena a partir del calcáneo. Repositorio académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143888>
96. Osmand R. Gilsanz G. (2012) *Hand Bone Age. A digital Atlas of Skeletal Maturity*. Springer.
97. Ossandón, M. (2011). Detectan alta presencia de metales pesados en borde costero de Talcahuano. *BioBioChile*. Recuperado de <https://www.biobiochile.cl/noticias/2011/06/26/detectan-alta-presencia-demetales-pesados-en-borde-costero-de-talcahuano.shtml>
98. Passalacqua V.N. (2009) Forensic Age-at-Death Estimation from the Human Sacrum. *Journal of Forensic Sciences*. 54(2). 255-262. doi: 10.1111/j.15564029.2008.00977.
99. Perez O. P. et. al. (2022) Association of Bone Erosions and Osteophytes With Systemic Bone Involvement on High-Resolution Peripheral Quantitative Computed Tomography in Premenopausal Women With Longstanding

- Rheumatoid Arthritis. *Arthritis & Rheumatology*. 74(3). DOI:10.1002/art.41961.
100. Phenice T.W. (1969) A newly developed visual method of sexing the Os pubis. *American Journal of Physical Anthropology*. 30(2). 297–301. 10.1002/ajpa.1330300214 10.1002/ajpa.1330300214
 101. Rajindran R. et. al. (2025) Fallacies in the Determination of Sex in Subadult Skeletal Remains: A Critical Review. *Journal of Forensic Sciences & Criminal Investigation*. 19(3). 1-10. doi: 10.19080/JFSCI.2025.19.556014
 102. Reitsema L.J, Vercellotti, G. (2012) Stable Isotope Evidence for Sex- and Status-Based Variations in Diet and Life History at Medieval TrinoVercellese, Italy. *American Journal of Physical Anthropology*. 148. 589600.
 103. Rodriguez L.Z. (2006) La antropología forense, una especialidad forense. *Ciencia Ergo Sum*. 13(2). 211-217.
 104. Rogers T.L. (1999) A visual method of determining the sex of skeletal remains using the distal humerus. *Journal of Forensic Sciences*. 44(1). 57-60.
 105. Ross. H.A, Williams E.S. (2021) Ancestry Studies in Forensic Anthropology: Back on the Frontier of Racism. *Biology*. 10(7). 602. <https://doi.org/10.3390/biology10070602>
 106. Rougé-Maillart, C. et. al. (2004) The Determination of Male Adult Age at Death by Central and Posterior Coxal Analysis A Preliminary Study. *Journal of Forensic Sciences*. 49(2). 1-7. DOI: 10.1520/JFS2002056.
 107. Ruff, C., Holt, B., & Trinkaus, E. (2006). Who's afraid of the big bad Wolff? "Wolff's law" and bone functional adaptation. *American Journal of Physical Anthropology*, 129(4), 484–498. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20371>
 108. Ruff, C. B., & Jones, H. H. (1981). Bilateral asymmetry in cortical bone of the humerus and tibia—sex and age factors. *Human Biology*, 53(1), 69–86.
 109. S. Rajan, Chakraborty S. (2020) Sex Determination from Lower End of Humerus Using Morphological Traits in Indian Population. *Anatomy and Cell Biology*.50(3). 180-186.
 110. Sans M, Salzano M.F. (2013) Interethnic admixture and the evolution of Latin American populations. *Genetics and Molecular Biology*. 20(37). 151-170. doi: 10.1590/s1415-47572014000200003.

111. Schiwy-Bochat. (2001). Morphognostische Geschlechtsbestimmung am menschlichen Schädel. En M. Oehmichen & G. Geserick (Eds.), *Osteologische Identifikation und Altersschätzung* (p. 87–102). Schmidt-Römhild.
112. Shim, Y.T. et. al. (2025). Proposal of a new metric method for sex estimation using the humerus [Preprint]. Research Square.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6191037/v1>
113. Simpson, R. (2018). Population-specific variation in the accuracy of Rogers' method of sex estimation [Tesis de honores, MacEwan University]. RO@M. <https://roam.macewan.ca/items/552a4ca1-61cf-4050-a9375e41d888480c>
114. Simpson, S. W. (2018). Population variation and the accuracy of skeletal sex estimation methods. *Forensic Anthropology*, 1(1), 38–49.
<https://doi.org/10.5744/fa.2018.0004>
115. Smith L.S. (2007) Stature estimation of 3-10-year-old children from long bone lengths. *Journal of Forensic Sciences*. 52(3). 538-46. doi: 10.1111/j.15564029.2007.00428.x.
116. Soto H. María J. (2012) Evaluación del método de estimación a través de la superficie auricular de ilión en una muestra chilena subactual (cementerio general. Repositorio académico de la Universidad de Chile.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113429>
117. Spradley M.K. (2016) Metric Methods for the Biological Profile in Forensic Anthropology: Sex, Ancestry, and Stature. *Academic Forensic Pathology*. 6(3). 391-399. <https://doi.org/10.23907/2016.040>
118. Standring, S. (Ed.). (2021). *Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice* (42nd ed.). Elsevier.
119. Strasheim A.N. Winburn A.P. Stock M.K. (2023) Utility of Osteoarthritis as an Indicator of Age in Human Skeletal Remains: Validating the Winburn and Stock (2019). Method. *Forensic Sciences*. 3(2). 205-230. <https://doi.org/10.3390/forensicsci3020016>.
120. Tallman, S. D., & Blanton, A. I. (2020). The distal humerus as a sex indicator in forensic anthropology: Population variation and

- morphological analysis. *Forensic Anthropology*, 3(3), 189–198. <https://doi.org/10.5744/fa.2020.3020>
121. Tallman D.S, Blanton L.A. (2020) Distal Humerus Morphological Variation and Sex Estimation in Modern Thai Individuals. *Journal of Forensic Sciences*. 65(2). 361-371. doi: 10.1111/1556-4029.14218
 122. Tamayo y Tamayo, M. (1999) *La investigación (Módulo 2). Aprender a investigar*. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES).
 123. Tarrant D, et al. (2024) The use of dietary isotopes as a preliminary step in the death investigation of unidentified skeletal human remains in British Columbia, Canada. *Journal of Forensic Sciences*. 70. 28-37. DOI: 10.1111/1556-4029.15653
 124. Tuttle, R.H. (2018). physical anthropology. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/physical-anthropology>
 125. Ubelaker D.H & DeGaglia C.M. (2017). Population variation in skeletal sexual dimorphism. *Forensic Science International*. 278. 1-8.
 126. UNESCO World Heritage Centre. (2021). Settlement and Artificial Mummification of the Chinchorro Culture in the Arica and Parinacota Region. <https://whc.unesco.org/en/list/1634/>
 127. Utermohle C.J. Zegura S.L. (1982) Intra- and interobserver error in craniometry: a cautionary tale. *American Journal of Physical Anthropology*. 57(3). 303-10. doi: 10.1002/ajpa.1330570307.
 128. Vance V.L. Steyn M. (2013) Geometric morphometric assessment of sexually dimorphic characteristics of the distal humerus. *Homo: internationale Zeitschrift für die vergleichende Forschung am Menschen*. 64(5). 329-40.
 129. Viani A. et. al. (2021) Technical Note: Post-burial alteration of bones: Quantitative characterization with solid-state ¹H MAS NMR. *Forensic Science International*. 323.
 130. Vías de la memoria. (2025, 20 de junio). TALCAHUANO: CEMENTERIOS DE CHILE Visitamos el Cementerio 2 [Vídeo]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=Q1k4qjgKF_Q

131. Villote S. et. al. (2009) Enthesopathies as occupational stress markers: Evidence from the upper limb. *American Journal of Biological Anthropology*. 142(2). 224-234.
132. Waldron, T. (1987). The relative survival of the human skeleton: Implications for palaeopathology. A. Boddington, A. N. Garland, & R. C. Janaway, *Death, decay, and reconstruction: Approaches to archaeology and forensic science*. 55–64. Manchester University Press.
133. Walker L.P. (2008) Sexing skulls using discriminant function analysis of visually assessed traits. *American Journal of Physical Anthropology*. 136(1). 39-50. doi: 10.1002/ajpa.20776..
134. Wanek, V. L. (2002). A qualitative analysis for sex determination in humans utilizing posterior and medial aspects of the distal humerus [Tesis de maestría, Portland State University]. PDXScholar. <https://doi.org/10.15760/etd.5455>
135. Wang X. et. al. (2024) Sex estimation techniques based on skulls in forensic anthropology: A scoping review. *PLOS One*. 19(12). doi: 10.1371/journal.pone.0311762
136. Watkinson L. (2012). An evaluation of the Rogers visual method of sex estimation, using the posterior distal humerus, on an early medieval population from Bamburgh [Tesis de licenciatura, University of Durham]. Academia.edu. https://www.academia.edu/5111869/FUNNYBONES_An_evaluation_of_the_Rogers_visual_method_of_sex_estimation_using_the_posterior_distal_humerus_on_an_early_medieval_population_from_Bamburgh
137. White, T. D., & Folkens, P. A. (2005). *The human bone manual*. Elsevier Academic Press.
138. Zuñiga V.P.I. (2023) Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 7(4). 9723 – 9762. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

15. ANEXOS

Anexo 1

Consentimiento Informado 1



Consentimiento informado

I. INFORMACIÓN

El presente documento corresponde al consentimiento informado de la investigación titulada "Revisión del método de estimación de sexo de Rogers en húmero en la población del Cementerio Municipal N° 2 de Talcahuano", llevada a cabo por los estudiantes Luis Henríquez Garrido y Felipe Troncoso Tapia, bajo la supervisión de las profesoras Ivanna Toyo Semeco.

Esta investigación tiene como objetivo principal comprobar la eficacia de un método de estimación de sexo utilizando el extremo distal del húmero en la población del Cementerio Municipal N° 2 de Talcahuano. La información utilizada será obtenida de primera fuente, a partir de estudios realizados con restos óseos depositados en las fosas comunes A y B, cuyo acceso será autorizado por el/la administrador(a) del Cementerio Municipal N° 2 de Talcahuano. Asimismo, se solicitará la realización de entrevistas a funcionarios del cementerio, con el fin de recopilar información histórica tanto de la población como del cementerio en sí. Los datos recopilados serán **ABSOLUTAMENTE CONFIDENCIALES**. Los investigadores serán los únicos con acceso directo a dicha información y se comprometen al uso responsable y respetuoso de los restos óseos a los que se tendrá acceso. Todas las personas involucradas tendrán el derecho de decidir, con completa libertad y en cualquier momento de la investigación, si desean retirarse de la misma o limitar el acceso a la información que han proporcionado, sin que ello implique perjuicio alguno. La información y el material audiovisual recopilados se mantendrán en reserva. No obstante, se proyecta la publicación y difusión de los resultados generales del estudio en instancias académicas o científicas. Cada participante tendrá derecho a solicitar y conocer los avances y resultados de la investigación, contactando con cualquiera de los investigadores responsables.

En caso de requerirse, se dejan a continuación los datos de contacto de los estudiantes que realizan la investigación:

Luis Alejandro Henríquez Garrido

Correo: luhenriquez2021@udec.cl Fono 972617581

Felipe Ignacio Troncoso Tapia.

Correo: froncoso2021@udec.cl Fono: 930579263

Institución: Universidad de Concepción

Nota. Fuente: Elaboración propia (2025).

Anexo 2

Consentimiento Informado 2



II. DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO

Yo, Fernando Rodríguez, declaro que he sido informado(a) e invitado(a) a participar en la investigación denominada "Revisión del método de estimación de sexo de Rogers en húmero en la población del Cementerio Municipal N° 2 de Talcahuano", proyecto de investigación científica que cuenta con el respaldo y financiamiento de la Universidad de Concepción. Entiendo que este estudio tiene por finalidad comprobar la eficacia del método de Falys en la población del Cementerio Municipal N° 2 de Talcahuano y sé que mi participación se llevará a cabo en dicho lugar, en el día 10/12/2025 a las 11:52 AM, consistiendo en proporcionar información respecto del contexto histórico del cementerio. Se me ha explicado que la información registrada será utilizada exclusivamente con fines de investigación. Esto significa que, si así lo solicito, mis respuestas no podrán ser conocidas por otras personas ni ser asociadas a mi identidad en la fase de publicación de resultados. Estoy en conocimiento de que los datos obtenidos no me serán entregados de forma individual, y que no recibiré retribución económica por mi participación en este estudio. Comprendo, además, que la información generada podrá beneficiar de manera indirecta a la sociedad, dada la naturaleza de la investigación que se está llevando a cabo. Asimismo, sé que puedo negarme a participar o retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin necesidad de expresar causa y sin que ello tenga consecuencias negativas para mí. Sí. Declaro que acepto voluntariamente participar en este estudio y que he recibido una copia del presente documento.


 JEFE DE PATIO
 ADMINISTRACIÓN CEMENTERIOS
 MUNICIPALIDAD DE TALCAHUANO
 Firma entrevistado(a)


 Firma investigador

Nota. Fuente: Elaboración propia (2025).

Anexo 3

Foto de zona inferior de húmero distal, se puede observar el epicóndilo en un ángulo notablemente elevado, siendo este un rasgo femenino. Esta característica coincide con el sexo real del individuo.



Nota. Húmero perteneciente a Individuo N°62. Fuente: Elaboración propia (2025).

Anexo 4

Foto de zona distal de húmero posterior, se puede observar en la tróclea como una constricción leve, casi nula, denotando un rasgo masculino, esta característica coincide con el sexo real del individuo.



Nota. Húmero perteneciente a Individuo N°41. Fuente: Elaboración propia (2025).

Anexo 5

Foto de zona posterior de húmero distal, se indica una clara forma triangular en la fosa olecraneana, esta forma triangular corresponde a un rasgo masculino, que coincide con el sexo real del individuo.



Nota. Húmero perteneciente a Individuo N°46. Fuente: Elaboración propia (2025).

Anexo 6

Foto de zona posterior distal de húmero, se puede observar el rasgo de asimetría troclear, un rasgo considerado masculino, en este caso, esto coincide con el sexo real del individuo.



Nota. Húmero perteneciente a Individuo N°50. Fuente: Elaboración propia (2025).